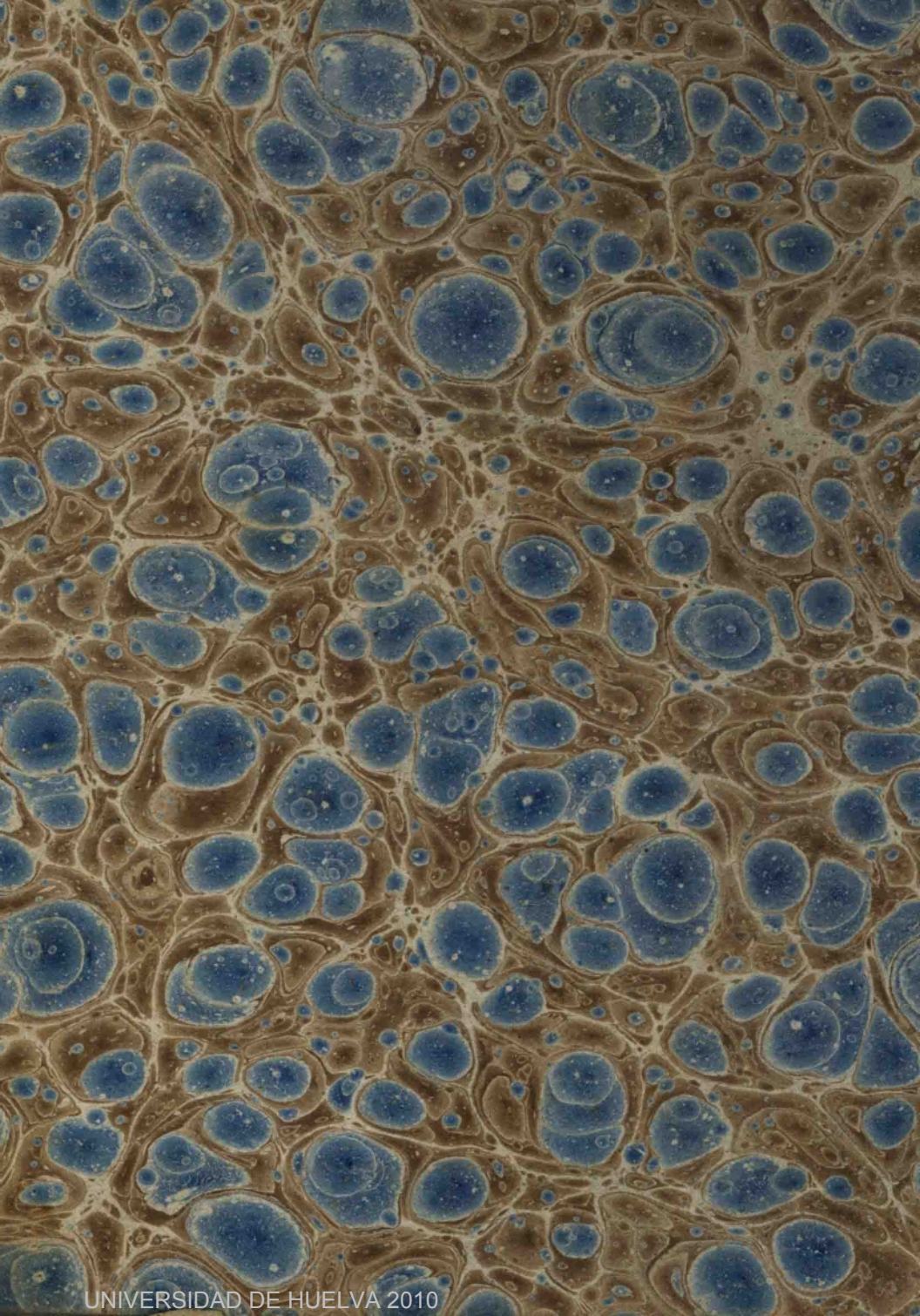
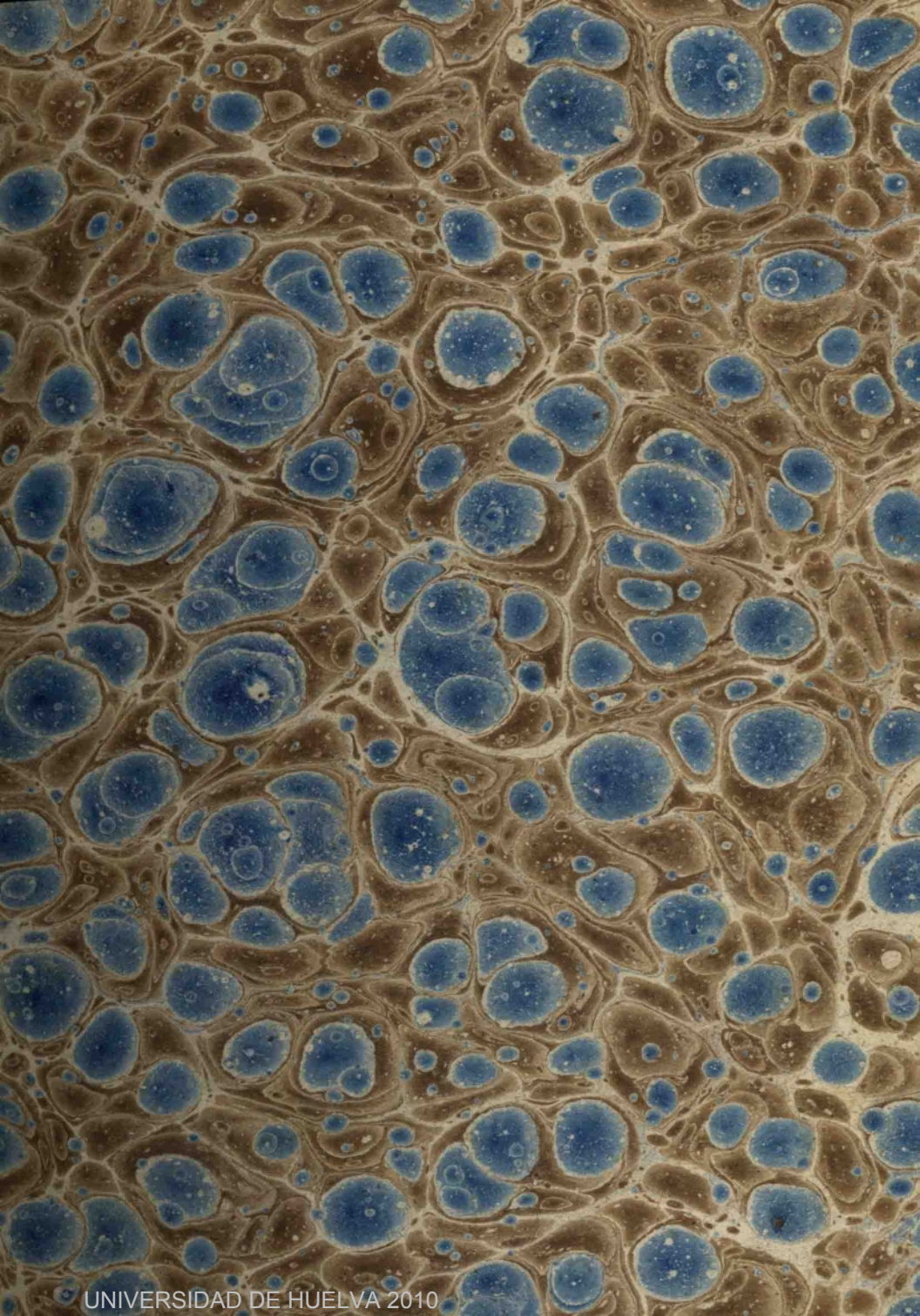
UNIVERSIDAD DE HUELVA 2010



UNIVERSIDAD DE HUELVA 2010


UNIVERSIDAD DE HUELVA 2010

UNIVERSIDAD DE HUELVA 2010

MANUAL COMPLETO

DE

INSTRUCCION PRIMARIA

ELEMENTAL Y SUPERIOR.

ESCUELA NORMAL DE HUELVA
Nº 6-27-98
BIBLIOTECA

UNIVERSIDAD DE HUELVA 2010

UNIVERSIDAD DE HUELVA 2010

E. MAGISTERIO BIBLIOTECA HUELVA

MANUAL COMPLETO

DE

INSTRUCCION PRIMARIA

ELEMENTAL Y SUPERIOR.

para uso de los aspirantes á MAESTROS, *y especialmente de los alumnos de las* ESCUELAS NORMALES DE PROVINCIA,

REDACTADO

con el mismo método del que con igual objeto escribió en francés

M. EM. LEFRANC,

POR

D. JOAQUIN AVENDAÑO,

ex-maestro de la Escuela normal central del Reino y director de la de ZARAGOZA.

SEGUNDA EDICION.

ESCUELA DEL MAGISTERIO M. GIORET BIBLIOTECA Registro n.º 987 631 HUELVA

TOMO II.

MADRID:

Imprenta de D. DIONISIO HIDALGO, *calle de la Flor baja, núm.* 24.

1844.

UNIVERSIDAD DE HUELVA 2010

MATERIAS QUE COMPRENDE:

PRIMER TOMO.

Psicologia.
Moral.
Religion.
Lectura.
Escritura.
Gramática castellana.
Retórica.
Poética.
Literatura española.
Aritmética.

SEGUNDO TOMO.

Geometria.
Dibujo lineal.
Agrimensura.
Física.
Química.
Historia natural.
Geografía universal.
Id. de España.
Historia universal.
Id. de España.
Educacion.
Métodos de enseñanza.
Disposiciones legislativas acerca de la instruccion primaria.

UNIVERSIDAD DE HUELVA 2010

CAPITULO I.

GEOMETRIA.

PRIMERA PARTE.=GEOMETRIA PLANA.

1.ª SECCION.=DE LAS LINEAS.

§. I. *Nociones preliminares.*

1. Qué es geometria? Qué significa esta palabra?–2. Qué es extension?–3. Qué se entiende por cuerpo?–4. Qué es superficie?–5. Qué es linea?–6. Qué es punto?–7 De cuántas maneras se puede considerar el cuerpo, la superficie y la linea?–8. Cómo se designan las diferentes partes de una figura?–9. Qué son figuras equivalentes, semejantes, iguales?–10. Cómo se designa el punto?–11. Principales proposiciones y cuestiones que se consideran en la geometria.–12. Qué es axióma?–13. Teorema, razonamiento, demostracion, partes que se distinguen generalmente en la enunciacion de un teorema.–14. Qué se entiende por recíproca?–15. Qué es corolario?–16. Problema; qué es resolver un problema y como se llama el resultado que se obtiene?–17. Principales métodos de resolucion: qué se entiende por sobreposicion de figuras? Qué es lo que se llama reduccion ad absurdum?–18. Signos principales y abreviaciones que se usan en la geometria?

1. La *geometria* es una ciencia, que tiene por objeto la medida de la extension.

Si atendemos á su etimología, esta palabra significa literalmente *medicion de la tierra*, habiendo merecido este nombre por la aplicacion que desde muy temprano se hizo de esta ciencia á la medicion de los terrenos.

2. Llamamos *extension* á todo lo que se compone de las tres dimensiones que comunmente se conocen con los nombres de *longitud*, *latitud* y *profundidad*.

3. Llámase *cuerpo* considerado geométricamente, todo aquello que ocupa un lugar en el espacio. El cuerpo reune siempre las tres dimensiones. En efecto, por pequeño, tenue y sútil que sea un cuerpo, siempre tendrá algo de largo, de ancho y de profundo ó grueso.

4. Pero nuestro entendimiento puede prescindir de una de estas dimensiones de la profundidad p. ej.; en cuyo caso queda el cuerpo sola-

UNIVERSIDAD DE HUELVA 2010

mente con su longitud y latitud, ó lo que es lo mismo, con la parte exterior que lo limita y encierra en un lugar determinado. A esto llamamos *superficie*. De suerte que *superficie* es el límite de un cuerpo, ó lo que resultaria en el cuerpo, desentendiéndonos de una de sus dimensiones. Si nosotros nos figuramos una barra de hierro, en la cual vaya su grueso disminuyendo mas y mas hasta que llegue á O, nos formaremos idea de la superficie.

5. Si en la superficie concebimos que una de sus dimensiones p. ej. la latitud va decreciendo incesantemente, hasta que se haya reducido á O, ó lo que es lo mismo, hasta que hayamos llegado á los bordes que limitan la superficie, conoceremos de algun modo lo que se llama *línea*. Entendemos pues por *línea* el límite de la superficie, ó lo que quedaria de esta, prescindiéndo de su latitud.

6. Figurémonos tambien que en la línea desaparece la longitud, ó que solamente fijamos nuestra atencion en los extremos que limitan la línea, y habremos concebido lo que se llama *punto geométrico*. Asi pues, *punto geométrico* es el límite de la línea, ó lo que nos quedaria de la línea, si no tuviésemos en cuenta su longitud. No debemos confundir el punto geométrico, con lo que ordinariamente se llama punto. En las artes se da varias veces el nombre de punto á las porciones de superficie muy pequeñas. Tales son los puntos de la escritura, los de las líneas puntuadas en el dibujo geométrico; etc. Tal es tambien el punto de costura de los sastres etc. Estos puntos por pequeños que se hagan, siempre tienen las tres dimensiones enumeradas.

La misma consideracion podemos hacer respecto de las líneas. Llamamos ordinariamente líneas á las rayas que trazamos con el yeso, lapicero etc., tambien llamamos líneas á los renglones de la escritura; sin embargo, tanto estas como aquellas tienen las tres dimensiones.

7. Bajo dos puntos de vista podemos considerar el espacio, la superficie y la línea: 1.° segun sus diferentes formas, llamadas comunmente figuras; 2.° segun la relacion de su magnitud, es decir, segun su extension.

La extension recibe el nombre particular de *volúmen*, *area* ó *longitud*, segun que esta extension es la magnitud de un espacio, de una superficie ó de una línea.

8. Para distinguir las diferencias de una figura geométrica, hacemos uso de las letras del alfabeto.

9. Llámanse *equivalentes* aquellas figuras que tienen la misma magnitud, sin tener la misma forma; *semejantes*, las que tienen la misma forma, pero diferente magnitud; é *iguales*, las que tienen á la vez la misma magnitud y figura.

UNIVERSIDAD DE HUELVA 2010

10. El punto, como que carece de figura y de extension, no puede ser medido ni comparado, asi como medimos y comparamos los volúmenes, las superficies y las líneas. Para señalar el punto haremos uso de una sola letra (fig. 1.)



Cuando entre varios puntos existe una analogía cualquiera, generalmente son designados por unas mismas letras que podemos distinguir entre sí ó por el carácter diferente de escritura ó por medio de un acento colocado sobre la letra á su derecha en la forma siguiente: A', A'', A'''...; y se leen de este modo: A *prima*, A *segunda*, A *tercera* etc.

11. Las proposiciones principales y cuestiones que se consideran en la geometría, son las siguientes: el *axioma*, el *teorema*, la *reciproca*, el *corolario* y el *problema*.

12. Entiéndese por axioma una proposicion tan clara y evidente, que basta su enunciacion para reconocer inmediatamente su verdad.

13. De este género son las siguientes proposiciones:

1.ª Dos cantidades respectivamente iguales ó una tercera son iguales entre sí.

2.ª El todo es mayor que una de sus partes.

3.ª El todo es igual á la suma de todas sus partes.

13. El *teorema* es una proposicion, que no siendo evidente por sí misma, recibe su claridad y evidencia por medio de un *razonamiento* llamado *demostracion*.

Dos partes se distinguen en la enunciacion de un teorema:

La *hipótesis* ó suposicion que se hace; y la *conclusion*, consecuencia de la hipótesis.

14. Entendemos por recíproca de una proposicion, otra proposicion formada en sentido inverso de la primera.

El axioma, *el todo es mayor que cada una de sus partes*, *tiene por reciproca este* otro axióma *cada parte es menor que el todo*.

15. El *corolario* es una consecuencia inmediata de una proposicion precedente.

16. El *problema* tiene por objeto determinar una cantidad desconocida por medio de otras conocidas que tienen con aquella una relacion expresada en el enunciado de la cuestion.

Resolver un problema es determinar la cantidad desconocida: y el resultado obtenido se llama *resolucion* del problema.

17. Los métodos principales de resolucion, son la *sobreposicion de las figuras* y la *reduccion ad absurdum*.

Consiste el primer método en manifestar que las figuras *coinciden* entre sí; es decir, que una de ellas se puede aplicar exactamente sobre la otra quedando de este modo confundidas.

UNIVERSIDAD DE HUELVA 2010

La *reduccion ad absurdum*, se verifica cuando suponemos que la proposicion no es verdadera; y despues por medio de ciertas deducciones sacadas de los principios ya reconocidos, resulta una contradiccion, ó con uno de estos principios ó con la suposicion misma que nosotros hemos hecho.

18. Los principales signos y abreviaciones de que haremos uso en la geometría, son:

= que significa *igual*
> *mayor*
< *menor*
\+ *mas ó aumentado en*
— *menos, ó restado de*
× *multiplicado por*
÷ *partido por*
fig. *figura*
L. Q. Q. D. *lo que queria demostrar.*

§. II. *De las diferentes especies de líneas.—Aplicaciones de la línea recta.—De la superficie plana ó del plano.*

1. Cuántas especies hay de líneas?—2. Qué es línea recta? Consecuencia de esta definicion: cómo se señala la línea recta? qué se entiende por *punto* de *concurso*, de *encuentro* ó de *interseccion*?—3. Qué es línea poligonal?—4. Qué es línea curva?—5. Aplicaciones de la recta á las artes industriales.—6. Qué se entiende por plana ó superficie plana; y qué por curva?

1. Distinguimos tres especies de líneas: *recta, poligonal* y *curva.*

2. Entiéndese por línea recta, el camino mas corto de un punto á otro.

Infiérese de esta definicion que:

por dos puntos dados solamente se puede tirar una recta, y que dos puntos determinan completamente su posicion.

Por esta razon una recta se señala generalmente con dos letras A, B. (fig. 2) colocadas en sus extremidades.



Fig. 2.

Asimismo resulta de lo dicho que *dos rectas solamente pueden tener un punto comun.*

Llámase punto de *concurso*, de *encuentro* ó de *interseccion*, el punto en que dos líneas se cortan.

3. Llámase línea poligonal la línea compuesta de otras rectas que tienen dos á dos una extremidad comun, por ejemplo, la línea A B C D E F (fig. 3).

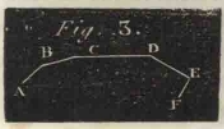


Fig. 3.

4. Llámase *curva* la línea que ni es recta, ni se compone de rectas, por ejemplo la línea A B C (fig. 4).

UNIVERSIDAD DE HUELVA 2010

5. Son infinitas las aplicaciones de la línea recta. Para trazarla nos valemos de la regla, instrumento muy conocido para que nos detengamos en su descripcion; pero si la regla está mal hecha tambien lo estará la línea que con ella se quiera trazar. Será pues muy conveniente el saber comprobar una regla; y por lo mismo presentaremos el siguiente medio tan exacto como sencillo:



Trácese la línea á lo largo de una arista; vuélvase la regla invirtiendo sus extremos y colóquese sobre la línea trazada la arista primitiva, por donde ha corrido el lapicero. Si esta línea queda cubierta en toda su longitud, es un indicio cierto de su rectitud y de que la regla es exacta.

Hay ocasiones en que las rectas exigen tal longitud que su trazado no se puede verificar por medio de la regla. Los jardineros, y los albañiles hacen uso de una cuerda atada á dos estacas.

Los carpinteros, y los ebanistas usan de un cordel que frotado con almazarron ó con negro de humo disuelto en aceite, aplican sobre dos puntos de la recta que quieren trazar, y estirándole fuertemente y levantándole por su mitad, le dejan caer sobre el cuerpo donde queda marcada la recta pedida.

6. Entendemos por *superficie plana ó por plano* aquella superficie sobre la cual puede aplicarse exactamente una línea recta en todos sentidos. Tal es la superficie de un tablero pulimentado etc. Llamáse *superficie curva* la que ni es plana ni se compone de superficies planas: tal es la superficie del cristal de un reloj, llamándose *convexidad* la curvatura exterior, y *concavidad* la interior.

§. III. *De la circunferencia y del círculo.—De las aplicaciones del círculo.—Teoremas relativos á la circunferencia y al círculo.*

1. Qué es circunferencia?—2. Qué se entiende por círculo?—3. Radio y diámetro.—4. Qué es arco, y como se señala? Idea de la cuerda, del segmento, de la secante y de la tangente.—5. Division antigua y moderna de la circunferencia.—6. Qué es cuadrante? —7. Aplicaciones del círculo á las artes industriales y á los usos de la vida. Cómo se traza el círculo?

Teoremas relativos á los círculos. Demostrar que:

8. Los rádios de un círculo son todos iguales. Cuales son las aplicaciones de este principio?—9. Dos circunferencias trazadas con un mismo radio, son iguales.—10. Los diámetros de un mismo círculo son todos iguales.—11. El diámetro divide la circunferencia y el círculo en dos partes iguales.—12. En un mismo círculo, ó en círculos formados con un mismo rádio, á iguales arcos corresponden cuerdas iguales; y recíprocamente, á cuerdas iguales arcos iguales.—13. Consecuencias de este teorema.

1. La *circunferencia* es una línea curva trazada sobre un plano,

UNIVERSIDAD DE HUELVA 2010

cuyos puntos distan todos igualmente de otro que se llame centro. Tal es la curba A B C D (fig. 5.)

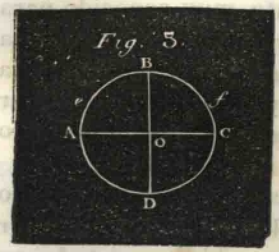


Fig. 5.

2. El *círculo* es la porcion de plano limitado por la circunferencia. Asi pues, la circunferencia es una línea; y el círculo una superficie; á pesar de esta diferencia! se suelen confundir ordinariamente, llamando círculo á la circunferencia.

3. Llamase *rádio* la línea tirada del centro á la circunferencia. Tales son las rectas OA, OB, OC, OD. (fig. 5.)

Entendemos por *diámetro* la recta que pasando por el centro del círculo, termina por sus dos extremos en la circunferencia: p. ej. AC, BD (fig. 5.)

4. Por *arco* se entiende una parte cualquiera de la circunferencia, como ACB, ó ADB (fig. 6.)

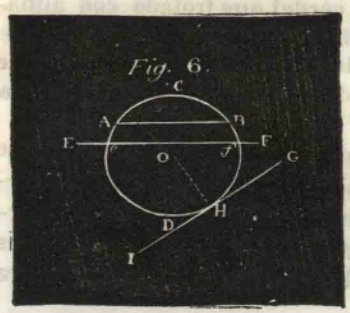


Fig. 6.

Para la anotacion de un arco, necesitamos poner tres letras. En efecto si solamente lo designáramos con las letras AB, no se podria saber si hablabamos de la porcion ADB de la circunferencia, ó de la mas pequeña ACB.

Llamase *cuerda* la línea que une las extremidades de un arco, como AB. *Segmento* es la parte de círculo comprendido entre el arco y la cuerda.

Entiéndese por *secante* una cuerda prolongada por sus dos extremos la cual por esta razon cortará en dos puntos á la circunferencia, como la línea EF. Si concebimos en la secante confundidos en uno solo los dos puntos en que corta á la circunferencia, nos habremos formado idea de la *tangente:* por esta razon se dice que la *tangente* es una recta que toca en un solo punto á la circunferencia; tal es la GHI (fig. 6.) Este punto comun H, se llama punto de tangencia ó de contacto.

5. La circunferencia se suele dividir comunmente en 360 partes iguales que se llaman *grados*; cada uno de estos en 60 partes tambien iguales, llamadas *minutos*; cada minuto en 60 *segundos*. Para la indicacion de los grados nos valemos de este signo °, colocado á la derecha del número un poco mas alto; para los minutos de un acento ′; para los segundos de dos ″. Queremos p. ej: expresar un arco de 35 grados, 8 minutos, 25 segundos; lo haremos en la forma siguiente: 35° 8′ 25″.

La circunferencia, en el sistema decimal, se divide en 400 grados; cada grado en 100 minutos y cada minuto en 100 segundos.

UNIVERSIDAD DE HUELVA 2010

Cuando un autor hace uso de esta division, ordinariamente lo suele advertir en el prólogo; y á falta de esta advertencia la anotacion diferente de esta division nos servirá para distinguirla de la otra; pues en la centrimal los grados se señalan con la inicial *g*. Apesar de las ventajas que por su armonía con el sistema decimal ofrece, esta division ha conservado la supremacia la division antigua de la circunferencia en 360 grados.

Es muy sencillo pasar de una á otra division. Si queremos p. ej. convertir los grados centecimales en los de la division antigua, multiplicaremos los grados que se nos den, por 0,9: y si al contrario, por $\frac{10}{9}$. El fundamento de esta pràctica es el siguiente: Se quiere p. ej. saber á cuantos grados de la division antigua corresponden 25 centecimales; formariamos esta proporcion:

100:90::25:x; y simplificando la primera razon, resulta: 10:9::25:x; de donde x; número de grados que corresponden á la otra division, $=\frac{25\times 9}{10}=25\times 0{,}9$.

Para resolver el problema inverso invertiriamos los términos de la razon primera.

6. Llámase *cuadrante* la cuarta parte de la circunferencia, AEB, BfC (fig. 5). Asi un cuadrante vale 90 ó 100 grados, segun la division á que estos correspondan.

7. El círculo es en las artes de un uso casi tan comun como la línea recta. Las ruedas de las máquinas, las muelas de los molinos, los cuadrantes de los péndulos etc. son verdaderos círculos. Las cazuelas, los barreños, los cántaros, los toneles etc. tienen sus aberturas circulares. Es pues de la mayor importancia saber cómo se describe el círculo.

El instrumento de que ordinariamente se hace uso para trazar el círculo, es el *compas*, instrumento que todos conocen. Se compone de dos b razos terminados en punta por una de sus extremidades, y unidos en la otra por medio de una articulacion, la cual permite se separe mas ó menos, segun el radio que al círculo queremos.

Para describir un círculo sobre el papel, se apoya ligeramente una de las puntas del compas abierto, haciendo que la otra gire al rededor de la primera, de modo que vaya dejando en pos de sí cierta señal: este rastro que la punta ha dejado en su revolucion, será el círculo que se pedia.

Si queremos trazarle sobre el terreno, haremos uso de una vara larga ahugereada por una de sus extremidades. Introduciendo despues en el ahugero una estaquita, harémos que esta gire al rededor de la otra extremidad fijo

UNIVERSIDAD DE HUELVA 2010

siempre en un mismo punto. La línea que de este modo hayamos formado, será la circunferencia deseada.

Si el círculo es tan grande que la pértiga no alcance, podemos sustituirla con una cuerda, teniendo cuidado de que conserve siempre la misma tirantez durante la vuelta que para nuestro objeto ha de dar uno de sus extremos.

8. **Teoremas.** *Los radios de un mismo círculo son todos iguales.*

La verdad de este teorema se infiere inmediatamente de la definicion del círculo y del radio. En efecto, los radios midan las distancias del centro á cada uno de los puntos de la circunferencia; es así que estas distancias son todas iguales, segun resulta de la definicion de la circunferencia: luego los radios de un mismo círculo todos son iguales.

Por este principio, las ruedas de un carruaje deben ser círculos descritos con radios iguales; sino fuera asi, el carruaje se ladearia por uno ú otro lado.

9. *Dos circunferencias trazadas con un mismo radio son iguales.*

Para hacer ver la verdad de este teorema, tomaremos uno de los círculos y lo colocaremos sobre el segundo, de modo que sus centros coincidan; en este caso las dos circunferencias, como que han sido trazadas con un mismo radio, deben confundirse en toda su extension.

10. *Los diámetros de un mismo círculo son iguales.*

El diámetro no es otra cosa que la reunion de dos rádios opuestos; estos son iguales, segun acabamos de demostrar; luego tambien lo serán aquellos.

11. *El diámetro divide al círculo y á la circunferencia en dos partes iguales* (fig. 5.)

Para demostrar este teorema, doblaremos el círculo de manera que la parte A B C caiga sobre la A D C. Es induvitable que el primer segmento A B C se confundirá exactamente con el otro A D C: porque si uno de ellos saliese fuera del otro, no distarian igualmente del centro todos los puntos de la circunferencia; resultado incompatible con la definicion del círculo.

Asi pues, *el diámetro divide al círculo en dos semicírculos, y á la circunferencia en dos semicircunferencias.*

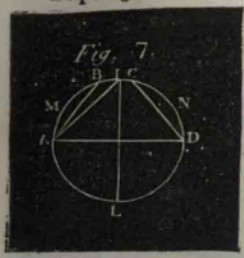
12. *En un mismo círculo, ó en círculos trazados con el mismo rádio, á iguales arcos corresponden iguales cuerdas.*

La sobreposicion de los arcos nos manifiesta claramente esta verdad. Siendo los arcos iguales, los podemos sobreponer de modo que sus extremos se confundan, en cuyo caso se confundirán tambien los extremos de las cuerdas que terminan en los de los arcos; luego las cuerdas se habrán confundido en toda su extension; luego serán iguales.

UNIVERSIDAD DE HUELVA 2010

Recíprocamente, si las cuerdas son iguales, lo serán los arcos subtendidos.

Supongamos la cuerda AB=á la CD (fig. 7), el arco A M B será tambien igual al C N D.



Sobreponiendo las cuerdas, por ser iguales, se confundirán exactamente, y por esta razon se habrán confundido los extremos de los arcos: luego estos arcos quedarán ajustados en toda su extension.

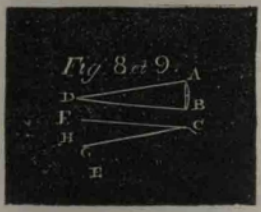
13. De lo dicho resulta que:

En un mismo circulo á mayor arco, corresponde mayor cuerda y reciprocamente.

Suponemos que los arcos no son mayores que la semicircunferencia. Asi la cuerda AI del arco AMI$\gtrdot$ que la AB del arco AMB; y recíprocamente el arco AMI$\gtrdot$ AMB.

El teorema precedente nos suministra un medio muy sencillo de *construir un arco igual á otro dado.*

Se nos da el arco AB (fig. 8 y 9): en el punto C con un rádio igual á DA, se trazará un arco indefinido EF; tomaremos la distancia AB, cuerda del arco AB, y la colocarémos desde F hasta G: el punto G determinará el arco FHG que debe ser igual al arco AB, supuesto que ambos tienen una misma cuerda.



UNIVERSIDAD DE HUELVA 2010

§. IV. *Del ángulo y de sus diferentes especies.—De la perpendicular y de la oblicua.—Teoremas relativos á las perpendiculares, á las oblicuas y á los ángulos.*

1 Qué se entiende por ángulo? Su vértice y sus lados.—2. De dónde depende la magnitud de un ángulo?—3 Cómo se designa un ángulo?—4. Cuáles son los ángulos opuestos los adyacentes? A qué llamamos la bisectriz de un ángulo?—5. Qué es línea perpendicular? oblicua? A qué punto se llama pie de la perpendicular y de la oblicua? Cuándo se dice que levantamos ó bajamos á una recta una perpendicular?—6. Cuántas especies hay de ángulos? Qué es ángulo recto, agudo y obtuso? Qué nombres reciben los ángulos segun que tienen ó no su vértice en el centro del círculo?—7 Cómo se comparan los ángulos y cuál es su indicacion?—8. Cómo se miden los ángulos?

Teoremas relativos á las perpendiculares y á las oblicuas. Demostrar que:

9 1.° Desde un punto tomado en una recta, solamente se puede levantar una perpendicular. 2.° De un punto tomado fuera de una recta no se puede bajar mas que una perpendicular.—10. La perpendicular es la línea mas corta que podemos tirar de un punto á una recta.—11. 1.° Dos oblicuas equidistantes del pie de la perpendicular son iguales. 2.° Entre dos oblicuas es mayor aquella que mas se aparte del pie de la perpendicular.—12. 1.° Cualquier punto de la perpendicular levantada sobre el medio de una recta dista igualmente de los extremos de esta recta. 2.° Todo punto que se halle fuera de esta perpendicular, no puede estar á igual distancia de los dos extremos.—13. 1.° Sobre un punto tomado en una recta, levantar una perpendicular á esta recta. 2.° De un punto tomado fuera de una recta, bajar una perpendicular á la recta.

Teoremas relativos á los ángulos. Demostrar que:

14. Si se prolonga uno de los lados del ángulo recto, el otro formará con la prolongacion otro ángulo recto.—15. Todos los ángulos rectos son iguales.—16. Toda línea que cae sobre otra oblicuamente, forma con ella dos ángulos adyacentes, cuya suma es igual á dos rectos.—17. 1.° Cuánto vale la suma de todos los ángulos consecutivos que se pueden formar en un punto y á un lado de una recta? 2.° Cuánto vale la suma de los cuatro ángulos formados por dos rectas que se cortan? Cuánto vale la suma de todos los ángulos consecutivos formados en un plano al rededor de un punto? 18.—Si dos rectas se cortan entre sí, los ángulos opuestos por el vértice son iguales.—19. Aplicaciones de los ángulos.

1. Llámase *ángulo* la porcion de plano comprendido entre dos rectas que se encuentran; tal es la parte de plano que comprenden las dos rectas AB, AC, (fig. 10).

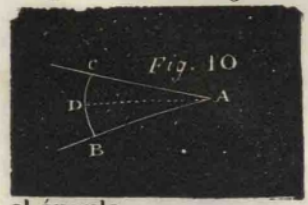


Fig. 10

Vértice del ángulo es el punto A, en el que se encuentran ó se cortan las dos rectas, y *lados* del ángulo son las líneas AB, AC, que forman el ángulo.

2. La magnitud de un ángulo no depende de la longitud de sus lados, sino de su mayor ó menor separacion. Efectivamente, los lados

UNIVERSIDAD DE HUELVA 2010

del ángulo, asi como otra cualquier línea, los debemos considerar indefinidos; esta prolongacion indefinida de los lados nada altera su abertura que es la que constituye el ángulo.

3. La anotacion del ángulo se hace ordinariamente con tres letras, debiendo interponer la del vértice, siempre que lo queramos nombrar. Asi decimos indiferentemente CAB ó BAC. Algunas veces basta para la designacion de un ángulo la letra de su vértice, teniendo lugar esta abreviacion cuando el vértice no sea comun á muchos ángulos.

4. Llámanse *ángulos opuestos verticalmente* dos ángulos, cada uno de los cuales está comprendido entre las prolongaciones de los lados del otro, como AOC y BOD, AOD y BOC (fig. 11).

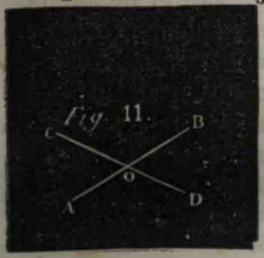


Fig. 11.

Llamamos *ángulos adyacentes* á dos ángulos consecutivos que tienen un lado comun, siendo los otros dos prolongacion el uno del otro; en este caso se encuentran los ángulos AOC y COB, COB y BOD, BOD y DOA, DOA y AOC, tomados dos á dos.

Llámase *bisectriz* de un ángulo la recta que lo divide en dos ángulos iguales, como AD (fig. 10).

5. Entendemos por *perpendicular* aquella recta que encuentra á otra línea, formando con ella dos ángulos adyacentes iguales, como la línea PO (fig. 12). Recíprocamente la linea AB es perpendicular á la PO.

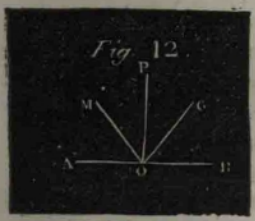


Fig. 12.

No debemos confundir la perpendicular con la vertical. La *vertical* está muy bien representada por la direccion de la plomada libremente suspendida; de manera que si nosotros concebimos una recta tirada de un punto cualquiera al centro de la tierra, nos formaremos idea de la vertical. Si nos figuramos una recta perpendicular á la vertical, conoceremos la linea *horizontal*, llamada tambien línea de nivel.

Dícese *oblicua* aquella línea que cae sobre otra formando con ella dos ángulos adyacentes desiguales: tales con las líneas GO. MO.

Llámase *pié de la perpendicular* ó *de la oblicua* el punto en que estas líneas se encuentran con otra, p. ej. el punto O.

Cuando se construye la perpendicular sobre un punto O, tomado sobre una recta AB, se dice que *levantamos* una perpendicular sobre la recta; y cuando se traza desde un punto C, tomado fuera de la recta AB, la perpendicular se dice *bajada* á la recta.

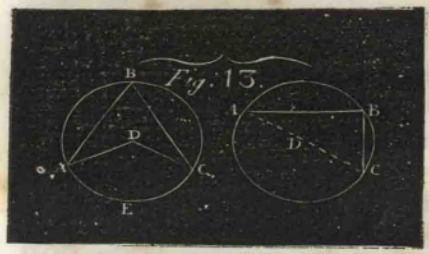
6. Distinguimos tres clases de ángulos, *ángulo recto, agudo y obtu-*

UNIVERSIDAD DE HUELVA

so. Dícese *ángulo recto*, todo ángulo formado por dos líneas perpendiculares entre sí: como los ángulos AOP, POB (fig. 12).

Entiéndese por *ángulo agudo* todo ángulo menor que el recto, como GOB; y por *obtuso* el que es mayor que el recto, como MOB. A primera vista se conoce que los ángulos *agudo* y *obtuso* son formados por líneas oblicuas entre si.

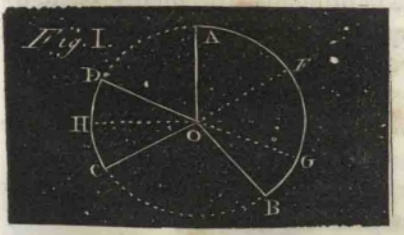
El ángulo cuyo vértice está en el centro, y cuyos lados son rádios del círculo se llama ángulo del centro, como ADC, (fig. 13:) el ángulo que formado por dos cuerdas tiene su vértice en la circunferencia, se llama ángulo inscrito como ABC.



7. Supongamos que al lado AB del ángulo ABC, (fig. 10 y 13), se coloca sobre el lado BC, y que en seguida se separa de esta recta, girando al rededor del punto B, hasta que forme el ángulo ABC. En este movimiento semejante en un todo al de la pértiga que en otra ocasion presentamos para la construccion del círculo, es induvitable que la extremidad A de AB no ha podido pasar de C al punto A, sin describir al mismo tiempo un arco de círculo CA cuyo centro se halla en B. Asimismo es incuestionable que al paso que aumenta ó disminuye el ángulo ABC, es decir, segun que AB se aproxima ó aparta de BC, aumenta ó disminuye el arco en la misma proporcion.

Para presentar esta verdad con todo el rigor y claridad de que es susceptible, nos valdremos de la siguiente construccion.

Supongamos (fig. 1.) dos ángulos AOB, COD, cuyos arcos correspondientes hayan sido trazados con un mismo rádio. Si sobreponemos el ángulo COD al AOB, de modo que el lado OD del primero coincida con el OA del segundo el lado OC estará representado por el OF; de este modo el arco correspondiente CD se confundirá con el AF; el ángulo pues COD ha sido una vez sobrepuesto al ángulo AOB, asi como su arco correspondiente CD al AFB del segundo ángulo. Supongamos que el ángulo COD, despues de haber sido sobrepuesto dos veces al ángulo AOB, deje un residuo GOB, menor que COD, el arco CD tambien quedará sobrepuesto otras dos veces al arco AB, dejando un residuo GB menor que CD; de donde resultará:



$$AOB = 2\,COD + GOB, \qquad AB = 2\,CD + GB.$$

Colocaremos ahora el ángulo GOB sobre el COD, y supongamos que cabe

UNIVERSIDAD DE HUELVA 2010

exactamente dos veces, el arco GB, cabrá tambien dos veces sobre el CD; de donde tendremos:

$$COD=2\,GOB, \qquad CD=2\,GB.$$

Las dos ecuaciones anteriores se habrán convertido en estas:

$$AOB=5\,GOB, \qquad AB=5\,GB.$$

Asi pues, el ángulo GOB está contenido cinco veces en el AOB, y dos veces en el COD; del mismo modo el arco GB cabe cinco veces en el AB, y dos veces en el CD. La relacion, pues, entre los ángulos AOB, COD, y entre los arcos correspondientes AB, CD está expresada por la fraccion impropia $^5/_2$, y por consiguiente será una verdad que:

ángulo AOB: *ángulo* COD:: *arco* AB: *arco* CD.

Luego los ángulos son proporcionales á los arcos descritos con un mismo rádio. L. Q. Q. D. Esto mismo se puede decir de los sectores circulares.

De donde resulta que un ángulo será la mitad, la tercera parte, el duplo de otro, si su arco de indicacion es la mitad, el tercio, el duplo del arco de dinicacion delotro, construidos ambos arcos con un mismo rádio.

Esta dependencia constante y recíproca que entre los arcos y los ángulos acabamos de manifestar, nos autoriza para tomar la *indicacion* de un ángulo en su arco correspondiente; pero es preciso que no olvidemos que para que esta sustitucion sea legítima, el ángulo ha de tener su vértice en el centro de círculo.

Si queremos, pues medir un ángulo, compararemos su arco con el arco del ángulo que tenemos por unidad.

8. Si reflexionamos que los ángulos presentan una superficie indefinida, desde luego conocerémos que no se pueden medir con la unidad superficial de que nos servimos para medir otras superficies limitadas; la medida pues del ángulo debe ser otro ángulo. El que se ha adoptado como unidad, tiene por arco de indicacion la 360.ª parte de una circunferencia cualquiera, construida sobre el vértice como centro. Este ángulo se llama ordinariamente *ángulo de un grado*.

Asi, cuando se dice un ángulo de 10 grados, de 90 grados etc., se dice, no solamente, que el arco de indicacion contiene 10 veces, 90 veces etc. la 360.ª parte de la circunferencia; se expresa ademas, que el ángulo es 10 veces, 90 veces etc. mayor que el ángulo de un grado. La indicacion, pues, de un ángulo en grados, nos hace conocer á un mismo tiempo el nombre y la magnitud de este ángulo.

Segun esto, el ángulo recto será igual á 90 ángulos de un grado; y de consiguiente tendrá por medida la cuarta parte de la circunferencia.

Si queremos referir los ángulos al ángulo recto como unidad, dividi-

UNIVERSIDAD DE HUELVA 2010

remos la medida de aquellos por la del último; asi un ángulo de 30°, diremos que vale $\frac{30}{90} = \frac{3}{9} = \frac{1}{3}$ de ángulo recto.

En la práctica para medir un arco y por consecuencia el ángulo, hacemos uso de un instrumento llamado *trasportador* (fig. 14). Consiste en un semicírculo que tiene un *limbo* ó su borde dividido en 180 grados. Para verificar esta medicion se coloca el centro del semicírculo en el vértice del ángulo; el arco comprendido entre sus lados nos indicará la magnitud del ángulo.

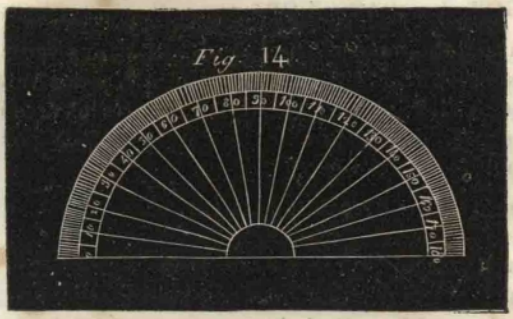


Fig. 14.

Tambien podemos aplicar este instrumento á la construccion de un ángulo, cuya medida se nos dé. Se nos pide, p. ej., construir un ángulo de 25.° Trazaremos una recta; en uno de sus extremos fijarémos el centro del semicírculo, sobreponiendo el diámetro á la recta; en esta disposicion marcaremos en el papel el punto correspondiente al número 25.° y uniendo este punto con el extremo de la recta donde estaba el centro del semicirculo habrémos obtenido el ángulo pedido.

Podemos sin necesidad de este instrumento construir un ángulo igual á otro dado.

Sea el ángulo AOB (fig. 46), al cual se nos pide formar otro igual. Tirarémos ante todo una recta A'O'; sobre uno de los extremos de esta recta hemos de construir el ángulo pedido de la manera siguiente. Sobre el punto O como centro y con un rádio arbitrario OA trazarémos el arco AB; sobre el pnuto O' como centro y con el mismo rádio describirémos un arco indefinido A'B'; tomarémos la distancia AB, y con esta distancia como radio, formarémos desde el punto A' como centre, un arco de círculo que corte al precedente en B', y finalmente tirarémos la recta O'B'.

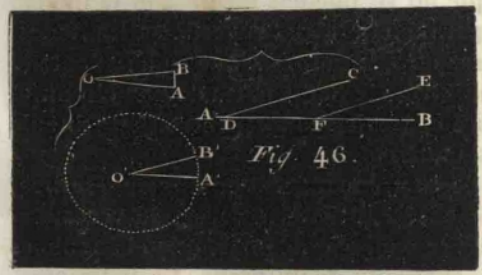


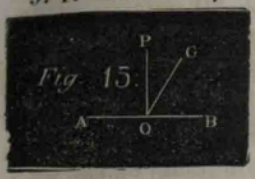
Fig. 46.

El ángulo A'O'B' será igúal al propuesto, porque sus arcos correspondientes trazados con un mismo radio, tienen iguales sus cuerdas; de consiguiente tambien lo serán sus arcos.

UNIVERSIDAD DE HUELVA 2010

Teoremas relativos á las perpendiculares y á las oblicuas.

9. 1.° *Sobre un punto O (fig. 15) tomado en una recta AB, no se puede levantar mas que una perpendicular.*

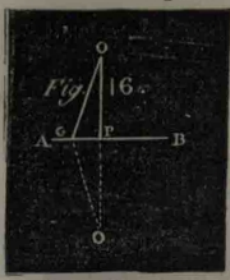


En efecto si sobre la AB se pudiesen levantar las dos perpendiculares OP, OG, resultaria que cada una de estas dos rectas OP, OG, formaria con la línea AB, dos ángulos adyacentes iguales, y asi tendriamos:

$$AOP = AOG, \qquad BOG = BOP.$$

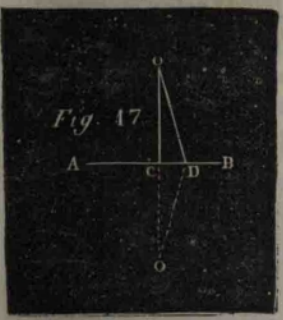
absurdo incompatible con un axioma.

2.° *De un punto O (fig. 16.) tomado fuera de una recta AB, solamente se puede bajar una perpendicular.*



De la suposicion contraria nos resulta tambien un absurdo, como vamos á ver. Si OG fuese perpendicular á la AB, GO' formaria con GO una misma línea recta, por ser estas dos rectas perpendiculares á la AB. Pero al mismo tiempo las PO y PO' componen tambien una misma recta. Ya se vé pues, desde luego un *contraprincipio*, á saber, que desde el punto O al O' se podrian dirigir dos rectas diferentes, OGO', OPO'.

10. *La perpendicular OC (fig. 17) bajada desde el punto O á la recta AB, es la distancia mas corta de dicho punto á la recta.*



Este teorema se reduce á demostrar que la perpendicular OC es mas corta que cualquiera oblicua OD. Para presentar claramente esta verdad, haremos girar la parte de figura OCD al rededor de la AB como eje, de modo que venga á caer sobre O'CD; en cuyo caso tendremos:

$$O'C = OC, \qquad O'D = OD;$$

Ademas, siendo OCO' una linea recta, resultará: $OC + CO' < OD + DO'$, y por la igualdad de O'C y OC, de O'D y OD, tendremos:

$$2\,OC < 2\,OD.$$

Tomando la mitad en los dos miembros de esta desigualdad, concluirémos que:

$$OC < OD : \text{L. Q. Q. D.}$$

11. 1.° *Dos oblicuas* OD, O'D *equidistantes del pié de la perpendicular* OC, *son iguales* (fig. 18).

UNIVERSIDAD DE HUELVA 2010

Segun la suposicion que hacemos en el teorema CD=CD'; si doblamos pues la figura á lo largo de la perpendicular OC' los puntos D y D' se confundirán y tambien las oblicuas OD, O'D; luego OD=O'D.

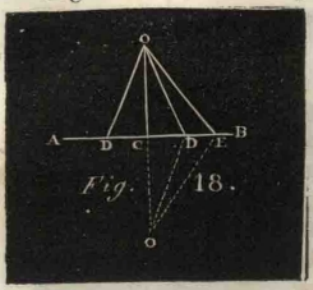


Fig. 18.

2.° *De dos oblicuas* **OD**, **OE** *que no están á igual distancia de la perpendicular, es mayor la que mas se aparta de su pié.*

Para hacer palpable esta verdad, doblarémos la figura á lo largo de la recta AB: de este modo, habremos obtenido que:

$$O'D=OD,\ O'E=OE;$$

pero $OD+O'D<OE+O'E$, ó lo que es lo mismo; $2\,OD<2\,OE$, y dividiendo por 2 la última desigualdad, se verá que:

$$OD<OE.$$ L. Q. Q. D.

12. 1.° *Cualquier punto* **E** (fig. 19) *de la perpendicular* **CD** *levantada sobre el medio de la recta* **AB**, *dista igualmente de los dos extremos.*

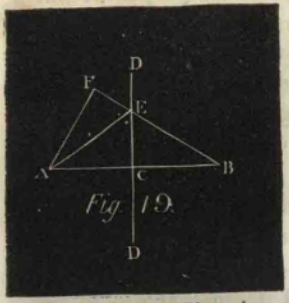


Fig. 19.

En efecto, tirando las rectas AE, BE, tendrémos que:

$$AE=BE,$$ supuesto que $AC=BC$.

2.° *Todo punto* **F**, *que esté fuera de la perpendicular anterior, no puede estar á igual distancia de los dos extremos.*

Para demostrar este teorema, harémos la siguiente construccion. Tirarémos las rectas AF, BF; y por el punto E en que BF corta á CD, dirijirémos la AE. Esta construccion nos dará:

$AF<AE+EF$, ó lo que es lo mismo: $AF<BE+EF$; y por fin; $AF<BF$.

13. 1.° *Levantar sobre el punto* **O** (fig. 20) *de la recta* **M N**, *una perpendicular á esta recta.*

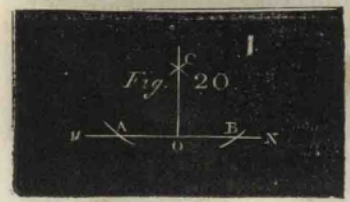
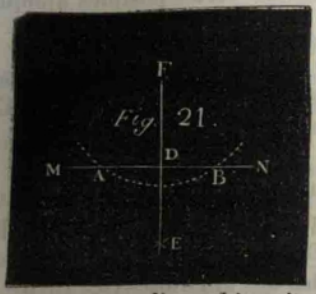


Fig. 20.

Para resolver este problema, sobre la recta M N tomarémos OA=OB. Desde los puntos A y B como centros, y con un mismo radio arbitrario, pero siempre mayor que OA, describirémos dos arcos que se cortarán en un punto C; tirando ahora la recta OC, esta será la perpendicular pedida, puesto que el punto C equidista de los puntos A y B.

UNIVERSIDAD DE HUELVA 2010

2.° *Desde un punto* C (fig. 21) *tomado fuera de una recta, bajar una perpendicular á esta recta.*

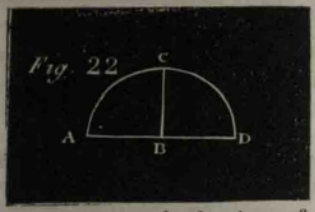


Una construccion análoga á la anterior, nos conducirá á la resolucion de este problema.

Del punto C como centro y con un radio cualquiera, pero siempre mayor que la perpendicular CD, trazarémos un arco de círculo que cortará la recta M, N. en dos puntos A, B. Ademas, desde los puntos A y B como centros y con un mismo radio, arbitrario mayor que la mitad de la AB, describirémos dos arcos que se cortarán en un punto tal como E; tirando la recta CE, esta será la perpendicular deseada; supuesto que los puntos C, D, E, etc. están á igual distancia de los puntos A y B.

Teoremas relativos á los ángulos.

14. *Si prolongamos uno de los lados* AB *de un ángulo recto* ABC (fig. 22), *el otro lado* BC *formará con la prolongacion* BD, *otro ángulo recto* CBD.

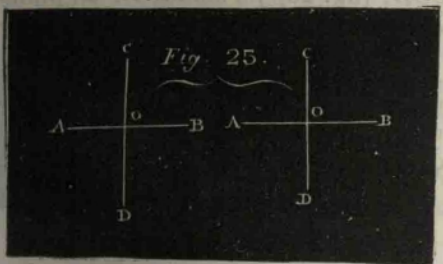


En efecto, si sobre el punto B describimos una semicircunferencia que termine en el diámetro AD, el arco AC será la medida del ángulo ABC, y como este ángulo es recto, A C será la cuarta parte de la circunferencia ó la mitad de la semicircunferencia ACD. Asi pues, el arco CD será la otra mitad ó la cuarta parte de la circunferencia, y como el arco CD es la medida del ángulo CBD, este ángulo será recto.

De aqui se infiere que una recta no puede formar con otra un ángulo recto, sin formar otro segundo ángulo recto con su prolongacion.

15. *Los ángulos rectos son todos iguales.*

Para comprender la verdad de este teorema, debemos considerar, (fig. 23) que la recta AB divide el plano de las dos rectas AB, CD, en dos mitades que por la sobreposicion quedarán confundidas: ademas, los ángulos AOC BOC son iguales, segun resulta de las definiciones del ángulo recto y de la perpendicular. Considerémos al mismo tiempo, que la recta CD divide igualmente el plano en otras dos mitades susceptibles de una exacta sobreposicion; de aqui la igualdad de los ángulos AOD, BOC; y por consecuencia la igualdad de los cuatro ángulos rectos que tienen comun el vértice O.



UNIVERSIDAD DE HUELVA

Esta proposicion tiene lugar en todos los ángulos rectos posibles aunque no tengan el vértice comun.

16. *Toda línea recta* CO (fig. 24) *que cae sobre otra* AB *oblicuamente, forma con ella dos ángulos adyacentes* AOC, COB, *cuya suma vale dos rectos.*

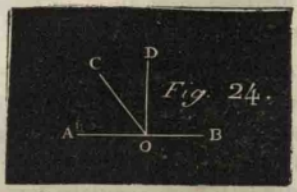


Fig. 24.

La verdad de este teorema se presentará con toda claridad, si en el punto O, se levanta sobre AB, la perpendicular OD, que formará dos ángulos rectos, cuya suma es idéntica con la suma de los dos ángulos AOC, COB.

Llámanse ángulos *suplementarios*, aquellos ángulos que juntos valen dos rectos; asi el ángulo AOC es el *suplemento* del COB, y recíprocamente, porque cualquiera de ellos es puntualmente lo que falta al otro para valer dos rectos ó 180 grados.

Se dicen ángulos *complementarios*, aquellos cuya suma es igual á un recto.

17. **Corolario 1.°** La suma de todos los ángulos consecutivos AOC, COD, DOE, EOB (fig 25) que se pueden formar en un punto y á un mismo lado de la recta AB, es siempre igual á dos ángulos rectos.

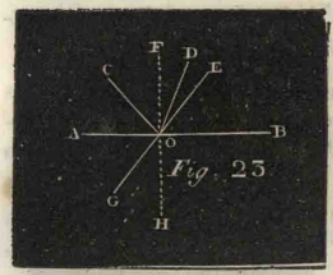


Fig. 25

Para demostrarlo, bastará levantar sobre AB la perpendicular OF.

Corolario 2.° *La suma de los 4 ángulos formados por dos rectas* AB, EG *que se cortan entre sí, es equivalente á 4 rectos.*

Si se quiere ver esta verdad, bajese la perpendicular F H (fig. 25).

Corolario 3.° *La suma de todos los angulos consecutivos* AOB, BOC, COD, (fig. 26) *formados en un plano al rededor de un mismo punto O, es siempre igual á cuatro ángulos rectos.*

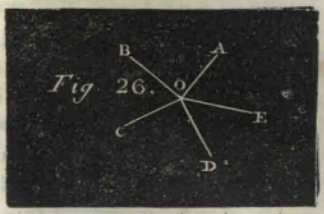


Fig. 26.

Este corolario es una consecuencia de los dos precedentes.

18. *Si dos rectas* AB, CD (fig. 11) *se cortan entre si, los ángulos opuestos verticalmente* AOC y BOD, AOD y BOC *son iguales dos á dos.*

Efectivamente, los ángulos adyacentes AOC y BOC, BOC y BOD valen espectivamente dos ángulos rectos; pero dos cantidades iguales á una tercera, son iguales entre sí; luego:

UNIVERSIDAD DE HUELVA 2010

AOC+BOC=BOC+BOD.

Ahora, si de los dos miembros de esta igualdad quitamos el ángulo comun BOC, nos quedará AOC=BOD.

Del mismo modo podriamos demostrar la igualdad de los ángulos BOC y AOD.

19. Son muy comunes los ángulos en las artes y en los usos de la vida, pues tienen lugar en la arquitectura, en la jardineria y en todas las artes industriales que se trabajan en la madera y en la piedra.

Los canteros trasportan sobre la piedra, el ángulo que forman los cimientos de dos paredes.

§. V. *De las paralelas y de las secantes.*

1. Qué son líneas paralelas, y cómo se puede manifestar su posibilidad? Qué se entiende por zona de las paralelas?—2. Qué es linea secante?—3. Nombres que reciben los diferentes ángulos formados por una secante que corta á dos rectas paralelas ó no paralelas.

Teoremas relativos á las paralelas. Demostrar que:

4. Por un punto dado solamente se puede tirar una paralela á una recta.—5. Dos rectas, paralelas á una tercera, son paralelas entre si.—6. Dos rectas son paralelas, cuando forman con una secante: 1.° los ángulos alternos, internos iguales; 2.° los alternos externos; 3.° los correspondientes.—7 Si dos paralelas son cortadas por una secante los angulos alternos internos, los alternos externos y los correspondientes, son respectivamente iguales.—8. Dos rectas paralelas tienen comunes sus perpendiculares.—9. Dos paralelas equidistan por todas partes y reciprocamente si dos rectas tienen por todas partes igual distancia son paralelas.—10. Partes de paralelas comprendidas entre paralelas son iguales.—11. 1.° Dos ángulos que tienen sus lados respectivamente paralelos y dirijidos en un mismo sentido, son iguales; 2.° Dos ángulos son iguale cuando tienen sus lados respectivamente paralelos y en direccion contraria; 3.° son suplementarios cuando tienen un lado en la misma direccion, y el otro en direccion contraria.—12. Si los tienen respectivamente perpendiculares, son iguales ó suplementarios.—13. Por un punto dado fuera de una recta, tirar una paralela á esta recta.—14. Aplicaciones de las paralelas.

1. Llámanse *paralelas* las rectas que situadas en un plano, jamás pueden encontrarse, aunque se prolonguen indefinidamente, como AB, CD (fig. 27.)



Para hacer ver la posibilidad de estas líneas, supongamos en un plano dos líneas distintas AB, CD, (fig. 28.) perpendiculares á una tercera E F en los puntos respectivos M y N. Es claro, que

UNIVERSIDAD DE HUELVA 201

por mas que se prolonguen estas líneas, jamás podrán encontrarse; porque si esto sucediera en un punto tal como O, resultarian dos perpendiculares AB, CD, bajadas de un punto sobre una misma recta EF, lo cual es un absurdo. Asi pues, estas dos líneas, por ser perpendiculares á una tercera, son paralelas entre sí.

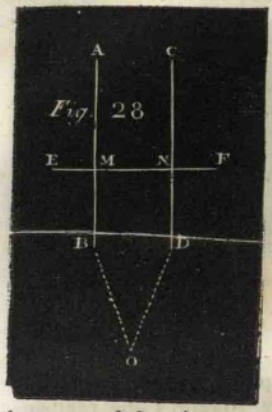


Fig. 28

Entendemos por *zona* la porcion de plano comprendido entre dos paralelas. La *zona* es menor que un ángulo cualquiera, porque aquella cabe en un plano un número ilimitado de veces, al paso que el ángulo, si se sobrepone al plano, cabrá solamente un número limitado de veces.

2. Llámase *secante* toda recta que corta ó atraviesa de cualquier modo un sistema de otras rectas, paralelas ó no paralelas.

3. Cuando dos rectas cualesquiera AB, CD (fig. 29) son cortadas por una secante EF, resultarán formados al rededor de los dos puntos de interseccion M, N, ocho ángulos, que considerados separadamente, ó combinados dos á dos, reciben las denominaciones siguientes:

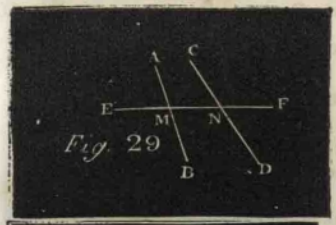
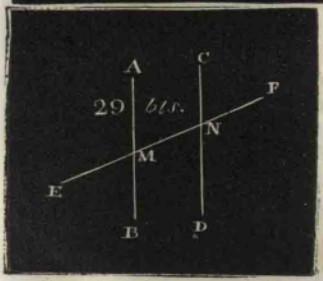


Fig. 29



Considerados separadamente. 1.º Los cuatro ángulos AMF, BMF, CNE, DNE, cuya abertura está dentro de las rectas AB, CD se llaman *ángulos internos*;

2.º Los otros cuatro AME, BME, CNF, DNF, colocados fuera de las rectas, se llaman *ángulos internos*.

Comparados dos á dos: 1.º Los ángulos internos AMF y DNE, CNE y BMF se llaman *alternos-internos*; alternos, por estar situados á diferente lado de la secante: internos, porque su abertura está dentro de las dos rectas;

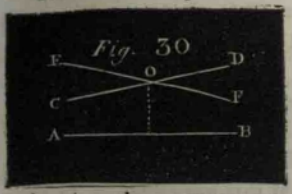
2.º Los ángulos externos AME y DNF BME y CNF, se llaman *alternos-externos*; alternos, por estar formados á diferente lado de la secante; y externos, porque se hallan fuera de las dos rectas;

3.º Los ángulos AME y CNE, AMF y CNF, BME y DNE, BMF y DNF, se llaman *ángulos correspondientes*, por estar colocados dos á dos á un mismo lado de la secante.

UNIVERSIDAD DE HUELVA 2010

Teoremas relativos á las paralelas. Demostrar que:

4. *Por un punto dado, O, solamente se puede tirar una paralela á la recta AB (fig. 30).*



En efecto, para trazar en el punto O, dos paralelas CD, EF á la recta AB, es necesario que el ángulo DOF pueda ser contenido dentro de la zona ABCD, ó el ángulo COE en la zona ABEF; esto es imposible, porque, como hemos dicho, cualquier ángulo es mayor que la zona de las paralelas; luego tambien es imposible la suposicion que hemos hecho, á saber, que por el punto O se puedan tirar dos paralelas á la recta AB.

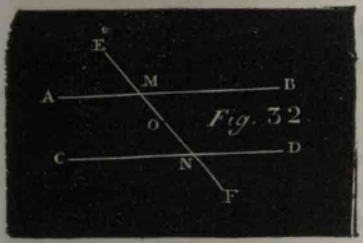
5. *Dos rectas AB, CD respectivamente paralelas á una tercera EF, son paralelas entre sí (fig. 31).*



Porque si estas rectas pudiesen encontrarse en algun punto, tendriamos en este punto trazadas dos paralelas AB, CD á una misma recta EF, lo cual es un absurdo.—De aqui se infiere que:

Dos rectas respectivamente paralelas, tienen comunes sus paralelas.

6. *Dos rectas AB, CD son paralelas, cuando cortadas por una secante EF, forman con esta los ángulos alternos-internos iguales* (fig. 32).



Antes de entrar en la demostracion debemos observar que no pueden ser iguales entre sí dos ángulos alternos-internos, sin que los otros dos ángulos alternos-internos, BMN, MNC, suplementos respectivos de los primeros, sean tambien iguales entre sí.

Supongamos ahora que llegaran á encontrarse las porciones indefinidas de recta MA, NC; en esta suposicion, hágase girar la porcion de plano AMNC al rededor del punto O, mitad de MN, de modo que OM venga á ocupar el lugar de ON; en cuyo caso MA tomará la posicion ND, y NC la MB.

Pero encontrándose todavia en esta nueva posicion las MA y NC, resulta que tambien se encontrarán las MB y ND, que en la sobreposicion se han confundido con las anteriores; siguiéndose de aqui que las rectas AB, CD tendrian dos puntos comunes, lo cual es imposible.

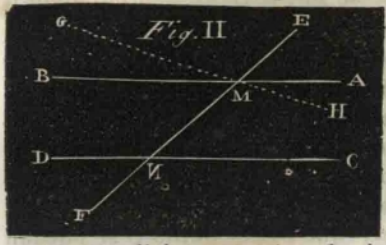
7. *Dos paralelas AB, CD cortadas por una secante MN, forman con esta iguales respectivamente los ángulos alternos-internos, los alternos-externos y los correspondientes.*

Demostrada la igualdad de los alternos-internos, la inspeccion de la

UNIVERSIDAD DE HUELVA

figura bastará para conocer la igualdad respectiva de los alternos-externos y de los correspondientes; por esta razon nos concretaremos á los primeros.

Supongamos (fig. II) qne en el caso propuesto no fuesen iguales los ángulos alternos-internos CNE, BMF, podriamos tirar por el punto M otra recta tal como GH que formase con la secante un ángulo igual al CNE; en cuyo caso esta nueva recta seria paralela á la CD, segun el teorema anterior, teniendo en consecuencia dirigidas por el punto M dos paralelas á la recta CD, lo cual es imposible.



Hemos dicho que mirando detenidamente la figura, conoceriamos desde luego la igualdad de los alternos-externos y de los correspondientes.

En efecto, si queremos demostrar la igualdad de los ángulos alternos externos, tales como FND, AME, procederiamos del modo siguiente: FND=ENC, porque son opuestos verticalmente; pero ENC=FMB, por ser alternos-internos; luego FND=FMB; pero FMB=AME, por opuestos verticalmente; luego:

FND=AME.

La igualdad de los ángulos correspondientes, tales como CNE, AME, se hace ostensible del modo siguiente: segun hemos visto, AME=FND por ser alternos-externos; pero FND=CNE por opuestos verticalmente; luego:

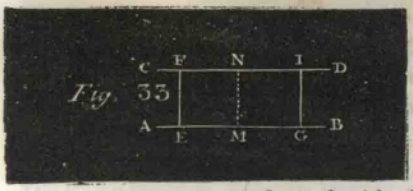
AME=CNE. L.Q.Q.D.

8. *Dos paralelas* AB, CD. (fig. 28). *tienen comunes sus perpendiculares.*

Supongamos dos paralelas AB, CD y otra recta EF, perpendicular á una de ellas, p. ej., á la CD, tambien lo será á la otra AB.

Infiérese esta verdad de lo dicho acerca de la igualdad de los ángulos alternos-internos, alternos-externos y correspondientes. Tomando en el caso presente los ángulos correspondientes CNF, AMF, la igualdad de estos ángulos nos dará por resultado que el ángulo AMF es recto, por serlo su correspondiente CNF; luego la línea EF, que forma con la AD un ángulo recto, será perpendicular á esta línea.

9. *Dos paralelas* AB, CD (fig. 33), *equidistan por todos sus puntos.*



Por de contado, la perpendicular EF ó GI, comun á las dos rectas AB, CD, es la línea mas corta que desde el punto E ó G podemos tirar á la CD: esta perpendicular, pues, medirá para los puntos E ó G, la distancia de las dos paralelas. Asi pues, la cuestion queda reducida á demostrar la igualdad de las perpendiculares EF, GI.

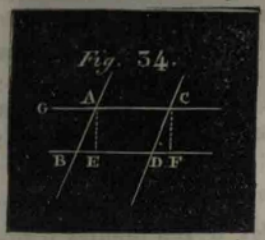
UNIVERSIDAD DE HUELVA 2010

Para hacer palpable esta demostracion, levantarémos sobre el punto M punto medio de EG, la perpendicular MN, la cual lo será tambien en el punto N á la paralela CD. Doblando el plano por la linea MN, sobrepondrémos la porcion B M N D á la A M N C; siendo rectos todos los ángulos de la figura, la línea MG tomará la direccion ME; y como MG=ME, el punto G vendrá á caer sobre el punto E. Entretanto GI tomará la direccion EF, y NI la direccion NF; luego el punto I debe estar á la vez en la línea EF y en la NF; luego se confundirá con la interseccion de estas dos líneas, á saber, con el punto F, asi, pues, GI y EF se han confundido exactamente; luego GI=EF.-L. Q. Q. D.

Recíprocamente *si dos rectas están por todos sus puntos á igual distancia, dichas rectas serán paralelas.*

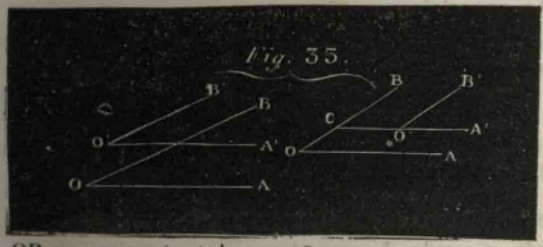
Porque las rectas que se hallen en este caso, jamás podrán encontrarse; luego serán paralelas.

10. *Partes de paralelas* AB, CD, *comprendidas entre paralelas* AC, BD, *son iguales.* (fig. 34).



Segun acabamos de ver, este teorema no ofrece dificultad alguna respecto de las perpendiculares AE, CF. Nos concretaremos, pues, á las oblicuas AB, CD. Para esto tendrémos en consideracion que los ángulos GAE, GCF son ángulos rectos; y que los GAB, GCD son iguales por correspondientes. Si quitamos, pues, de los dos ángulos rectos GAE, GCF los correspondientes iguales entre sí GAB, GCD, BAE=DCF; y si colocamos CF sobre su igual AE, CD caerá sobre AB, FD sobre EB, y el punto B quedará confundido con el D. Asi pues, AB y CD, partes de paralelas oblicuas, son iguales, asi como las AE y CF.

11. 1.° *Dos ángulos* AOB. A′O′B′ (fig. 35) *que tienen sus lados respectivamente paralelos, y dirigidos en un mismo sentido, son iguales.*

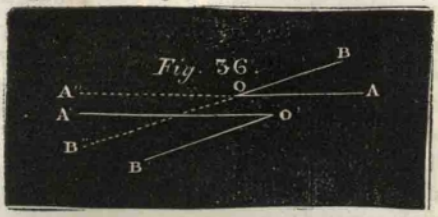


Esta verdad se hace palpable prolongando, si es necesario, el lado A′O′, hasta que se encuentra con el lado OB en un punto tal como C, en cuyo caso nos resultará por la propiedad de los ángulos correspondientes.

AOB=A′CB; pero A′CB=A′O′B′; luego AOB=A′O′B′.

UNIVERSIDAD DE HUELVA

2.° *Dos ángulos* AOB, A′O′B′ (fig. 36) *que tienen sus lados respectivamente paralelos y en direccion contraria son iguales.*

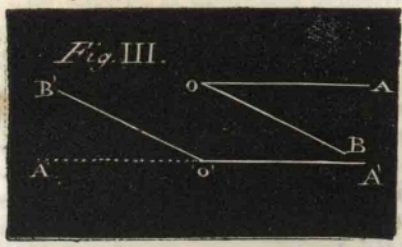


En efecto, supongamos que OA′′ sea la prolongacion del lado OA; y OB′′ la prolongacion de OB, tendrémos en este caso que:

AOB=A′′OB′′ y A′′OB′′=A′O′B′, luego AOB=A′O′B′.

3.° *Dos ángulos son suplementarios, cuando los lados del uno son respectivamente paralelos à los del otro, pero no dirigidos á la vez en el mismo sentido, ni en sentido contrario.*

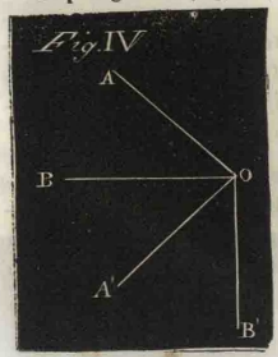
Supongamos fig. III) el lado OA en la misma direccion que O A′; y OB en direccion contraria á O′B′. Prolongaremos uno de los cuatro lados: sea p. ej. O′A′′ la prolongacion de O′A′; los ángulos A′O′B′, A′′O′B′ serán suplementarios; pero este último A′′O′B′ es igual al AOB por tener sus lados en direccion contraria; luego etc.



De lo dicho podemos inferir que *los ángulos que tienen sus lados respectivamente paralelos ó son iguales ó suplementarios.*

12. 1.° *Los ángulos de una misma especie que tienen sus lados respectivamente perpendiculares, son iguales.*

Supongamos (fig. IV) que los dos sean agudos, tales como los AOB, A′O′B′ y que tengan un vértice comun.



Esta suposicion nos dará:
AOB=1 recto—A′OB, y A′OB′=1 recto—A′OB; asi pues, AOB=A′OB′.

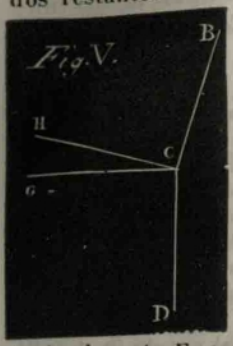
2.° *Los ángulos de diferente especie que tienen sus lados respectivamente perpendiculares, son suplementarios entre si.*

Sean los ángulos (fig. V) BCD, GCH, el primero obtuso, y agudo el segundo.

Los ángulos BCH, DCG valen dos rectos; luego los

UNIVERSIDAD DE HUELVA 2010

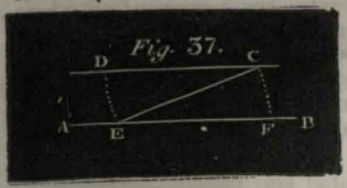
dos restantes BCD, GCH valdrán igualmente dos rectos, porque todos los ángulos formados en un plano al rededor de un punto, valen cuatro rectos. Asi pues, los ángulos BCD, GCH que valen dos rectos, serán suplementarios entre sí.



De donde se infiere *que los ángulos que tienen sus lados respectivamente perpendiculares, ó son iguales ó suplementarios.*

13. *Por un punto* C *dado fuera de una recta* AB, *tirar una paralela á esta recta* (fig. 37).

Para verificar esta construccion, desde el punto C tiraremos una recta á un punto cualquiera E de la AB; desde el punto E como centro y con un radio igual á EC, describirémos un arco CF, que corte en F á la AB; igualmente desde el punto C como centro, y con el mismo radio EC, trazarémos el arco ED; desde el punto C como centro, y con un radio igual á la cuerda del arco CF, formaremos un arco pequeño de círculo que corte al arco ED en un punto D; finalmente tirarémos la recta CD.



La recta CD será la paralela pedida; supuesto que la secante EC forma con las dos rectas EF, CD, los ángulos alternos-internos iguales.

14 Son inumerables las aplicaciones de las paralelas en las artes industriales.

Los carpinteros hacen uso todos los dias en la construccion de puertas, ventanas y persianas; los pizarrreros, en la disposicion de las tejas ó de las pizarras; los impresores en las líneas; el labrador forma los surcos en líneas paralelas; el grabador, cuando quiere representar superficies planas en que una parte se aleja del espectador, tambien emplea plumadas rectas paralelas; la música hace uso igualmente de las paralelas para poner las notas de que se vale, etc.

UNIVERSIDAD DE HUELVA

§. VI. *Del círculo y de las perpendiculares, de las secantes, de las tangentes, de los ángulos y de las paralelas consideradas con relacion al círculo.*

Teoremas relativos al círculo, á las perpendiculares, etc. Demostrar que: 1. Una recta no puede cortar á la circunferencia en mas de dos puntos—2. La perpendicular á una cuerda en su punto medio, pasa por el centro del círculo y por el medio del arco subtendido por la cuerda.—3. Dividir un arco en dos partes iguales.—4. Determinar el centro de una circunferencia ó de un arco de círculo.—5. Hacer pasar una circunferencia por tres puntos que no estén en línea recta.—6. La tangente no puede encontrar á la circunferencia mas que en un punto. El radio es la línea mas corta que podemos tirar del centro á la tangente.—7. La perpendicular levantada sobre el extremo del radio es tangente en este punto á la circunferencia, y recíprocamente.—8. Por un punto tomado en la circunferencia, tirar una tangente al círculo.—9. 1.° El ángulo inscrito es igual á la mitad del ángulo del centro que corresponde al mismo arco. 2.° Cuál es en consecuencia la medida del ángulo inscrito?—10. El ángulo inscrito en el semicírculo, es recto.—11. Por un punto dado en una recta ó fuera de ella, tirar otra recta que forme con la primera un ángulo igual á otro dado.—12. Levantar una perpendicular sobre el extremo de una recta.—13. Describir sobre una línea un segmento capaz de un ángulo dado.—14. Dos paralelas interceptan sobre la circunferencia arcos iguales.

1. *Una recta y una circunferencia no se pueden cortar en mas de dos puntos.*

Supongamos por un momento que la recta cortase á la circunferencia en tres puntos, tirando tres radios á los puntos de interseccion, tendriamos tres rectas iguales bajadas desde un mismo punto á una recta; lo cual no puede verificarse, sin que se atraviese uno de estos inconvenientes, á saber, ó que tengamos dos oblicuas iguales á un mismo lado de la perpendicular, ó que una oblicua sea igual á la perpendicular; ambas consecuencias son incompatibles con los teoremas demostrados.

2. *Toda perpendicular* CN *á una cuerda* AB *en su mitad pasa por el centro del círculo y por la mitad del arco subtendido por esta cuerda* (fig. 38).

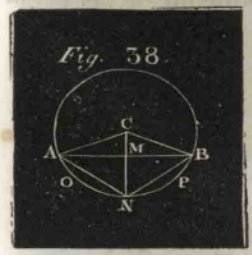


Fig. 38.

Efectivamente, toda vez que CN es perpendicular á AB en su mitad, el punto C equidistará de los puntos A y B; pero AC y CB son iguales, por ser radios del mismo círculo; luego esta perpendicular pasará por el centro, punto equidistante de A y de B.

Por otra parte, perteneciendo el punto N á la perpendicular CN, se hallará á igual distancia de los A y B, resultando AN=NB: de donde AN y NB serán dos cuerdas iguales; luego tambien serán iguales los arcos subtendidos AON,NPB. Asi pues, la perpendicular pasa por el medio del arco subtendido por la cuerda AB, dividiéndole por consiguiente en dos partes iguales.

UNIVERSIDAD DE HUELVA 2010

UNIVERSIDAD DE HUELVA 2010

3. *El radio perpendicular á la cuerda* AB, *divide á esta y al arco subtendido en dos partes respectivamente iguales* (fig. 38).

La demostracion de esta verdad se funda en una propiedad característica de las perpendiculares. Por esta propiedad, si la línea CN tiene un punto equidistante, de los puntos A y B de la linea AB, los tendrá todos á igual distancia de A y de B; pero el punto C de la línea CN equidista de A, y de B; luego tambien M que pertenece á la misma recta, equidistará de A y de B; luego AM=BM.

Por la misma razon el punto N equidistará de A y B; luego las cuerdas AN, BN serán iguales; luego tambien lo serán los arcos subtendidos AON-BPN.

Recíprocamente *el radio* CN, *que divide la cuerda* AB *en dos partes iguales* AM, BM, *será perpendicular á la cuerda* AB (fig. 38).

Porque tendrá dos puntos C, M equidistantes de A y de B.

4. *Dividir un ángulo* AOB *y un arco* ACB *en dos partes iguales* (fig. 39.)

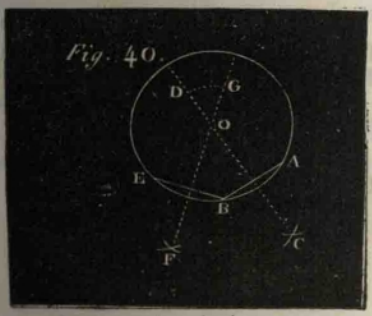


Desde el vértice O como centro y con un rádio arbitrario OA, trazarémos el arco ACB, que corte á los dos lados del ángulo en A y en B; marcarémos un punto cualquiera K á igual distancia de los puntos A y B; finalmente tirarémos la recta OK.

Está recta será la bisectriz deseada.

En efecto, si tiramos la cuerda AB, la recta OK será perpendicular sobre su mitad. Por consiguiente, esta recta divide el arco ACB y el ángulo correspondiente en dos partes iguales.

5. *Hallar el centro de una circunferencia ó de un arco de círculo.* (fig. 40)



Tomarémos sobre la circunferencia tres puntos A, B, E que unirémos por medio de las cuerdas AB, EB; levantarémos sobre sus mitades dos perpendiculares respectivamente, tales como CD, FG; el punto O de interseccion será el centro del círculo, supuesto que por este punto deben pasar ambas perpendiculares.

6. *Hacer pasar una circunferencia por tres puntos dados, que no se hallen en una misma recta.*

Supongamos los tres puntos A, B, E (fig. 40). Harémos con estos tres puntos lo mismo que hemos hecho en la construccion anterior. Unirémos estos puntos por medio de dos rectas, y sobre sus mitades levantaremos dos perpendiculares respectivamente; el punto O de interseccion será el centro

de la circunferencia. Para trazarla, tómese como rádio la distancia AO, ó BO, ó EO. Estas tres distancias son iguales efectivamente; porque el punto O, como perteneciente á la perpendicular levantada sobre la mitad de la cuerda AB, se halla á igual distancia de A y de B; pero correspondiendo tambien el mismo punto á la perpendicular levantada sobre la mitad de la cuerda BE, equidistará de B y de E. Luego AO=BO=EO.

7. *La tangente* IG *no puede encontrar á la circunferencia en mas de un punto* (fig. 6).

Esta verdad se infiere de la misma definicion de la tangente, la cual es una línea que toca á la circunferencia en un punto solo.— Dedúcese de aqui:

El rádio OH *es la recta mas corta que desde el centro podemos tirar á la tangente.*

8. *La perpendicular* IG *levantada sobre la extremidad de un rádio OH, es tangente á la circunferencia de este punto.*

Facilmente nos convencerémos de esta verdad, si consideramos que cualquier otro punto de la perpendicular está mas distante del centro que el punto H; de consiguiente, esta perpendicular no tiene mas que un punto comun con la circunferencia; luego será tangente.

Reciprocamente la tangente es perpendicular al rádio que termina en el punto de tangencia.

En efecto, otro punto cualquiera de la tangente está mas distante del centro que el punto de tangencia; luego este rádio es la distancia mas corta del centro á la tangente; esta propiedad pertenece exclusivamente á la perpendicular; luego etc.

9. *Tirar una tangente por un punto dado en la circunferencia.*

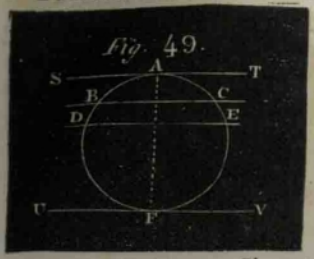
Para resolver este problema, tirarémos un rádio que termine en el punto dado, levantarémos sobre este punto una perpendicular al rádio; esta línea está, segun lo que acabamos de demostrar, la tangente pedida.

10. *Dos paralelas interceptan sobre la circunferencia arcos iguales.*

Tres casos nos puede presentar este teorema.

UNIVERSIDAD DE HUELVA 2010

Primer caso. Si las paralelas son dos secantes BC, DE, (fig. 49), el diámetro que sea perpendicular á estas rectas, cortará la circunferencia en dos puntos A, F, equidistantes de los puntos B y C por una parte, y por otra, de los D, y E. De donde résultará: *arco* AD=*arco* AE, y *arco* AB=*arco* AC; restando estas igualdades, tendremos: *arco* AD—*arco* AB=*arco* AE—*arco* AC; y finalmente *arco* BD=*arco* CE.

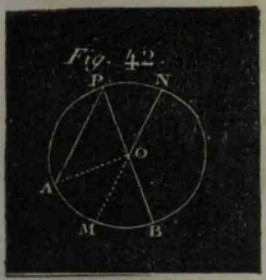


Segundo caso. Si entre las paralelas, la una es tangente como ST, ó UV, y la otra secante, como BC, el diámetro AF pasará por el punto de tangencia A ó F y cortará el arco BAC ó BFC en dos partes iguales. De donde se infiere que:

AB=AC, ó FB=FC.

Tercer caso. Si las paralelas son dos tangentes, ST, UV, la recta AF, que pasa por los puntos de tangencia será un diámetro; de consiguiente los arcos ABDF, ACEF, iguales á la semicircunferencia, son iguales entre sí.

11. *Todo ángulo inscrito APB es igual á la mitad del ángulo del centro que corresponde al mismo arco de círculo* (fig. 42.)

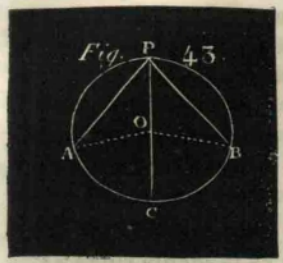


Supongamos para esto que uno de los lados PB pasa por el centro; tirando un diámetro MON paralelo á la cuerda AP, nos resultará el MOB, igual al ángulo propuesto APB, por ser su correspondiente; pero el ángulo MOB es puntualmente la mitad del AOD, como vamos á manifestar.

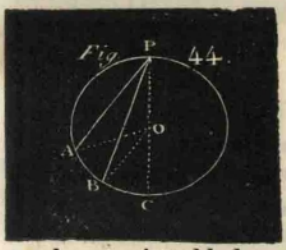
El ángulo MOB=PON, por ser verticalmente opuesto; PON=AOM, por ser iguales sus arcos correspondientes PN, AM, como interceptados por paralelas; luego MOB=AOM; luego MOB será igual á la mitad de AOB; pero MOB es igual al ángulo inscrito; luego el ángulo inscrito es igual á la mitad del ángulo en el centro, que comprende entre sus lados el mismo arco. L. Q. Q. D.

UNIVERSIDAD DE HUELVA

Si ninguno de los lados pasa por el centro tiraremos un diámetro auxiliar PC (fig. 43 y 44), cuya construccion nos dice que el ángulo inscrito es igual á la suma ó la diferencia de los ángulos APC, BPC, de donde sacaremos el mismo resultado, como muy sencillamente vamos á exponer.



El ángulo APC (fig. 43)$=\frac{AOC}{2}$; el ángulo BPC $=\frac{BOC}{2}$; sumando estas dos ecuaciones, tendremos la suma siguiente:



$$APC+BPC=\frac{AOC+BOC}{2} \text{ ó } APB=\frac{AOB}{2}$$

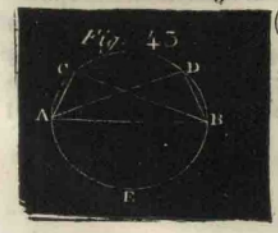
Lo mismo tendrá lugar con el ángulo APB (fig. 44), porque el ángulo $APC=\frac{AOC}{2}$; el $BPC=\frac{BOC}{2}$: y restando estas igualdades nos resultará.

$$APC-BPC=\frac{AOC-BOC}{2}, \text{ ó lo que es lo mismo: } APB=\frac{AOB}{2}.$$

2.° Supuesto que el ángulo del centro tiene por medida el arco interceptado por sus lados;

El ángulo inscrito tendrá por medida la mitad del arco comprendido entre sus lados.

12. *Todo ángulo* **ACB, ADB** *inscrito en un semicírculo es recto,* (fig. 45).



Este teorema se infiere inmediatamente del anterior. El angulo que tomamos en consideracion, tiene por medida la mitad del arco interceptado por sus lados; pero este arco es la semicircunferencia, que vale 180°, luego el valor de este ángulo será de 90°, es decir, será recto.

UNIVERSIDAD DE HUELVA 2010

Podemos considerar como *límite* de los ángulos inscritos el ángulo CBA, formado por la tangente CC' y la cuerda AB, que se cortan en el punto B de tangencia; el teorema precedente es igualmente aplicable á este ángulo, como vamos á manifestar.

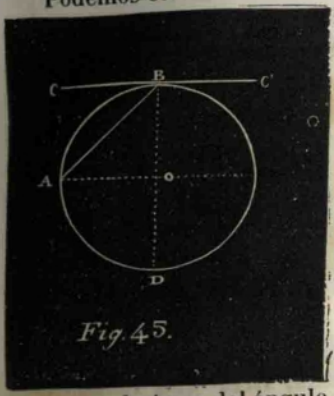
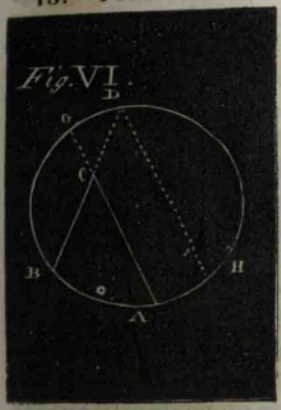


Fig. 45.

Si la cuerda propuesta fuese un diámetro, la propiedad enunciada seria evidente. Supondremos pues el caso contrario; y tiraremos el diámetro BOD y el rádio OA; el ángulo recto CBD valdrá la semisuma de los ángulos suplementarios BOA, DOA; pero segun hemos dicho, $ABD = \frac{AOD}{2}$; luego $CBA = \frac{BOA}{2}$.

Lo que decimos del ángulo agudo CBA, se puede aplicar al obtuso C'BA: Asi pues, *el ángulo inscrito, formado por una cuerda y una tangente, tiene tambien por medida la mitad del arco comprendido entre sus lados.*

13. *Todo ángulo ACB, formado por dos cuerdas* AG, BD, *que se cortan en el círculo, tiene por medida la semisuma de los arcos AB, GD, comprendidos entre sus lados.*



Para convencernos de esta verdad, tiraremos (fig. VI) la cuerda DH, paralela á la GA, cuya construccion nos dará el ángulo inscrito BDH, que tiene por medida la semisuma de los arcos BA, AH; pero AH=GD; luego este ángulo y por consiguiente el ACB, tiene por medida la semisuma de los arcos AB, GD.

14. *El ángulo* ABC, *formado por dos secantes como* BA, BC, *tiene por medida la mitad*

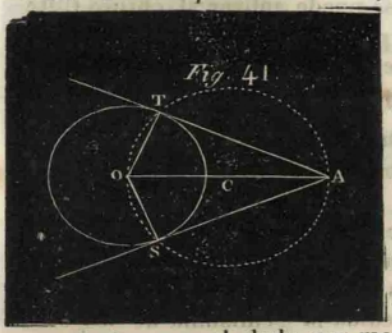
UNIVERSIDAD DE HUELVA 2010



de la diferencia de los arcos **HD, AC,** *interceptados por sus arcos.*

Tirando la cuerda DG (fig. VII) paralela á la secante BA, nos resultará el ángulo inscrito GDC, que tiene por medida el arco $\frac{CG}{2}$; pero CG=AC —AG; luego su medida será la mitad de la diferencia de los arcos AC, AG, ó lo que es lo mismo, la mitad de la diferencia de los arcos interceptados AC, HD.

15. *Por un punto* **A** *dado fuera del círculo, tirar una tangente al círculo* (fig. 41).

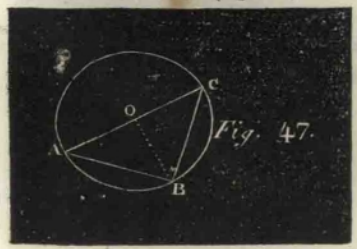


La resolucion de este problema exige la siguiente construccion. Uniremos el punto dado y el centro del círculo por medio de la recta AO; sobre esta recta como diámetro construiremos una circunferencia que cortará al círculo dado en dos puntos, tales como S, T; en el círculo trazaremos dos radios que terminen respectivamente en los puntos de intersección S, T; uniremos estos puntos con el dado por medio de las rectas SA, TA; estas dos rectas satisfarán á las condiciones del problema.

En efecto, los ángulos OSA, OTA son rectos, como inscritos en la semicircunferencia del círculo AO; luego estas rectas son respectivamente perpendiculares á los radios OT, ON; serán, pues, tangentes al círculo dado.

16. *Levantar una perpendicular sobre el extremo de una recta.*

Sea la recta AB (fig. 47). Tómese fuera de esta recta un punto arbitrario O, y con el radio OB se trazará un círculo que corte á la recta AB en un punto A. Tírese ahora el diámetro AOC y la cuerda BC.

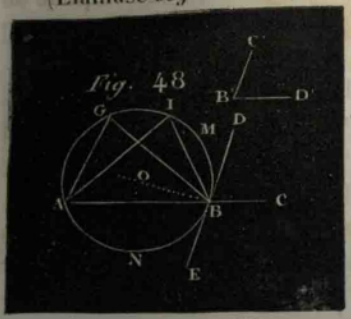


La recta BC será la perpendicular pedida; porque el ángulo ABC, como inscrito en la semicircunferencia, será recto; y la BC por consiguiente perpendicular á AB.

17. *Describir sobre una linea un segmento capaz de un ángulo dado* C'B'D' (fig. 48).

UNIVERSIDAD DE HUELVA 2010

(Llámase *segmento capaz de un ángulo dado*, un segmento tal, que todos los ángulos que puedan ser inscritos, sean iguales al ángulo dado).



Sea AB la línea sobre la que nos proponemos describir el segmento. La prolongaremos hácia C, y formaremos el ángulo CBD=al ángulo C'B'D'. Trazaremos la BO perpendicular á la BD, y la HO perpendicular á AB en su mitad. Del punto O de interseccion de las dos perpendiculares, como centro, y con un radio OB describiremos un círculo: ANB será el segmento pedido.

En efecto, el ángulo C'B'D'=CBD=ABE; este último, como formado por una cuerda y una tangente, tiene por medida la mitad del arco ANB. Pero esta es exactamente la medida de todos los ángulos AGB, AIB etc., inscritos en el segmento. Luego etc.

2.ª SECCION.=DE LAS FIGURAS PLANAS FORMADAS POR MAS DE DOS LÍNEAS.

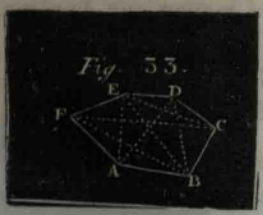
§. I. *De los polígonos en general.*

1. Qué es polígono? Lados, vértices, ángulos, diagonales y perímetro de un polígono.—2. Cuántas rectas se necesitan para limitar un plano?—3. Qué es triángulo?—4. Qué es cuadrilátero, pentágono, exágono, heptágono, octágono etc?—5. Qué es polígono equilateral, equiangular, regular, irregular?—6. Cuándo se dice un polígono inscrito y circunscrito?

1. Llámase *polígono*, la porcion de plano limitado por mas de dos rectas, que se cortan dos á dos.

Las rectas que forman el polígono, se llaman *lados* del polígono; sus puntos de interseccion *vértices*; y sus ángulos, *ángulos* del *polígono*.

Entendemos por *diagonales* las rectas AC, AD, BD, BE, CE (fig. 53,) que unen dos á dos los vértices de los ángulos no adyacentes á un mismo lado.

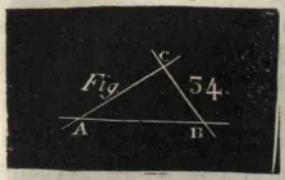


El conjunto de los lados se llama *pirímetro* ó *contorno* del polígono.

2. Para limitar un plano, son necesarias; por lo menos tres rectas; asi es que un polígono no puede tener menos de tres lados.

UNIVERSIDAD DE HUELVA

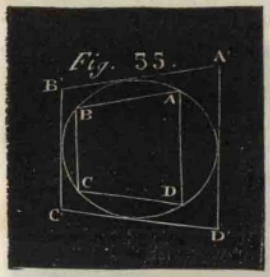
3. El *triángulo* es el polígono mas sencillo de todos; se compone de tres lados y de tres ángulos, tal es la figura ABC (fig. 54).



4. El polígono de cuatro lados se llama *cuadrilátero*; *péntágono* el de 5 lados; *hexágono* el de 6; *heptágono* el de 7, *octágono* el de 8, *decágono* el de 10; en fin polígono de 11, 12, 13 etc. lados.

5. Se dice un polígono *equilateral*, cuando tiene iguales todos sus lados; *equiangular*, el que tiene iguales sus ángulos; *regular*, el que tiene iguales todos sus ángulos y lados; *irregular*, cuando le falta uno de estos dos requisitos.

6. Un polígono ABCD (fig. 55) se dice *inscrito* á un círculo, cuando todos sus lados son cuerdas del círculo, y recíprocamente el círculo se dice en este caso circunscrito al polígono.



Un polígono A′B′C′D′ se dice *circunscrito* á un círculo, cuando todos sus lados son tangentes al círculo, y recíprocamente el círculo se dice inscrito al polígono.

§. II. *Del triángulo y de sus diferentes especies.*

1. Condicion fundamental del triángulo.–2. De cuántos modos se puede considerar un triángulo?–3. Qué es triángulo acutángulo, obtusángulo, rectángulo?–4. Qué es triángulo escaleno, isóceles, equilateral?.5. Qué se entiende por altura y base del triángulo?

Teoremas relativos al triángulo.—Demostrar que:

6. La suma de los tres ángulos de un triángulo, es igual á dos rectos, ó á 180 grados.
7. A qué es igual el ángulo externo de un triángulo? Cuál es el valor de los ángulos agudos de un triángulo rectángulo? Triángulos simétricos; aplicaciones en las artes.

1 Siendo la recta la línea mas corta que de un punto á otro podemos tirar, *cualquiera de los lados de un triángulo será menor que la suma de los otros dos.*

2. De dos modos podemos considerar el triángulo: 1.° segun la relacion del valor de sus ángulos; 2.° segun la magnitud relativa de sus lados.

3. Un triángulo se dice *acutángulo*, *obtusángulo*, *rectángulo*, segun que el mayor de sus ángulos sea agudo, obtuso, ó recto.

UNIVERSIDAD DE HUELVA 2010

En un triángulo rectángulo ABC (fig. 56) el lado AC opuesto al ángulo recto, se llama *hipotenusa*, y los lados que forman el ángulo recto, reciben el nombre de *catetos*.

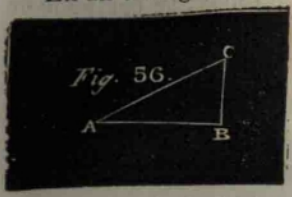


Fig. 56.

4. Llámase *escaleno* el triángulo en el que los tres lados, comparados dos á dos, son desiguales; p. ej. A''B'' C'' (fig. 57).

Isósceles ó simétrico, es aquel que tiene dos lados iguales, como el A'E'C' (fig. 57).

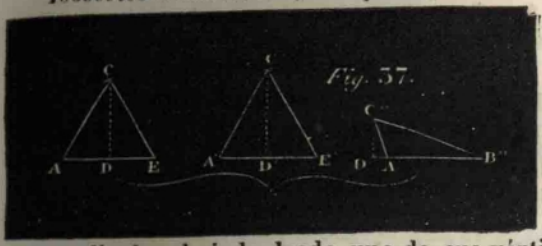


Fig. 57.

Dícese *equilateral*, el triángulo que tiene iguales sus tres lados, tales el AEC, (fig. 57).

5. Entendemos por *altura* de un triángulo la perpendicular bajada desde uno de sus vértices al lado opuesto que se prolongará si es necesario; tales son CD, C'D', C''D'' (fig. 57).

Se llama *base* del triángulo el lado opuesto al vértice, de donde se baja la perpendicular. En el triángulo isóceles se llama *base* el lado desigual, y *lados* de este triángulo los dos lados iguales.

Teoremas relativos á los triángulos. Demostrar que:

6. *La suma de los tres ángulos de un triángulo cualquiera* ABC (fig. 59.) *es igual á dos ángulos rectos.*

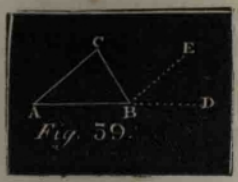


Fig. 59.

Para demostrar este teorema, prolongaremos uno de los lados AB, p. ej., formando el ángulo exterior CBD; en este ángulo tiraremos la recta BE paralela á AC cuya construccion nos dará:

CBE=BCA por alternos internos, y DBE=CAD por correspondientes; de donde ABC+BCA+CAB=ABC+CBE+EBD=2 rectos.

Corolario 1.º El ángulo exterior CBD de un triángulo ABC es igual á la suma de los dos ángulos interiores no adyacentes DAC y ACB.

Corolario 2.º Los dos ángulos agudos A, C, de un triángulo rectángulo ABC (fig. 56) valen 90 grados ó un ángulo recto.

7. *Cuando los dos lados* AE,BE *de un triángulo* ABE (fig. 60) *son iguales, los ángulos opuestos son tambien iguales; ó en otros términos, en un triángulo á lados iguales se oponen ángulos iguales.*



Fig. 60

Demostracion. Sobre el punto medio C del tercer lado AB, levantaremos una perpendicular. Como los dos

UNIVERSIDAD DE HUELVA 2010

lados AE, BE, son iguales, la perpendicular pasará por el vértice E, formando dos triángulos CEB, CEA, los cuales se confundirán exactamente, si doblamos la figura por la perpendicular CE, ajustándose en esta sobreposicion el lado BC con el AC, y el EB con el EA, y en consecuencia el ángulo B con el ángulo A: de donde resulta la igualdad de los dos ángulos A y B, opuestos á los lados iguales EB, EA.

Por la misma razon en un *triángulo, á iguales ángulos se oponen lados iguales.*

En esta sopreposicion los ángulos BEC, AEC se han confundido tambien, de donde se infiere legítimamente que:

En un triángulo isósceles la línea bajada desde su vértice á la base sobre su mitad, es una perpendicular; que esta perpendicular divide á la base en dos partes iguales, asi como divide tambien el ángulo del vértice en dos angulos iguales; y finalmente que divide el triángulo primitivo en dos triángulos rectángulos que se confunden exactamente, sobreponiéndolos inversamente ó al reves.

Las figuras que de este modo se confunden, se llaman *simétricas;* y he aqui la razon, porque el triángulo isósceles se llama tambien simétrico.

En las artes se nos ofrecen ejemplos muy notables de las figuras simétricas. El grabado, la imprenta, la litografía etc., tienen por objeto formar en una lámina de madera, metal, piedra etc., figuras, cuya impresion ha de trasladarse sobre otras superficies. Es necesario observar que la figura impresa está al reves respecto de la que hay en la lámina; porque la derecha se imprime á la izquierda, y la izquierda á la derecha. Sobre la lámina pues, se debe escribir al reves, si se quiere que lo escrito se reproduzca en su sentido natural. Esta es la razon, porque los caractéres de imprenta están grabados al reves, y colocados unos despues de otros de derecha á izquierda, á fin de que en el papel estén en su forma natural, y se sigan de izquierda á derecha.

§ III. *Comparacion de los triángulos.*

1. Cuántos casos presenta la comparacion de los triángulos?—2. Dos triángulos son iguales: 1.° cuando tienen sus tres lados respectivamente iguales; 2.° cuando tienen igual un ángulo y los lados de este ángulo; 3.° cuando tienen un lado igual, adyacente á dos ángulos respectivamente iguales: corolario respecto del triángulo rectángulo.—3. Dos triángulos rectángulos que tienen iguales las hipotenusas y uno de los catetos, son iguales.—4. Construir el triángulo, conociendo sus tres lados.—5. Formar el triángulo: 1.° conociendo dos lados y el ángulo de estos lados; 2.° dos ángulos y el lado adyacente.—6. Construir un triángulo isósceles, cuando se conocen: 1.° la base y la altura; 2.° la altura y la longitud de los lados iguales; 3.° la base y la longitud de los lados.

1. La comparacion de los triángulos puede presentar tres casos di-

UNIVERSIDAD DE HUELVA 2010

ferentes; de igualdad, de semejanza y de equivalencia. Nos concretaremos por ahora á la igualdad.

Teoremas relativos á la igualdad de los triángulos.

2. 1.° *Dos triángulos* ABC, A'B'C' *son iguales, cuando tienen sus tres lados respectivamente iguales, á saber*: AB=A'B', AC=A'C', BC=B'C' (fig. 68).

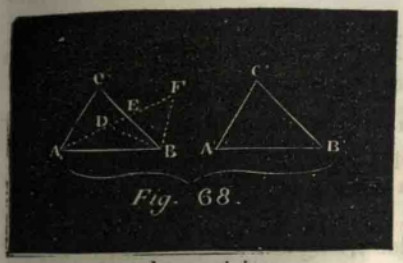


Fig. 68.

Demostracion. Aplicando el lado A'B' sobre su igual AB, y el triángulo A'B'C' sobre el plano ABC, de modo que sus lados iguales se correspondan; los dos triángulos coincidirán exactamente en esta sobreposicion.

Supongamos por un momento que esto no tuviera lugar; el punto C'. p. ej., ó caería dentro del triángulo ABC en el punto D, ó sobre el lado BC, en E, ó por fin fuera del triángulo en el punto F.

En el primer caso resultaria un absurdo, á saber que:

AD+BD$<$AC+CB, ó A'C'+C'B'$<$AC+CB: como vamos á manifestar del modo siguiente:

AD+DE$<$AC+CE, por ser la primera suma el lado AE, menor que la suma de los otros dos;

por la misma razon, BD$<$EB+DE;

sumando entre sí ordenadamente estas dos desigualdades, tendremos:

$$AD+DE+BD<AC+CE+EB+DE:$$

y quitada la parte DE de los dos miembros:

$$AD+BD<AC+CE+EB;$$

ó finalmente AD+BD$<$AC+CB; resultado contrario á la suposicion que hemos hecho.

En el segundo resultará el mismo inconveniente:

$$BE<BC, \text{ ó } B'C'<BC.$$

En el tercer caso tendremos que:

$$AC<CE+AE;$$
$$BF<BE+FE;$$

y sumando $AC+BF<CE+AE+BE+FE,$

ó $AC+BF<AF+BC$

ó lo que es lo mismo, $AC+B'C'<A'C'+BC;$

Resultado igualmente absurdo. Asi pues, el punto C' caerá sobre el punto C, y por consiguiente los triángulos se confundirán. L. Q. Q. D.

2.° *Dos triángulos son iguales, cuando tienen igual un ángulo* A=A', *comprendido entre dos lados respectivamente iguales* (fig. 68)

UNIVERSIDAD DE HUELVA 2010

La sobreposicion nos dará la igualdad de estos triángulos.

Colocaremos el lado A'B' sobre su igual AB y el triángulo A'B'C' sobre el plano ABC, de modo que se correspondan los lados y los ángulos iguales; siendo el ángulo A' igual al ángulo A, el lado A'C' tomará la direccion AC; y como A'C'=AC, el punto C' caerá sobre el punto C: luego los dos triángulos coincidirán perfectamente.

3.° *Dos triángulos son iguales, cuando tienen un lado igual,* AB=A'B' *adyacente á dos ángulos respectivamente iguales* (fig. 68.)

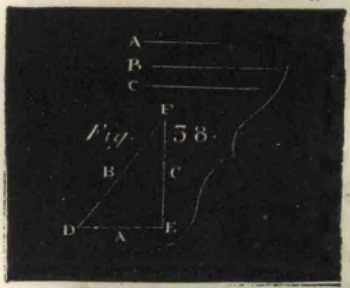
Sobrepondremos el lado A'B' á su igual AB, y el triángulo A'B'C' al plano ABC, de suerte que se correspondan los ángulos iguales: como A'=A, el lado A'C' tomará la direccion AC; y como B'=B, el B'C' tomará la direccion BC. Hallándose pues á la vez el punto C' sobre AC y sobre BC coincidirá con el punto C, y los dos triángulos se confundirán exactamente.

Corolario. *Dos triángulos rectángulos serán iguales, si tienen iguales las hipotenusas y un angulo agudo.*

3. *Dos triángulos rectángulos que tienen iguales las hipotenusas y uno de los catetos, son tambien iguales.*

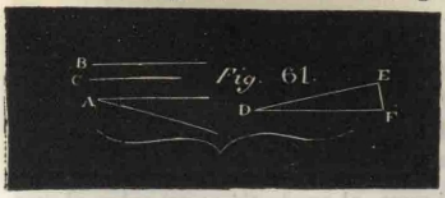
Por medio de la sobreposicion puede cualquiera convencerse de la igualdad de estos triángulos.

4. *Construir el triángulo, dados sus tres lados* A,B,C, (fig. 58.)



Trazaremos una recta DE igual al lado A, desde el punto D con un radio B describiremos un arco, y desde el punto E con el radio C trazaremos un segundo arco que corte al primero en F; finalmente desde F tiraremos las rectas FD, FE y tendremos un triángulo DEF, cuyos lados serán las rectas dadas.

5. *Construir un triángulo conociendo:* 1.° *dos lados* B,C, *y el ángulo* A que forman estos lados (fig 61); 2.° los dos ángulos A, B, y el lado C *adyacente á estos ángulos* (fig. 62).



1.° Formaremos un ángulo D igual al ángulo A, dando á sus lados las longitudes B,C; tírese la recta EF; el triángulo DEF será el triángulo pedido.

UNIVERSIDAD DE HUELVA 2010

2.° Trácese una recta igual á la recta dada C; sobre A E se formará en el punto E un ángulo igual á B, igualmente sobre el extremo A otro ángulo igual á A. Los otros dos lados, cortándose en el punto F, completarán el triángulo AEF, que satisface á las condiciones pedidas.

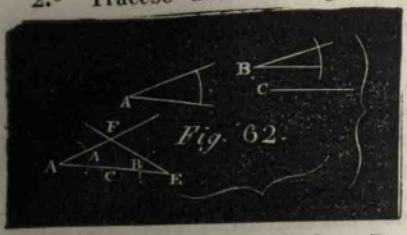


Fig. 62.

6. *Trazar un triángulo isóceles, cuando se conocen*: 1.° *la base* B *y la altura* H (fig. 63); 2.° *la altura* H *y la longitud* L *de los lados iguales* (fig. 64); 3.° *la base* B *y la longitud* L *de los lados iguales.*

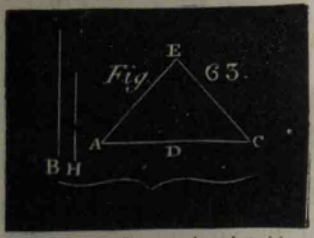


Fig. 63.

1.° Trácese una recta, igual á la base B; sobre la AC se levantará en su mitad una perpendicular igual á la altura H; finalmente uniremos el punto E con los puntos A y C; de este modo habremos formado el triángulo isósceles AEC.

2.° Sobre el medio de una recta AB levantaremos una perpendicular CD, igual á la altura H; desde el punto D con la longitud L, describiremos un arco que corte á la recta AB en dos puntos E, F; uniremos por fin el punto D con los puntos E, F, y resultará el triángulo isóceles E D F.

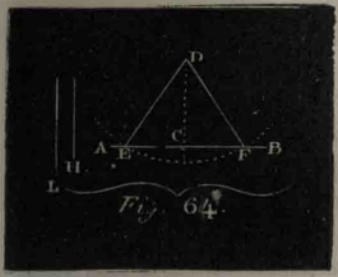


Fig. 64.

3.° Este caso nos presenta los tres lados conocidos; su resolucion pues, será la misma que la del núm. 4.

7. *Construir un triángulo rectángulo, dada la hipotenusa* A *y un cateto* B (fig. 66).

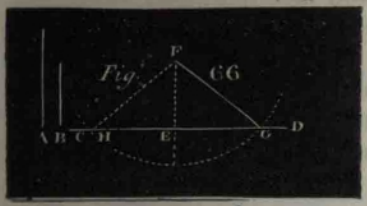


Fig. 66.

Sobre una recta cualquiera CD levantaremos una perpendicular EF, igual en longitud al cateto dado: desde el punto F con un radio igual á la hipotenusa A, trazaremos un arco que cortará á la recta CD en dos puntos G, H; uniendo estos puntos con el F, habremos formado los dos triángulos FEG, FEH.

UNIVERSIDAD DE HUELVA 2010

§. IV. *De los cuadriláteros.*

1. Qué es cuadrilatero, trapezoide y trapecio?—2. Qué es paralelógramo? Qué es romboide, rombo, rectangulo y cuadrado?—3. Valor de los ángulos de un cuadilatero.—4. La diagonal divide el paralelogramo en dos triángulos iguales.—5. Construir un trapecio simétrico, conocida la base mayor, la altura y la longitud de los lados no paralelos.—6. Construir un romboide, conocida la base, la altura y uno de los lados que cortan á la base.—7. Trazar un rombo, conociendo un lado y una diagonal.—8. Formar un rectángulo, dada la base y la altura.—9. Construir un cuadrilátero igual á otro dado.

1. Se llama *cuadrilátero* un polígono de cuatro lados. Entre los cuadriláteros hay unos que son *paralelógramos*, y otros que no lo son. Entre estos últimos se cuentan el *trapezoide* y el *trapecio*.

El *trapezoide* que es el mas irregular de todos, no tiene lados paralelos entre sí.

El *trapecio* es un cuadrilátero que tiene dos lados paralelos; tal es el ABCD (fig. 75), en el que DC y AB son paralelos. Los dos lados paralelos se llaman *bases* del trapecio; y la perpendicular EF, comun á las dos bases, es la *altura* del trapecio.

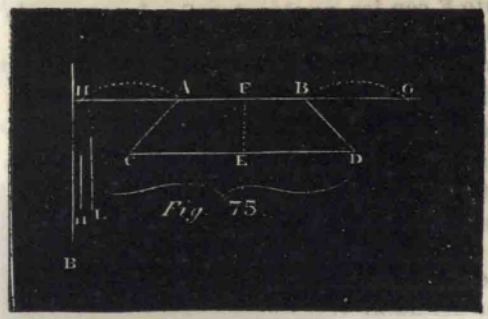


Fig. 75.

Llámase *simétrico* aquel trapecio que tiene iguales los dos lados no paralelos, AC, BD.

2. Llámanse *paralelógramos* los cuadriláteros que tienen los lados opuestos paralelos dos á dos; como el ABCD (fig. 76).

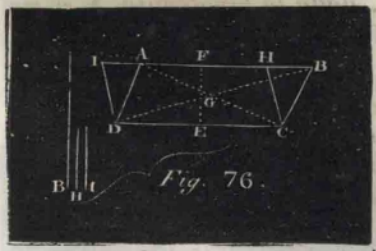


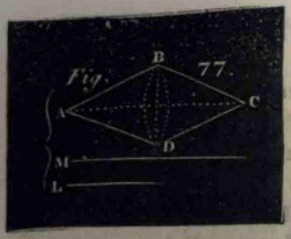
Fig. 76.

Dos lados opuestos cualesquiera del paralelógramo ABCD, se dicen *bases*, y su perpendicular comun, EF, es la *altura* del paralelógramo.

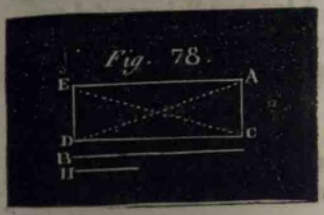
Entre los paralelógramos se cuentan el *romboide*, el *rombo*, el *rectángulo* y el *cuadrado*.

El *romboide* es un paralelógramo que tiene desiguales los lados consecutivos, y los ángulos adyacentes á un lado; tal es ABCD (fig. 76).

UNIVERSIDAD DE HUELVA 2010



El *rombo* se diferencia del anterior, en que tiene iguales todos sus lados; como ABCD (fig. 77).



El *rectángulo* tiene los lados consecutivos desiguales, pero iguales todos sus ángulos; tal el ACDE (fig. 78).



El *cuadrado* tiene iguales sus ángulos y sus lados; como ABCD (fig. 79).

3. *La suma de los ángulos de un cuadrilatero, es igual á 4 rectos.*

Para convencernos de esta verdad tirarémos en el cuadrilátero una diagonal; y de este modo quedará dividido en dos triángulos; pero la suma de los ángulos de estos triángulos, identica á la suma de los ángulos del cuadrilátero, es igual á 4 rectos: luego, etc.

4. *La diagonal divide al paralelógramo en dos triángulos iguales.*

Esta igualdad se conocerá tan pronto como reparemos en que los triángulos tienen iguales respectivamente sus ángulos y sus lados.

5. *Construir un trapecio simétrico, conocidas la base mayor B la altura H, y la longitud L de los lados no paralelos,* (fig. 76).

Trazaremos una recta CD, igual á la base B; levantarémos sobre esta recta una perpendicular EF, igual á la altura H; por el punto F tirarémos una paralela á CD; desde los puntos C, y D, con un rádio igual á L, describiremos dos arcos, cada uno de los cuales cortará en dos puntos á esta paralela; uniendo ahora á los extremos de la base CD las intersecciones A, H, mas próximas al punto F, tendrémos formado el trapecio simétrico AHCD.

UNIVERSIDAD DE HUELVA 2010

6. *Construir un romboide conociendo la base B, la altura H y la longitud* L *de los lados que encuentran á la base* (fig. 76).

Trazarémos una recta CD, igual á la base B; en un punto cualquiera E levantarémos una perpendicular EF igual á la H. Por el punto F tiraremos una paralela á CD; trazaremos despues desde los puntos C, D, con un rádio L, dos arcos, cada uno de los cuales cortará á la paralela en dos puntos; finalmente uniendo á los C, D, las intersecciones A,B, ó H, I, tendrémos los dos paralelogramos ABCD, CDIH que satisfarán á las condiciones del problema.

7. *Trazar un rombo conociendo un lado L y una diagonal M,* (fig. 77).

Tiraremos una recta AC igual á M; desde los puntos A, C, con un rádio L, trazarémos dos arcos que se cortarán en dos puntos B, D; dirigiendo ahora los cuatro rádios, determinados por las intersecciones, nos resultará el rombo ABCD.

Esta figura tiene muchas aplicaciones en las artes, los dibujos de las telas, la ebanisteria etc. nos ofrece este ejemplo á cada paso.

8. *Formar un rectángulo dada la base B y la altura H,* (fig. 78).

Trazaremos una recta CD, igual á la base B; en el punto C ó en el D, levantaremos una perpendicular DE igual á H; por el punto E tirarémos una paralela á CD. y por C otra paralela á DE, la interseccion A de las paralelas determinará el rectángulo ACDE.

Son muy numerosas las aplicaciones del rectángulo: el sítio de un edificio es ordinariamente rectangular; en la agrimensura ocurre con frecuencia medir ó construir rectángulos.

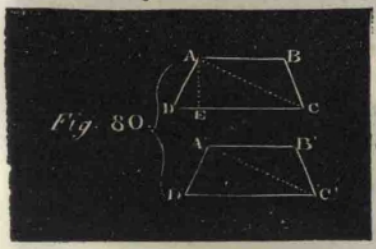


Fig. 80.

9. *Construir un cuadilátero igual á otro dado* ABCD (fig. 80).

Para esta construccion no hay mas que tirar la diagonal AC, y formar sobre una recta A′ C′=AC, dos triángulos A′B′C′, A′C′D′. respectivamente iguales á los triángulos ABC, ACD.

UNIVERSIDAD DE HUELVA 2010

§. V. *De los polígonos de cualquier número de lados.—De los polígonos regulares inscritos y circunscritos.*

1. La suma de los ángulos de un polígono vale tantas veces dos rectos como lados tiene menos dos; determinar el valor de cada uno de los ángulos en el polígono regular.—2. La suma de los ángulos exteriores de un polígono, vale 4 rectos.—3. Que entendemos por centro del polígono regular? Qué es rádio, apotema y ángulo del centro?—4. Cómo se determina el ángulo del centro?—5. Todo polígono regular se puede inscribir y circunscribir al círculo.—6. Inscribir un polígono regular de cualquier número de lados.—7. Dado un polígono regular inscrito, inscribir otro de doble número de lados.—8. Dado un polígono regular inscrito, circunscribir otro de igual número de lados.—9. El lado del hexágono regular es igual á su rádio.—10 Inscribir el hexágono regular; la circunferencia vale mas de tres diámetros; inscribir el triángulo equilátero.—11. Inscribir un cuadrado.—12. Dado un cuadrado inscrito circunscribir otro: la circunferencia vale menos de cuatro diámetros.—13. Determinar la relacion de la circunferencia con el diámetro: relacion hallada por Arquimedes: relacion de Mecio.

1. ***La suma de los angulos de un polígono cualquiera*** **ABCDE (fig. 67)*. vale tantas veces dos rectos, como lados tiene el polígono menos dos.***

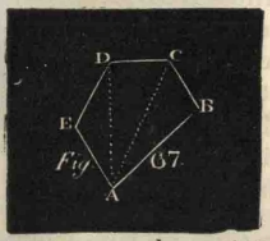


Fig. 67.

Para convencernos de esta verdad, desde un mismo vértice A, dirigirémos diagonales á los demas vértices; estas diagonales dividirán el polígono en tantos triángulos, como lados tiene menos dos; luego la suma de los ángulos de estos triángulos será tantas veces dos rectos como lados tiene el polígono menos dos; pero esta suma es idéntica á la de los ángulos del polígono; luego etc.

Si se nos pide, p. ej., el valor de los ángulos de un polígono de 20 lados, quedará determinado de este modo: valor: $=(20-2)\times 2$ rectos $=20\times 2$ rectos -2×2 rectos $=40$ rectos -4 rectos. Cuyo resultado nos dice que para determinar el valor de los ángulos de un polígono, duplicarémos el número de sus lados, de este producto restarémos 4 rectos; y la diferencia que resulte, expresará el número de ángulos rectos, que valen los del polígono.

Corolario. El teorema precedente nos conduce á la determinacion de cada uno de los ángulos en el polígono regular. Este polígono, como ya sabemos, tiene todos sus ángulos iguales; de consiguiente dividiendo el valor de todos sus ángulos por su número, obtendrémos el valor de cada uno; pero el número de ángulos es igual al de los lados; podemos pues dividir por el número de lados. Si queremos, p. ej., hallar el ángulo del decágono regular dirémos: ángulo $=\frac{20R-4R}{10}=\frac{16R}{10}=1{,}6$ de R, $=144.^{\circ}$

UNIVERSIDAD DE HUELVA 2010

2. *Si prolongamos los lados del polígono* **ABCDE**, *la suma de los ángulos exteriores que resultan, es igual á 4 rectos.* (fig. X).

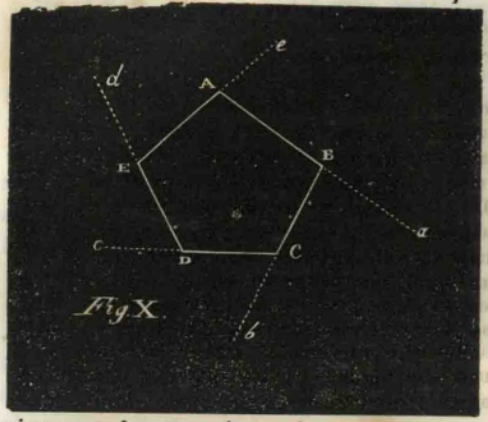


Fig X

En efecto, eAB+BAE=2R
aBC+CBA=2R
bCD+DCB=2R
. . . . . ;

Donde vemos claramente que la suma de los ángulos interiores y exteriores del polígono vale tantas veces dos rectos, como lados tiene el polígono. Asi pues, la suma total excede á la de los ángulos interiores en 4 rectos; luego la suma de los exteriores será igual á 4 rectos.

3. Llámase *centro* de un polígono regular inscrito **ABCDE** (fig. 84), el centro mismo O del círculo.

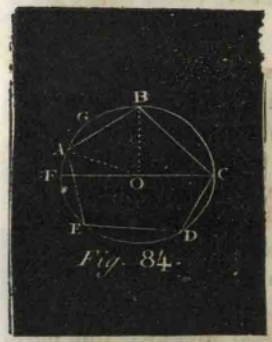


Fig. 84.

Entendemos por *rádio* del polígono regular el rádio del círculo circunscrito; y se dice *apotema* la distancia del centro á cualquiera de los lados, ó sea el rádio del círculo inscrito. De donde se infiere que en el polígono regular son iguales sus rádios y sus apotemas.

Se llama *ángulo del centro* el ángulo **AOB**, formado por dos rádios **AO, OB**, dirigidos á dos vertices contiguos.

4. Si consideramos que todos los triángulos formados por los rádios y lados del polígono, son iguales, como lo manifiesta la igualdad respectiva de los lados de este triángulo, conocerémos que todos los ángulos del centro son iguales entre sí. Luego para determinar el ángulo del centro, dividirémos por el número de lados del polígono los 4 rectos ó 360.°, valor de todos los angulos que al rededor de un punto se pueden formar.

Si queremos p. ej. hallar el ángulo del centro en el pentágono regular procederémos del modo siguiente: ángulo del centro $=\frac{360.°}{5}=72.°$: este ángulo pues, tendrá por medida el arco **AGB**, que será la quinta parte de la circunferencia.

5. *Todo polígono regular se puede inscribir y circunscribir al círculo.*

UNIVERSIDAD DE HUELVA 2010

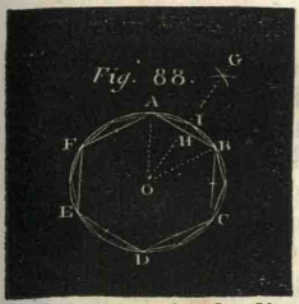
1.° Porque en el polígono regular son iguales los rádios; luego si con el radio del polígono trazamos una circunferencia, esta circunferencia pasará por todos los vértices del polígono.

2.° Los apotemas son iguales; luego si con el apotema describimos una circunferencia, esta será tangente á todos los lados del polígono regular.

6. *Inscribir un polígono regular de cualquier número de lados.*

Fórmese el ángulo del centro; descríbase la cuerda de su arco; esta cuerda será el lado del polígono que nos proponemos inscribir.

7. *Dado un polígono regular inscrito, inscribir otro de doble número de lados* (fig. 88).



Divídase el arco correspondiente tal como el AIB, en dos arcos iguales AI, IB; desde el punto I tírense las cuerdas IA, IB; cada una de estas cuerdas será el lado del polígono pedido.

8. *Dado un polígono regular inscrito, circunscribir otro de igual número de lados,*

Por todos los vértices del polígono inscrito tirarémos tangentes á la circunferencia; estas tangentes determinarán el polígono que queremos circunscribir.

9. *El lado del hexágono regular es igual á su rádio* (fig. 88).

Formarémos el triángulo AOB, el cual no puede menos de ser equiángular, como resulta de las consideraciones siguientes. El ángulo del centro $AOB = \frac{4}{6}$ de recto $= \frac{2}{3} = 60.°$; luego la suma de los otros dos ángulos A y B valdrá 120.°; pero estos dos ángulos son iguales, por ser iguales los lados AO, BO; luego cada uno de estos ángulos valdrá la mitad de 120.°, ó sea 60.° Asi pues, este triángulo es equiangular y por consiguiente equilátero. Luego AB=AO=BO.

10. *Inscribir el hexágono regular* (fig. 88).

Tómese el rádio OA, y desde el punto A lo colocarémos seis veces sobre la circunferencia; uniendo los seis puntos asi determinados, obtendrémos el hexágono regular ABCDEF, cuyo perimetro, por consiguiente, sera igual á seis rádios ó tres diámetros del círculo circunscrito.

1.° **Corolario.** De donde se infiere que, siendo la circunferencia mayor que el polígono inscrito *toda circunferencia será mayor que tres diámetros.*

2.° Para inscribir un triángulo equilateral podemos hacer la construccion siguiente.

UNIVERSIDAD DE HUELVA 2010

Trácese el diámetro AB (fig. 85), y desde el punto B, con una abertura de compas igual al rádio, describase un arco que corte la circunferencia en los puntos C, D; la línea DC será el lado del triángulo equilátero que nos proponemos inscribir.

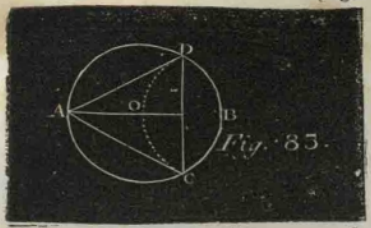


Fig. 85.

11. *Inscribir un cuadrado.*

Tirénse los diámetros AB, CD perpendiculares entre sí; despues, por medio de las rectas DB, DA, CB, CA, unanse los cuatro puntos A, C, B, D; quedará de este modo inscrito el cuadrado pedido.

12. *Dado un cuadrado inscrito circunscribir otro cuadrado.*

Sea el cuadrado ACBD (fi. 86): desde los puntos B y D, con un rádio cualquiera, mayor que la mitad de BD, trazarémos dos arcos que se corten en F; uniendo este punto con el centro O, la línea FO determinará el punto G; hágase lo mismo con los demas puntos tomados dos á dos; tirando ahora cuatro tangentes á la circunfencia por los puntos determinados de este modo, tendrémos el cuadrado circunscrito PERS.

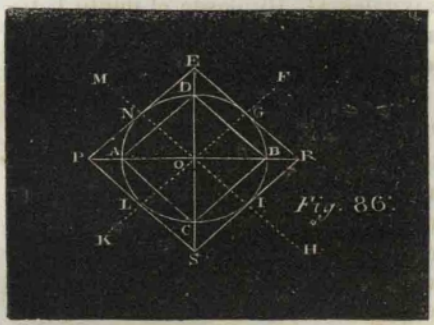


Fig. 86.

A primera vista se percibe que el perímetro de este cuadrado es igual á cuatro diámetros.

De aqui resulta que, siendo el polígono circunscrito mayor que la circunferencia inscrita, *el valor de esta no llegará á cuatro diámetros.*

13. *La determinacion del perímetro del círculo consiste en hallar una línea recta, igual en longitud á la circunferencia, para compararla con el rádio ó con el diámetro.*

Para resolver este problema no tenemos otros medios que los de aproximacion; aproximacion que podemos llevar hasta tal punto que equivalga á la exactitud.

Supongamos, inscrito uno, y circunscrito otro, dos polígonos regulares de un número indefinido de lados, p. ej. de 32768 lados, no cometerémos un error muy grande, si tomamos uno de estos polígonos por el círculo. En este caso el perímetro se habrá convertido en la circunferencia, y el apotegma en el rádio.

El polígono de 32768 lados inscrito á un círculo cuyo rádio es un pié, tiene un perímetro representado por 6,2831852. La relacion de este número con el diámetro que vale dos rádios, será 3,1415926. Asi pues, la relacion aproximada de la circunferencia al diámetro está expresada por el número

UNIVERSIDAD DE HUELVA 2010

3,1415926, número que no difiere del verdadero en una diezmillonésima; es decir que la circunferencia contiene la diezmillonésima parte del diámetro, mas de 31415926, veces y menos de 31415927 veces.

Esta relacion se designa generalmente en los tratados de Geometría con la letra π del alfabeto griego.

Como la relacion de la circunferencia con el diámetro es de un uso tan frecuente, en lugar del número 3,1415926, poco accesible á la memoria, se suele tomar la razon menos exacta, pero mas sencilla, 22:7. Este número, convertido en decimales, produce la fraccion 3,142 etc. y conviene con el anterior 3,1415 etc. hasta centésimas inclusive. Bastará, pues, en los casos ordinarios tomar para circunferencia de una figura circular 3 veces el diámetro mas un $\frac{1}{7}$. El descubrimiento de esta relacion se debe á Arquímedes.

La relacion encontrada por Mecio es mas aproximada que la de Arquímedes, y al mismo tiempo muy facil de conservar en la memoria. Esta razon está expresada por el número $\frac{355}{113}$ que muy pronto reproduciremos, si retenemos en la memoria el número 113355, que resulta del conjunto de las cifras del denominador y del numerador.

§. VI. *De las líneas proporcionales y de los polígonos semejantes.*

1. Razon de dos líneas.—2. Medida comun de dos líneas, y como se determina su relacion.—3. Qué son líneas comensurables é incomensurables.—4. Cuándo se dicen proporcionales cuatro líneas?—5. Qué son triángulos semejantes? Qué son polígonos semejantes?—Qué son líneas homólogas?—6. Si dos rectas son cortadas por paralelas, y los segmentos de la una son iguales entre si, tambien lo son los de la otra.—7. Si dos rectas concurrentes en un punto son cortadas por dos paralelas, los segmentos de la una so proporcionales á los de la otra.—8. Si en un triángulo tiramos una recta paralela á uno de sus lados, resulta un otro triángulo semejante al primero.—9. Dos triángulos semejantes son equiangulares, y recíprocamente.—10. Dos triángulos que tienen un ángulo igual, comprendido entre lados proporcionales, son semejantes.—11. Dos triángulos que tienen sus lados respectivamente perpendiculares ó paralelos, son semejantes.—12. Dos polígonos son semejantes cuando tienen sus lados proporcionales y sus ángulos respectivamente iguales: dos polígonos regulares del mismo número de lados son semejantes.—13. Propiedades del triángulo rectángulo.—14. En un triángulo rectángulo, el cuadrado de la hipotenusa es igual á la suma de los cuadrados de los catetos.—15. Dividir una recta en partes iguales.—16. Hallar una media proporcional entre dos rectas dadas—17. Construir un triángulo semejante á otro dado, y por consecuencia un polígono semejante á otro.

1. Cuando comparamos entre si dos líneas ó dos números el resultado de esta comparacion se llama *razon*.

2. Entendemos por *medida comun* de dos líneas, una tercera línea contenida exactamente en las dos primeras.

UNIVERSIDAD DE HUELVA 2010

Para hallar la razon de dos lineas AB, CD (fig. 51) se coloca la mas pequeña CD sobre la mayor AB, tantas veces como puede ser contenida; si cabe un número exacto de veces, la razon entre las dos líneas tendrá por expresion un número entero, y la operacion quedará terminada.

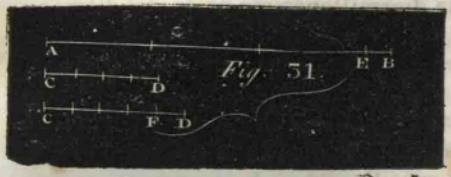


Fig. 51.

Pero supongamos que la línea AB contiene tres veces á la CD, quedando el residuo EB; sobrepondrémos este resíduo EB à la CD, y si cabe p. ej. exactamente 4 veces, la línea AB igual á tres veces la línea CD, mas el resíduo EB, contendrá 13 veces la EB; de donde resulta que la razon de CD á AB será $\frac{4}{13}$, pudiendo formar la siguiente proporcion: AB:CD::13:4.

La línea EB, que cabe 4 veces en la CD, y 13 en la AB, es la *comun medida* de estas dos líneas.

3. Llámanse *líneas comensurables entre sí* aquellas cuya razon se puede expresar numéricamente, como las líneas AB, CD del ejemplo precedente.

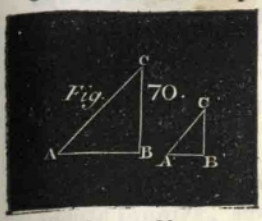
Por el contrario, se llaman *incomensurables* aquellas cuya razon no se puede expresar numéricamente, ó en otros términos, aquellas que no tienen una medida comun. Sin embargo, podemos valuar la relacion de estas lineas hasta tal grado de aproximacion, que equivalga á la exactitud.

En efecto, supongamos la línea AB (fig. 51) dividida en un número cualquiera de partes iguales, y que una de estas partes se coloca sobre la CD tantas veces como sea susceptible: en esta division claro es que nos quedará un resíduo, por ser las líneas incomensurables; pero este resíduo, menor que una de las divisiones de AB, será tanto mas pequeño é inapreciable, cuanto mayor sea el número de partes en que la línea AB haya sido dividida. Si se divide la línea AB en un millon de partes iguales p. ej. y si CD contiene 456546 de estas divisiones, la razon de CD á AB será 0,456546, aproximada hasta menos de una millonésima, es decir que CD contendrá la millonésima parte de AB mas de 456546 veces, y menos de 456547 veces.

4. Cuando la razon de dos líneas A y B es igual á la razon de otras dos líneas C y D, de modo que podamos formar la proporcion A:B::C:D, se dice que las cuatro líneas A,B,C,D, son *proporcionales*.

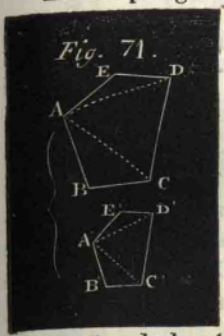
UNIVERSIDAD DE HUELVA 2010

5. Entendemos por triángulos *semejantes*, aquellos que tienen sus lados proporcionales, de modo que podamos decir (fig. 70) AB : A'B' :: BC : B'C' :: CA : C'A'.

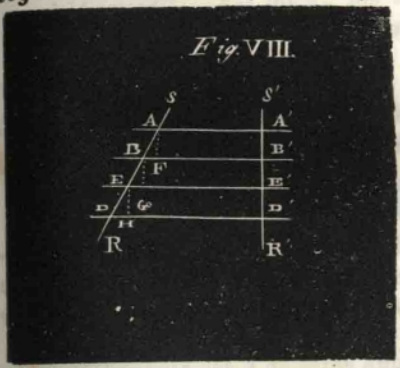


Dos polígonos se dicen *semejantes* siempre que se puedan descomponer en igual número de triángulos respectivamente semejantes y colocados en el mismo órden; como los de la fig. 71.

En los polígonos semejantes se llaman *líneas homólogas* las líneas que unen los *puntos correspondientes* de estos polígonos. Para conocer en los triángulos semejantes cuales son los lados homólogos, tomarémos en consideracion sus ángulos respectivamente iguales, y los lados opuestos á estos ángulos, serán los homólogos.

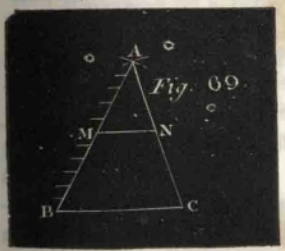


6. *Si tenemos dos rectas cualesquiera* SR, S'R', *cortadas por un número cualquiera de paralelas* AA', BB', CC', DD', *siendo iguales entre sí los segmentos de la una, lo serán tambien entre sí los segmentos de la otra* (fig. VIII).



Para manifestar esta verdad, tirarémos las rectas AF, BG. EH... paralelas á la S'R'. Los triángulos ABF. BEG... serán iguales, porque tienen un lado igual, AB=BE..., adyacente á dos ángulos respectivamente iguales, BAF=EBG..., y ABF=BEG...: de donde AF=BG..., por consiguiente A'B'=B'E'.

7. *Si se nos dan dos rectas* AB, AC, *concurrentes en un punto* A, *cortadas por dos paralelas* MN, BC *los segmentos* AM, MB *de la una son proporcionales á los segmentos* AN, NC *de la otra* (fig. 69.)



Supongamos para esto que la razon entre AM y MB sea $\frac{5}{6}$, es decir que MB se haya dividido en 6 partes iguales, y que AM contenga 5 de estas partes: si por los puntos de division de la AB dirigimos paralelas á la BC, dividirán la AC en partes iguales, segun acabamos de demostrar. AN contendrá 5 de estas partes

UNIVERSIDAD DE HUELVA 2010

y NC 6; la razon pues entre estas dos rectas, será tambien $\frac{5}{6}$, resultando por consiguiente la proporcion:

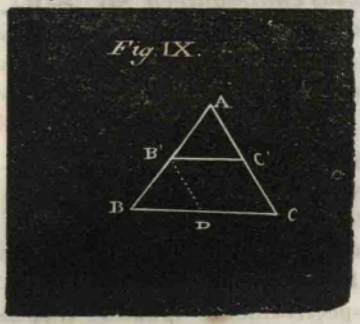
AM:MB::AN:NC. L. Q. Q. D.

Asi mismo, conteniendo la AM 5 de las 11 partes iguales en que AB está dividida, y AN otras 5 de las 11 partes iguales de AC, podemos formar la proporcion:

AM:AB::AN:AC, y por la misma razon
MB:AB::NC:AC, y dividiendo la primera por la segunda.
AM:MB::AN:NC.

Cualquiera puede conocer que tambien es verdadera la recíproca, es decir *que si la linea* MN *divide á las rectas* AB, AC *en partes proporcionales*, la MN *será paralela á la* BC.

8, *Toda recta* B'C' *tirada en el plano de un triángulo* ABC *paralelamente à uno de los lados* BC, *forma un segundo triángulo* AB'C' *semejante al primero*, de suerte que resultará (fig. IX.)



AB:AB'::AC:AC'::BC:B'C'.

En efecto resulta de lo dicho

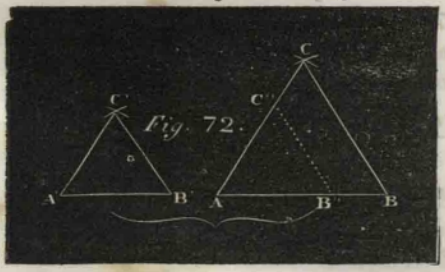
AB:AB'::AC:AC'.

Si ahora dirigimos la B'D paralela á la AC, tendrémos.

AB:AB'::BC:CD, pero CD=B'C';

asi AB:AB'::BC:B'C'; luego etc.

9. *Dos triángulos semejantes* ABC, A'B'C' (fig. 72) *son equiangulares entre sí, y reciprocamente dos triángulos equiangulares entre sí, son semejantes.*



1.° Supongámos AB>A'B'. Tómese sobre AB una longitud AB'', =A'B', y por el punto B'', diríjase la B''C'' paralela á BC; habrémos formado de este modo un triángulo AB''C'' semejante al ABC; pero segun nuestra suposicion el ABC es semejante al A'B'C': luego los dos triángulos AB''C'' y A'B'C' son semejantes entre sí, é iguales al mismo tiempo, porque teniendo el lado AB''=A'B', los otros lados tendrán entre sí la misma relacion de igualdad; asi pues, los triángulos AB''C'' y A'B'C', ademas

UNIVERSIDAD DE HUELVA 2010

de ser semejantes, son tambien iguales. Los triángulos ABC, AB″C″ son equiangulares entre sí; tambien lo serán pues ABC y A′B′C′, y por consiguiente A=A′, B=B′, C=C′.

2.° Siendo ABC y A′B′C′ equiangulares entre sí, AB″C″ y A′B′C′ lo serán tambien. Pero AB″=A′B′; luego AB″C″ y A′B′C′ que tienen gual un lado y todos sus ángulos, serán iguales; asi pues, ABC y A′B′C′ son semejantes.

Corolario 1.° *Dos triángulos que tienen dos ángulos respectivamente iguales, son semejantes.*

2.° *Dos triángulos isósceles son semejantes, cuando tienen iguales los ángulos de la base ó los del vértice.*

3.° *Dos triángulos rectángulos que tienen igual un ángulo agudo, son semejantes.*

10. *Dos triángulos son semejantes, cuando tienen un ángulo igual, A=A′, comprendido entre lados proporcionales, AB: A′B′ :: AC: A′C′ (fig, 72.)*

Para demostrar este teorema, harémos la misma construccion que en el caso anterior. Los triángulos semejantes ABC, AB″C″ nos dan la siguiente proporcion AB: AB″:· AC: AC″. Combinando esta proporcion con la supuesta en el teorema, resulta A′B′: AB″:: A′C′: AC″, y como A′B′=AB″, tambien A′C′=AC″. Asi pues, los triángulos A′B′C′, AB″C″ son iguales por tener iguales dos lados y el ángulo comprendido: luego ABC y A′B′C′ serán semejantes.

11. *Dos triángulos que tienen sus lados respectivamente perpendiculares ó paralelos son semejantes.*

Los triángulos que se hallan en este caso, no pueden menos de tener sus ángulos respectivamente iguales, como vamos á manifestar.

Los ángulos de estos triángulos ó son iguales ó suplementarios, segun demostramos en otra parte; veamos si los 6 ángulos de los dos triángulos, tomados dos á dos, pueden ser suplementarios. Si asi fuese, los ángulos de estos triángulos valdrian 6 rectos; lo cual es imposible. Tampoco pueden ser suplementarios 4 de estos ángulos tomados dos á dos, porque la suma de los 6 pasaria de 4 rectos.

Asi pues, dos ángulos por lo menos de un triángulo son respectivamente iguales á dos del otro. Luego etc.

12. *Dos polígonos son semejantes, cuando tienen sus lados proporcionales y sus ángulos respectivamente iguales*, de suerte que A=A′, B=B′, etc.; y al mismo tiempo A′B: AB′:: BC: B′C... (fig. 71).

La demostracion de este teorema se reduce á descomponer de un modo

UNIVERSIDAD DE HUELVA 2010

cualquiera los dos polígonos en igual número de triángulos, manifestando al mismo tiempo la semejanza de estos triángulos, tomados dos á dos, del modo siguiente.

Los dos triángulos ABC, A'B'C' p. ej. que tienen un ángulo B=B', y proporcionales los lados que lo forman, serán semejantes. De donde resulta que las diagonales AC, A'C, tienen entre sí la misma relacion que los lados homólogos de los polígonos; y que los ángulos ACD, A'C'D son iguales, como diferencias de los ángulos iguales ACB, A'C'B. Luego los triángulos ACD, A'C'D' son tambien semejantes, por tener el ángulo C=C', formado por lados proporcionales.

Lo mismo podemos decir de todos los triángulos formados al rededor del punto A. Luego etc.

Corolario. *Dos polígonos regulares del mismo número de lados son semejantes*; y considerando el círculo como un polígono regular de infinitos lados, estamos autorizados para decir que *todos los círculos son semejantes entre sí.*

13. *Si desde el ángulo recto de un triángulo rectángulo* ABC (figura 73), *bajamos una perpendicular CD sobre la hipotenusa AB:* 1.° *los dos triángulos ADC, CDB son semejantes al triángulo* ABC; 2.° *los otros triángulos* ADC, CDB *son semejantes entre sí;* 3.° *la perpendicular CD es media proporcional entre los dos segmentos AD, BD de la hipotenusa.*

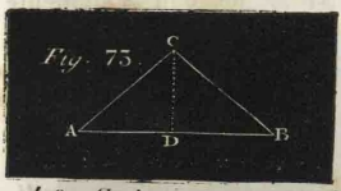


Fig. 73.

4.° *Cada cateto es media proporcional entre la hipotenusa y el segmento correspondiente.*

1.° El ángulo A es comun á los dos triángulos ADC, ABC; ademas, cada uno de ellos tienen un ángulo recto; luego son semejantes: luego el ángulo ACD=CBD.

Lo mismo sucede con los triángulos CDB, y ACB.

2.° Los dos triángulos ADC, CBD tienen cada uno un ángulo recto, y ademas, el ACD del uno igual al CBD del otro; luego son semejantes.

3.° Si comparamos los lados homólogos de los triángulos semejantes ACD, CDB, nos resultará la proporcion AD: CD:: CD: DB; á la línea CD que está contenida en la AD, tantas veces como ella contiene á la DB, la llamamos medio proporcional entre AD y DB; luego etc.

4.° La comparacion de los triángulos semejantes ACB, ADC, nos da la proporcion AD: CA:: CA:: AB.—Del mismo modo la comparacion de los triángulos semejantes CDB y ACB nos darán la proporcion DB: CB:: CB: AB; luego cada cateto es medio proporcional entre la hipotenusa y el segmento correspondiente.

UNIVERSIDAD DE HUELVA 2010

Llámanse *cuestiones numéricas* todas las cuestiones de geometría que se pueden resolver por medio de las reglas de aritmética.

14. *En un triángulo rectángulo* ABC (73), *el cuadrado del valor numérico de la hipotenusa* AB *es igual á la suma de los cuadrados de los valores numéricos de los catetos.*

En efecto, si con las dos últimas proporciones:

AD: CA:: CA: AB, y DB: CB:: CB: AB, formamos el producto de medios igual al de los extremos, resultará:

$CA \times CA$ ó $CA^2 = AD \times AB$, y $CB \times CB$ ó $CB^2 = DB \times AB$.

Sumando estas dos igualdades, tendrémos:

$CA^2 + CB^2 = (AD + DB) \times AB$; pero $AD + DB = AB$; luego $CA^2 + CB^2 = AB \times AB = AB^2$ L. Q. Q. D.

Sea la hipotenusa AB=10 pies, AC=6 pies, y CB=8 pies, resultará 10×10 ó $10^2 = 6^2 + 8^2$, es decir, $100 = 36 + 64$.

15. *Dividir una recta A B en un número cualquiera de partes iguales.* (*fig.* 50).

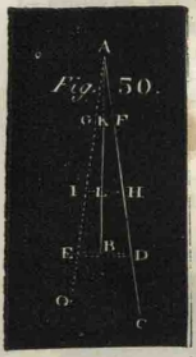


Fig. 50.

Supongamos que se quiere dividir en tres partes.

Tirarémos por una de sus extremidades una recta cualquiera AC, tomando en ella una longitud, tal que la suma AD de tres partes iguales á esta longitud, sea sensiblemente mayor que AB; unirémos el punto D al B; desde el punto A, con un radio AD, trazarémos un arco que corte á la prolongacion de DB en el punto E, y uniendo el punto A con el punto E, tendríamos A E=A D; por consiguiente podrémos colocar exáctamente sobre AC las tres partes de AD. Uniendo ahora los puntos de division F y G, H é I por medio de rectas, estas rectas, que dividen las líneas AD, AE en partes iguales serán paralelas entre sí, y las divisiones AK, KL, LB, formadas por las paralelas, serán iguales.

16. *Hallar una media proporcional entre dos rectas dadas b, c.* (fig. 52).

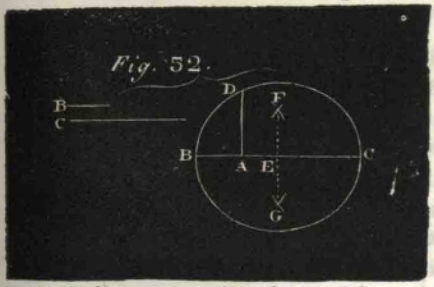


Fig. 52.

Sobre una recta BC colocarémos las dos dadas, b, c, la primera desde B hasta A, y la segunda desde A hasta C; sobre la recta BC, como diámetro, describirémos una semi-circunferencia; levantando sobre el punto A una perperdicular que corte en D á la semi-circunferencia, esta perpendicular será medio proporcional entre las rectas b y c.

UNIVERSIDAD DE HUELVA 2010

17. *Construir un triángulo semejante á otro triángulo dado ABC, sobre una recta A'B', dada como homóloga al lado AB.*

Podemos resolver este problema de muchos modos, haciendo aplicacion de los casos de semejanza entre los triángulos. Una de las construcciones podrá ser la siguiente. Trácense sobre los estremos de la recta A'B' dos ángulos A' y B', respectivamente iguales á los ángulos A y B del triángulo dado; la interseccion de las nuevas rectas que forman los ángulos, determinará un triángulo semejante al dado.

Corolario. Para construir un polígono semejante á otro dado, bastará descomponerlo en triángulos, y trazar sucesivamente un número igual de triángulos semejantes y colocados en el mismo órden.

§. 7. *De las superficies de las figuras planas.*

1. Qué se entiende por área? 2. Qué es medir una superficie, y qué unidad se elije generalmente?—3. Un rectángulo se mide por el producto de su base por su altura.—4. Todo paralelógramo es equivalente á un rectángulo de la misma base y de la misma altura.— 5 Todo triángulo es igual á la mitad de un paralelógramo de la misma base y altura: de donde el área del triángulo tiene por espresion la mitad del producto de su base por su altura.— 6. El área del trapecio es igual á la semi-suma de sus bases, multiplicada por su altura.— 7. Un polígono cualquiera se puede medir descomponiéndolo en triángulos.— 8. El área del polígono regular es igual al perímetro multiplicado por la mitad del apotema.— 9. La superficie del círculo es igual al cuadrado del radio multiplicado por 3,14159.— 10. Problema de la cuadratura del círculo.

1. Llámase *área* la superficie de una figura.

2. Medir una superficie es indagar cuantas veces cabe en ella otra que se toma por unidad.

Generalmente se elige por unidad el cuadrado construido sobre la unidad lineal que podrá ser la pulgada, el pie, la vara, etc.

3. Cualquiera que sea la unidad de superficie que elijamos, un rectángulo la contendrá tantas veces como nos indica el producto de su base por su altura, midiendo esta base y altura con la base y altura de la unidad elegida.

En efecto, supongamos que la unidad sea un pie cuadrado, y que con ella queremos medir el rectángulo A B C D (fig. 83); si el lado del cuadrado cabe 6 veces en la base C D, obtendrémos 6 fajas rectangulares, tirando las paralelas á CD por los puntos de division; y si el mismo lado está contenido 8 veces en la altura AD, quedará dividida cada una de estas fajas en 8 cuadros iguales, por medio de las paralelas á AB dirigidas por las divisiones de AD. Pero es indispensable que para obtener el número total 48 de cuadrados que hay en el rectángulo, basta multiplicar 8, longitud de la altura AD, por 6, longitud de la base CD.

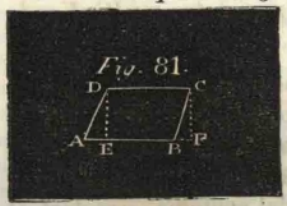
UNIVERSIDAD DE HUELVA 2010

Si se quiere, pues, medir en pies cuadrados la superficie de un rectángulo, ABCD, bastará medir su base y su altura con el pie lineal, y formar el producto de los números que resulten de esta medicion.

Lo mismo sucederá si tomamos por unidad la pulgada, la vara, etc.; de donde podemos deducir la espresion general.

El área de un rectángulo es igual al producto de su base por su altura.

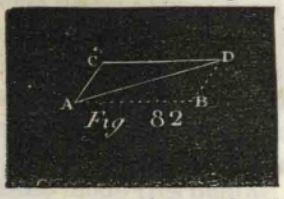
4. *Todo paralelógramo* ABCD *es equivalente á un rectángulo de la misma base y de la misma altura* (fig. 81).



Esta verdad se hará muy perceptible, si bajamos sobre la base AB y sobre su prolongacion las perpendiculares DE, CF; de cuya construccion nos han resultado los dos triángulos iguales DAE, CBF; por tener sus ángulos y sus lados respectivamente iguales. Si á cada uno de los dos triángulos añadimos el trapecio DEBC, tendrémos; el triángulo DAE mas el trapecio DEBC=al triángulo CBF mas el mismo trapecio DEBC; pero el primer triángulo y el trapecio componen el paralelógramo ABCD; el segundo triángulo y el mismo trapecio forman el rectángulo DEFC de la misma base y altura que el paralelógramo; luego etc.

Como en el cuadrado la base y la altura son iguales, estamos autorizados para decir que el área del cuadrado es igual á la segunda potencia de su lado.

5. *Todo triángulo* ADC (fig. 82) *es equivalente á la mitad de un paralelógramo de la misma base y de la misma altura.*



Por los puntos A y D dirigirémos las líneas AB, DB respectivamente paralelas á CD, AC; habrémos formado de este modo el paralelógramo ABCD, dividido por la diagonal AD en dos triángulos iguales ADC, ADB; luego el triángulo ADC es la mitad del paralelógramo ABCD que tiene la misma base y altura.

De donde se infiere *que el área del triángulo es igual á la mitad del producto de su base por su altura.*

6. *El área del trapecio es igual á la semi-suma de sus bases, multiplicada por su altura* (fig. 80).

Descompondrémos para esto el trapecio en dos triángulos, cada uno de los cuales tiene por base uno de los lados paralelos, y por altura, la misma del trapecio. De aqui resultará:

$$ACB=AB\times\frac{1}{2}EA, \text{ y } ACD=DC\times\frac{1}{2}EA, \text{ y sumando:}$$

UNIVERSIDAD DE HUELVA 2010

$ACB+ACD=(AB+DC)\times\frac{1}{2}EA$, ó lo que es lo mismo trapeció $ABDC=$

$$(AB+DC)\times\frac{1}{2}EA.$$

7. Para medir un polígono cualquiera, podemos descomponerlo en triángulos y hallar la superficie de cada uno de estos triángulos; la suma total será igual á la superficie del polígono.

8. *El área del polígono regular es igual al perímetro multiplicado por la mitad del apotema.*

Para demostrar este teorema, descompondrémos el polígono regular en triángulos que tengan un vértice comun en el centro. Todos estos triángulos tienen por altura el apotema del polígono, y por base uno de los lados. El producto, pues, de la suma de los lados por la mitad del apotema, ó lo que es lo mismo, el perímetro multiplicado por la mitad del apotema, nos dará el área del polígono regular.

9. Considerado el círculo como un polígono regular de infinitos lados, cuyo apotema se ha convertido en el rádio, y el perímetro en la circunferencia, podemos decir que:

La superficie del círculo es igual á la circunferencia multiplicada por la mitad del radio.

Luego si llamamos r al rádio, C á la circunferencia, y S á la superficie del círculo, se podrá expresar esta del modo siguiente:

$$S=C+\frac{1}{2}r.$$

Y si en lugar de C sustituimos su valor con respecto al rádio, resultará la expresion:

$$S=2r\times3,14159\times\frac{1}{2}r=\frac{2r^2\times3,14159}{2}=r^2\times3,14159.$$

Luego la superficie del círculo es igual al cuadrado del rádio multiplicado por el número 3,14159.

10. El *problema de la cuadratura del círculo* tiene por objeto hallar un cuadrado que tenga la misma superficie que el círculo. Han sido inútiles hasta el presente todos los esfuerzos que se han hecho para resolver este problema.

UNIVERSIDAD DE HUELVA 2010

SEGUNDA PARTE,—DE LOS PLANOS Y DE LAS LINEAS RECTAS EN EL ESPACIO.

§ I. *De los planos en general.*

1. Por dos puntos, pueden pasar muchos planos; por tres puntos que no están en línea recta, solamente puede pasar un plano: dos líneas que se cortan, determinan la posicion de un plano: dos paralelas están siempre en un mismo plano.—2. Cuándo se dice que una recta y un plano son paralelos? ¿Cuándo dos planos son paralelos entre sí?—3. Cuándo una línea es perpendicular á un plano? ¿Y cuándo oblícua?—4. Qué entendemos por ángulo diedro? ¿Cómo se designa?—5. Qué es ángulo poliedro? ¿Qué entendemos por vértice del ángulo poliedro?—6. Qué es ángulo triedro, tetraedro, pentaedro, etc?—7. Si una recta es perpendicular en el plano á otras dos dirigidas por su pié, lo será á todas las rectas que por el mismo punto se puedan describir en el plano; de donde se infiere que si una recta es perpendicular á otras dos tiradas por su pié, en un plano, lo será tambien á este plano.—8. La perpendicular es la línea mas corta que desde un punto podemos bajar al plano.—9. Si desde un punto bajamos al plano una perpendicular y diferentes oblícuas, resultará: 1.° que las oblícuas equidistantes del pie de la perpendicular serán iguales; 2.° que de dos oblícuas que no disten igualmente del pié de la perpendicular, será mayor la que mas se aparte; de donde se infiere que, si tomamos un punto cualquiera de la perpendicular al plano, puede servir este punto para trazar en el plano una circunferencia cuyo centro será el pié de la perpendicular.

1. Asi como un punto no determina la posicion de una recta, del mismo modo dos puntos tampoco son suficientes para determinar la posicion de un plano; y asi como por un punto pueden pasar infinitas rectas, del mismo modo por una recta pueden atravesar infinitos planos. En efecto, si suponemos que un plano gira al rededor de una línea como eje, las infinitas posiciones que el plano tenga en esta vuelta, serán otros tantos planos que pasarán por aquella recta.

Pero asi como dos puntos determinan la posicion de una recta, del mismo modo tres puntos, que no esten en línea recta, determinan la posicion de un plano; de manera *que por tres puntos no situados en línea recta solamente puede pasar un plano.*

De donde se infiere: 1.° *que dos líneas, que se cortan, determinan exactamente la posicion de un plano*; 2.° *que dos paralelas estan siempre en un mismo plano*, como resulta de su misma definicion.

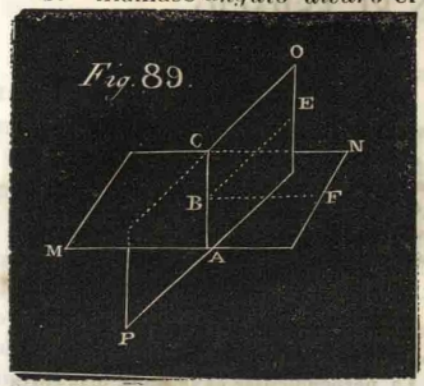
2. Una recta y un plano se dice que son *paralelos entre sí* cuando, prolongados indefinidamente, no se pueden encontrar; del mismo modo, dos planos son *paralelos* cuando en su prolongacion indefinida no se encuentran.

3. Llámase *perpendicular* á un plano aquella recta que lo sea á todas las que en el plano pasan por su pie; por el contrario, dícese *obli-*

UNIVERSIDAD DE HUELVA 2010

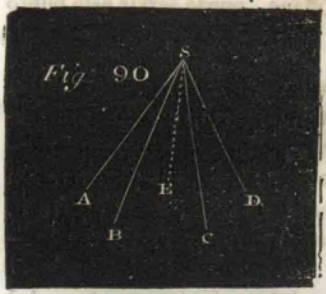
cua aquella que no sea perpendicular á todas las que situadas en el plano pasen por su pié.

4. Llámase *ángulo diedro* el espacio ilimitado, comprendido entre dos planos MNOP (fig. 89) que se cortan. La interseccion de los dos planos se llama *arista*: y los planos, *caras* del ángulo diedro.



Asi como el angulo plano lo designábamos con la letra del vértice cuando este no era comun á otros ángulos, del mismo modo anotaremos en igual caso el ángulo diedro con dos letras correspondientes á la arista; pero cuando esta arista sea comun á otros diedros, añadirémos dos letras que designarán respectivamente las dos caras del ángulo, interponiendo siempre, cuando queramos expresarlo verbalmente, las letras de la arista.

5. Entendemos por ángulo *poliedro* ó ángulo *sólido*, la porcion indefinida de espacio comprendido entre tres ó mas planos que se cortan en un mismo punto *S* (fig. 90).



Llámase *vértice* del ángulo poliedro, el punto comun S de interseccion; *cara*, cada uno de los ángulos planos **ASB**, **BSD**, **ASD**, etc., que forman el ángulo poliedro.

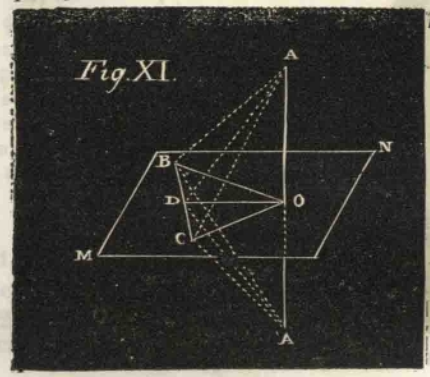
El ángulo poliedro se designa por medio de la letra de su vértice.

6. Si querémos indicar el número de caras del ángulo poliedro, sustituirémos á esta denominacion general, la de ángulo *triedro*, *tetaedro*, *pentaedro*, etc., segun que el número de sus caras sea *tres*, *cuatro* ó *cinco* etc.

El *ángulo triedro* es el mas sencillo de los ángulos poliedros.

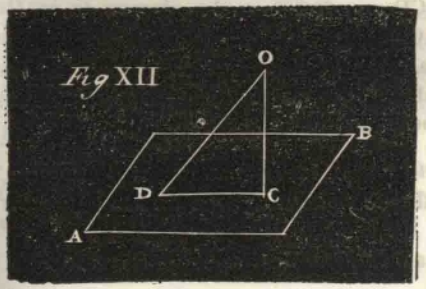
UNIVERSIDAD DE HUELVA 2010

7. *Si una recta OA es perpendicular á otras dos OB, OC tiradas por el punto O, pie de esta perpendicular, lo será á todas las rectas que por el mismo punto se pueden trazar en el plano M N de las dos primeras.* (fig. XI).



Supongamos que OD sea una de estas rectas; el teorema quedará demostrado, si manifestamos que OA es perpendicular á OD. Para esto prolongarémos la OA por la otra parte del plano en una cantidad OA′=OA; sobre las dos rectas OB OC, tomarémos dos puntos cualesquiera, B, C; tirarémos la BC, y sea D el punto de interseccion de BC con OD; finalmente tirarémos las rectas AB, AC, AD, A′B, A′C, A′D. Esta construccion nos manifiesta la igualdad de los triángulos ABC y A′BC, segun vamos á ver. El lado BC es comun á los dos triángulos; el AB=A′B por ser oblicuas equivalentes del pie O de la perpendicular; por la misma razon AC=A′C. Luego estos dos triángulos son iguales entre sí, de manera que en la sobreposicion las rectas AD y A′D coincidirán exactamente; por consiguiente OD será perpendicular á OA y recíprocamente.

Corolario. *Si una recta es perpendicular á otras dos rectas tiradas por su pie en un plano, lo será tambien á este plano.*

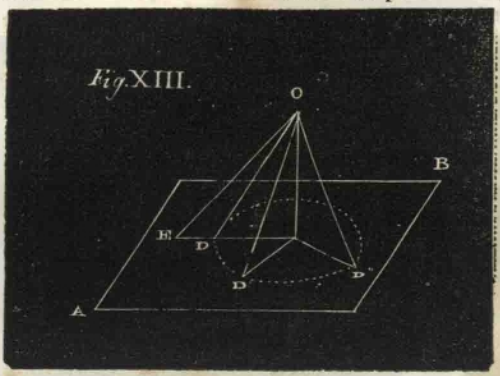


8. *La perpendicular OC (figura XII) al plano AB desde un punto exterior O, es el camino mas corto de este punto al plano.*

Supongamos una oblícua cualquiera OD bajada desde el punto O al plano AB. Tirando la recta CD, formarémos un triángulo rectángulo OCD, cuya hipotenusa será la oblicua OD; de donde se infiere que OC < OD.

UNIVERSIDAD DE HUELVA 2010

Corolario. *La perpendicular bajada de un punto á un plano mide la verdadera distancia del punto al plano.*



9. Si desde el punto O, (figura XIII) que suponemos fuera del plano *AB*, bajamos la perpendicular OC, y diferentes oblícuas, OD, OD', OD''... ..... OE.

1.° *Las oblícuas OD, OD' equivalentes del pie de la perpendicular, son iguales.*

2.° *De dos oblícuas OD, OE que no distan igualmente del pie de la perpendicular, la que mas se apartará, á saber, la OE, es mayor que la segunda.*

1.° Resulta de la suposicion que hemos hecho, que CD=CD'=CD''; y de aquí la igualdad de los triángulos OCD, OCD', OCD''; cuya igualdad nos dice que

$$OD=OD'=OD''\,;$$

y *generalmente*: Si desde el punto C, como centro y con un radio igual á CD, trazamos una circunferencia en el plano AB, todas las oblícuas que unen el punto O con los diferentes puntos de la circunferencia, serán iguales.

2.° Si suponemos en línea recta los tres puntos C, D, E, resultará

$$CE > CD\,,$$

y por consecuencia

$$OE > OD.$$

Si los tres puntos C, D, E, no se hallasen en línea recta, obtendríamos el mismo resultado, reemplazando la oblícua OD con otra OD' que tenga la misma distancia del pie de la perpendicular.

Corolario. *Desde un mismo punto podemos tirar á un plano una infinidad de rectas iguales*, (con tal que sean mayores que la perpendicular).

Ademas, equidistando estas rectas del pie de la perpendicular, se infiere que

Un punto cualquiera O de la perpendicular OC al plano, puede servir para trazar en este plano una circunferencia, cuyo centro será el pie de la perpendicular.

UNIVERSIDAD DE HUELVA 2010

§. 2.º *De la interseccion de los planos, del ángulo diedro y del triedro.*

1. Qué entendemos por interseccion de dos planos?—2 La interseccion de dos planos es una recta— 3 Qué entendemos por ángulo correspondiente á un ángulo diedro?— 4 El ángulo diedro se mide por su ángulo correspondiente.—5 En todo ángulo triedro una de sus caras es menor que la suma de las otras dos.—6 En todo ángulo triedro la suma de sus tres caras es menor que cuatro ángulos rectos: de donde se infiere: 1.º con los ángulos del triángulo equilátero solamente se pueden formar ángulos sólido de 3, 4, y 5 caras; 2.º que con los del cuadrado uno de tres caras, 3.º y con los del pentágono otro.

1. Entendemos por *interseccion de dos planos* la série de puntos que están situados á la vez sobre dos planos.

2. *La interseccion de dos planos MN, OP (fig. 89) es una linea recta.*

Los puntos A, B, C, etc. comunes á los dos planos MN, OP, pertenecen necesariamente á una misma recta; porque si el punto C no estuviese situado en la recta que une el punto A con el B, resultaria que los dos planos MN, OP, que tienen comunes tres puntos no situados en la línea recta, formarian un solo plano.

3. Si sobre la arista AC del ángulo diedro (fig. 89) tomamos un punto B, y sobre él levantamos una perpendicular en cada una de sus caras, resultará el *ángulo plano* EBF: este ángulo se llama *ángulo correspondiente* al diedro PACN: así pues entendemos por *ángulo correspondiente á un ángulo diedro el formado por dos perpendiculares á la arista, levantadas respectivamente en cada una de sus caras desde uno de sus puntos.*

4. Para medir el ángulo diedro, nos valemos de su ángulo correspondiente, autorizándonos para esta sustitucion la proporcion que siempre existe entre los ángulos driedros y sus ángulos correspondientes.

UNIVERSIDAD DE HUELVA 2010

5. *En todo ángulo triedro, S, una de sus caras es menor que la suma de las otras dos.* (fig. XIV).

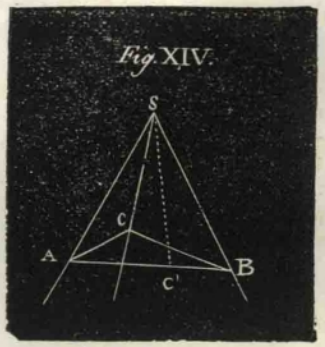


Fig. XIV.

Para manifestar la verdad de este teorema supondrémos que la cara ASB > ASC, y que la misma cara ASB > BSC; en una palabra, que ASB sea mayor que cualquiera de las otras dos, tomadas separadamente. Nos proponemos demostrar que ASB < ASC + BSC. Para esto tirarémos una recta AB desde un punto cualquiera A de la arista SA á otro punto B de la arista SB: Despues, desde el punto S, y en el plano ASB, trazarémos la recta SC' que forme un ángulo BSC' ± BSC, y que corte á la AB en un punto C': sobre la arista SC tomarémos una lonjitud SC=SC'. Finalmente tirarémos las rectas AC y BC.

Segun esta construccion, los triángulos BSC y BSC' serán iguales por tener respectivamente iguales dos lados y el ángulo comprendido; luego BC=BC'. Pero en el triángulo ABC tenemos que

$$AB < AC + CB, \text{ ó } AC' + C'B < AC + CB;$$

luego

$$AC' < AC;$$

y por consiguiente

$$ASC' < ASC.$$

Añadiendo á los dos miembros de esta inecuacion, al uno la cantidad BSC, y al otro la BSC', tendrémos:

$$ASC' + BSC' < ASC + BSC, \text{ ó } ASB < ASC + BSC. \text{ L. Q. Q. D.}$$

6. *En todo ángulo triedro, S, la suma de sus tres caras es menor que cuatro ángulos rectos.* (fig. XV).

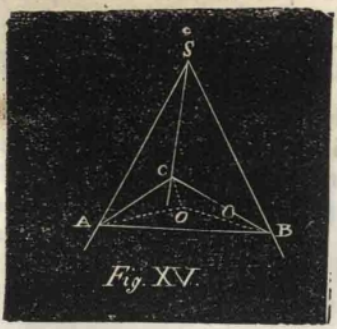


Fig. XV.

Para demostrar este teorema tirarémos un plano que corte las caras segun las líneas AB, AC, BC; despues desde un punto cualquiera O, tomado en el triángulo ABC, dirijirémos las rectas OA, OB, OC. Habrémos formado tres triángulos que tendrán respectivamente por bases las rectas AB, AC, BC, y el punto S por vértice comun. Con la construccion precedente habrán resultado otros tres triángulos, que tendrán respectivamente las mismas bases, y su vértice en el punto O. El ángulo CAB, compuesto de la suma de los ángulos OAC y OAB, es menor que la suma de los ángulos SAC y SAB, segun el teorema precedente; por la misma razon ABC < SBA + SBC, y BCA < SCB + SCA: así pues, la suma de los ángulos de la base, en los triángulos que tienen su vértice en O, es menor que la suma de los ángulos de la base en los triángulos que tie-

UNIVERSIDAD DE HUELVA 2010

nen su vértice en S. Pero la suma de los ángulos de los tres triángulos es la misma en los dos casos; luego la suma de los ángulos en S es menor que la de los ángulos en O; y como esta vale cuatro rectos, se infiere que la primera es menor que cuatro ángulos rectos L. Q. Q. D.

Esta proporcion es igualmente aplicable á cualquier ángulo poliedro.

Corolario. 1.° *No se pueden formar con los ángulos de un triángulo equilátero sino ángulos sólidos de tres, cuatro y cinco caras.*

Segun el teorema precedente, si queremos formar ángulos poliedros de ángulos planos iguales, debemos atender al número de estos y al valor de cada uno de ellos. Cada ángulo del triángulo equilátero vale $^2/_3$ R; (designando con la letra R el ángulo recto); y el ángulo sólido de 3, 4, 5 caras que haya de tener cada ángulo del vértice igual al del triángulo equilátero, ha de satisfacer al principio anterior que se acaba de establecer; lo cual solamente se verifica en las tres primeras inecuaciones que siguen; $3 \times {}^2/_3$ R $<$ 4 R; $4 \times {}^2/_3$ R $<$ 4 R; $5 \times {}^2/_3$ R $<$ 4 R; $6 \times {}^2/_3$ R $=$ 4 R; $7 \times {}^2/_3$ R $>$ 4 R; por consiguiente pasa de 4 R la suma de mayor número de ángulos planos, iguales al del triángulo equilátero.

2.° *Con los ángulos del cuadrado solo se puede formar el ángulo sólido de tres caras.*

Porque el valor del ángulo del cuadrado es R; y $3 \times$ R $<$ 4 R; $4 \times$ R $=$ 4 R; $5 \times$ R $>$ 4 R; excediendo de 4 R las sumas de un número mayor de ángulos del cuadrado.

3.° *Con los ángulos del pentágono regular solamente se puede formar el ángulo poliedro de tres caras.*

El ángulo del pentágono regular vale $^6/_5$ R; por consiguiente $3 \times {}^6/_5$ R $<$ 4 R; $4 \times {}^6/_5$ R $>$ 4 R.

4.° *Con los ángulos del exágono regular no puede formarse ángulo sólido, y lo mismo sucede con los ángulos de los polígonos que tengan mas lados.*

En efecto, el ángulo del exágono es $^4/_3$ R; y resulta que $3 \times {}^4/_3$ R $=$ 4 R; $4 \times {}^4/_3$ R $>$ 4 R; de suerte que ni aun se puede formar el triedro, que es el ángulo sólido mas sencillo. El ángulo del heptágono es mayor; de consiguiente tampoco con él podemos formar ningun ángulo sólido: y con mas razon se puede asegurar lo mismo de los ángulos de polígonos regulares, que tengan mayor número de lados.

UNIVERSIDAD DE HUELVA 2010

§. 3.° *De los poliedros en general.*

1. Qué se entiende por poliedro?— 2. Qué es prisma?— Cuándo se dice triangular, cuadrangular, pentagonal, etc.? Cuándo será recto y cuando oblícuo? Que se entiende por tronco de prisma? 3. Qué se entiende por paralelepípedo? Cuándo se llama recto y cuándo rectangular? Qué es cubo ó exaedro regular?— 4. Qué es pirámide?— 5. Cuándo se dice triangular, cuadrangular, pentagonal, etc.? — 6. A qué se llama tronco de la pirámide?— Qué se entiende por poliedro regular, y cuántos son? Qué entendemos por tetraedro, octaedro, icosaedro, cubo, y dodecaedro?

1. Entiéndese por *poliedro* un espacio enteramente circunscrito, ó en otros términos, un sólido terminado por muchos planos que se cortan dos á dos (fig. 91).

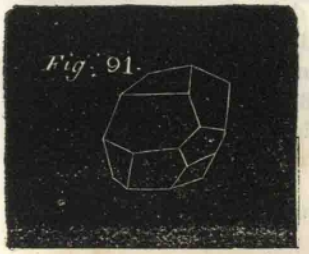


Fig. 91.

El poliedro, pues, está limitado por una serie de polígonos que reciben el nombre de *caras*, y cuyo conjunto constituye la superficie del poliedro; los lados de estas caras son las *aristas* del poliedro; y los puntos de intersección de las aristas se llaman *vértices*.

2. Entre los poliedros merecen particular atencion el *prisma* y la *pirámide*.

Entendemos por *prisma* un poliedro que tiene por caras dos polígonos iguales y paralelos, y una serie de paralelógramos igual en número á los lados de cada polígono (fig. 92); los paralelógramos AB′, CD′, DE′, EA′, constituyen las *caras laterales* del prisma, y todas ellas la superficie lateral.

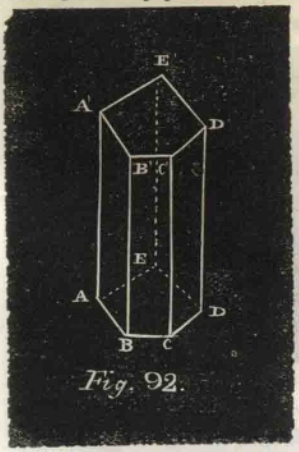


Fig. 92.

Llámanse *bases* del prisma los dos polígonos ABCDE, A′B′C′D′E′; y *altura* la distancia de las bases ó la perpendicular comun á sus planos.

Un prisma será *triangular*, *cuadrangular*, *pentagonal*, etc., segun que su base sea un triángulo, un *cuadrilátero*, un *pentágono*, etc. Si estas bases son polígonos regulares, el prisma se dice *regular*.

Un prisma se llama *recto*, cuando sus aristas laterales son perpendiculares al plano de las bases; en cuyo caso cada arista será igual á la altura del prisma, y las caras serán rectángulos: en el caso contrario el prisma se dice *oblícuo*.

UNIVERSIDAD DE HUELVA 2010

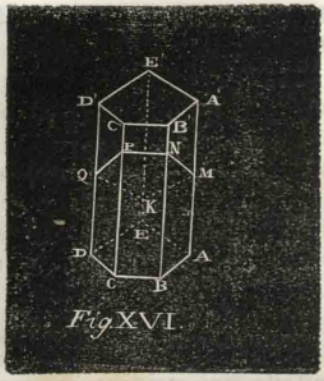


Fig. XVI.

Llámase *tronco de prisma* ó *prisma truncado* cada uno de los trozos que resultan por medio de un plano MNPQR, que no sea paralelo á las bases (fig. XVI).

3. Entendemos por *paralelepipedo* un prisma que tiene por bases dos paralelógramos.

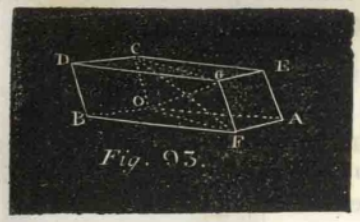


Fig. 93.

Resulta de esta definicion que el paralelepípedo tiene por caras 6 paralelógramos (fig. 93.)

Llámase *recto* el paralelepípedo cuyas caras son perpendiculares á la base, y *rectangular*, el que tiene todas sus caras rectangulares.

Entendemos por *cubo ó exaedro regular* un prisma cuyas caras todas son cuadrados; el cubo, pues, será un sólido terminado por seis cuadrados iguales; tales son los dados de jugar.

4. La *pirámide* es un poliedro que tiene por caras un polígono de cualquier número de lados, y una série de triángulos, cuyo vértice es comun á todos (fig. 95).

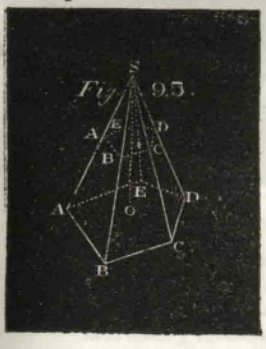


Fig. 95.

Si queremos obtener la pirámide, unirémos por medio de rectas los vértices de un polígono ABCDE á un punto cualquiera S, colocado fuera de su plano.

Los triángulos formados de este modo constituyen las *caras laterales* de la pirámide; el polígono será su *base*; el vértice comun de los triángulos se llama *cúspide* de la pirámide; y *altura*, la perpendicular SO bajada al plano de la base (figura 95).

Una pirámide se dice *triangular*, *cuadrangular*, *pentagonal*, etc., segun que su base es un *triángulo*, *cuadrilátero*, *pentágono*, etc.: se llama *regular* cuando su base es un polígono regular.

6. Si por medio de un plano entre el vértice y la base cortamos todas las aristas laterales de una pirámide SABCDE (fig. 95). la figura que-

UNIVERSIDAD DE HUELVA 2010

dará dividida en dos trozos; uno, S'A'B'C'D'E', es una segunda pirámide, y el otro, ABCDE, A'B'C'D'E', se llama *tronco de pirámide* ó *pirámide truncada*.

7. Llámase *poliedro regular* aquel cuyas caras son todas polígonos regulares é iguales entre sí.

Es muy reducido el número de poliedros regulares, porque, segun hemos visto, con el ángulo del triángulo equilátero solamente se pueden formar ángulos poliedros de tres, de cuatro, y de cinco caras; con el del cuadrado, únicamente un ángulo de tres caras; é igualmente con el ángulo del pentágono.

Por esta razon solamente se pueden concebir cinco cuerpos regulares, que son: el *tetraedro*, el *octaedro* y el *icosaedro*, cuyas caras en todos son triángulares; el *exaedro* ó *cubo*, limitado por seis cuadrados; y el *dodecaedro*, cuyas caras son pentagonales.

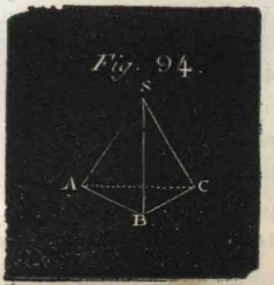


Fig. 94.

El *tetraedro regular* es un poliedro que tiene cuatro caras triangulares SAB, SAC, SBC, ABC, regulares é iguales entre sí. (fig. 94).


Fig XVI.

Entiéndese por *octaedro* un sólido terminado por 8 triángulos regulares é iguales (fig. XVI).

UNIVERSIDAD DE HUELVA 2010



Fig. XVII.

Llámase *icosaedro* el poliedro terminado por veinte triángulos iguales y equiláteros (fig. XVII).



Fig. XVIII.

Entendemos por *cubo* ó *exaedro regular* un sólido limitado por seis cuadrados iguales. (figura XVIII).



Fig. XIX.

Entiéndese por *dodecaedro* un poliedro formado por doce pentágonos regulares é iguales entre sí. (fig. XIX).

§. 4.º *De los cuerpos redondos.*

1. Qué son cuerpos redondos? Cuerpos redondos que considera la geometria elemental.— 2. Qué es cilindro?— 3. Què es tronco de cilindro?— 4. Qué es un cono— 5. Qué se entiende por tronco de cono?— 6. Qué es la esfera?— 7. Qué son emisferios, círculos máximos y círculos menores?— 8. Aplicaciones de la esfera á las artes.

1. Llámanse generalmente *cuerpos redondos* los sólidos terminados por superficies curvas.

En la geometría elemental solo tres figuras redondas se toman en consideracion: el *cilindro*, el *cono* y la *esfera*.

UNIVERSIDAD DE HUELVA 2010

2. Entendemos por *cilindro* un sólido producido por la revolucion de un rectángulo CO, CO' (fig. 96) al rededor de uno de sus lados OO'.


Fig. 96.

Supongamos inmovil el lado OO', y hagamos girar el lado CC'; este lado CC' describirá en su revolucion una superficie curva que se llama cilíndrica; y el espacio cerrado por dicha superficie y los planos en que se mueven las líneas OC, O'C', recibe el nombre de *volúmen cilíndrico*.

Los planos circulares trazados por los lados CO, C'O' se llaman *bases* del cilindro; finalmente el lado inmovil OO' es la *altura* ó el *eje* del cilindro. Si la recta OO' pasa por los centros de los círculos, el cilindro será *recto*; en otro caso será *oblicuo*.

3. Llámase *tronco de cilindro*, ó *cilindro truncado*, el espacio limitado por una superficie cilíndrica y por los dos planos no paralelos.

4. Entendemos por *cono*, un sólido engendrado por la revolucion de un triángulo rectángulo COS al rededor uno de sus catetos SO (figura 97).

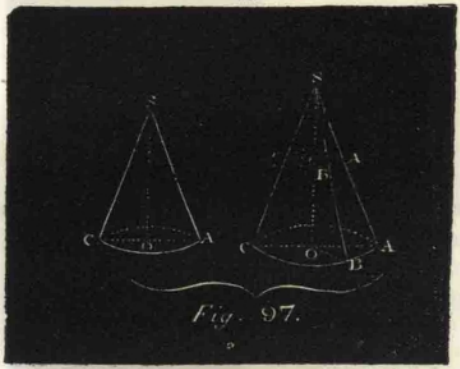


Fig. 97.

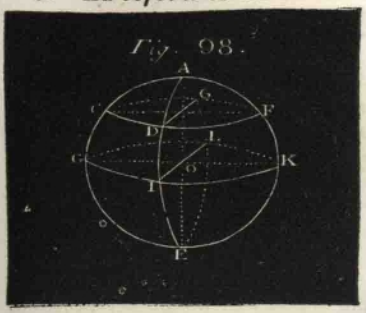
El lado inmovil SO es el *eje* ó la *altura* del cono; el plano circular, producido en la revolucion por el otro lado CO se llama *base* del cono; la superficie engendrada por la hipotenusa SC, se denomina *superficie cónica*; y el espacio cerrado por esta superficie y por la base se llama *volúmen cónico*.

5. Entiéndese por *tronco de cono*, ó *cono truncado*, el espacio comprendido entre la superficie cónica, la base y otro plano que corte á todo el cono. Llámanse *bases* del tronco los planos que lo limitan. Si estos planos son paralelos, el tronco se llama de *bases paralelas*.

Un tronco de cono de bases paralelas CA' (fig, 97) lo podemos considerar como engendrado por la revolucion de un trapecio OA' rectángulo en O y en O', que gira al rededor del lado OO', como eje.

UNIVERSIDAD DE HUELVA 2010

6. La *esfera* es un sólido formado por la revolucion de una semicircunferencia GAK (fig. 98) al rededor del diámetro GK. Cada punto de la semicircunferencia describirá en esta vuelta un círculo, cuyo radio será la distancia del punto al diámetro inmovil GK. Este diámetro se llama *eje* de la esfera, y sus dos extremos G, K, reciben el nombre de *polos*.



La esfera es en el espacio, relativamente á las superficies curvas, lo que el círculo con respecto á las curvas planas.

Así, se llama *centro* el punto interior O, del cual equidistan todos los puntos de la superficie esférica; *radio*, la distancia constante del centro á la superficie; y *diámetro*, toda recta que, pasando por el centro, termina por sus extremos en la superficie. Las dos porciones en que un plano divide la superficie esférica se llaman *casquetes esféricos*: los dos tozos de la esfera, *segmentos esféricos*; y la parte de su superficie esférica comprendida entre dos planos paralelos, *zona esférica*.

7. Todo plano que pasa por el centro de la esfera, la divide en dos partes iguales, que se llaman *emisferios*. Esta interseccion produce un *círculo máximo* que tendrá el mismo centro y el mismo rádio de la esfera; los círculos GIKL, AIEL, serán, segun esto, dos círculos máximos.

Si el plano no pasa por el centro, la seccion será un *círculo menor*, que tendrá un radio mas pequeño que el de la esfera: tal es el círculo CDFG (fig. 98).

8. Son muy numerosas las aplicaciones de la esfera en las artes del tornero, del ebanista, etc. Las bolas del villar son unas esferas de marfil; la luz de los quinqués se hace inofensiva á nuestra vista por medio de esferas de cristal deslustrado, etc.

UNIVERSIDAD DE HUELVA 2010

§. V. *De las superficies de los poliedros.*

1. Cómo se puede determinar el área de un poliedro?—2 La superficie lateral de un prisma recto es igual al producto del perímetro de su base por una de sus aristas: de donde se infiere: 1.° la superficie total de un prisma regular; 2.° la superficie lateral de un cilindro recto; 3.° la superficie total de un cilindro circular recto.—3. La superficie lateral de un prisma oblicuo es equivalente á la de un prisma recto que tenga por base una seccion perpendicular á las aristas del prisma oblicuo, y las aristas iguales á las del primero; de donde se deduce que el área de la superficie lateral del prisma oblicuo tiene por medida el producto del perímetro de una seccion perpendicular á las aristas multiplicado por su longitud.—4. La superficie lateral de una pirámide, cuya base sea un polígono regular, tiene por medida la mitad del producto del perímetro de su base por el apotema de los triángulos laterales. ¿Cuál es el área total de una pirámide cuya base sea un polígono regular? ¿Cuál la del cono circular? ¿Cuál la superficie total? ¿Cuál es el área lateral de un tronco de pirámide de bases paralelas? ¿Cuál es la superficie lateral de un tronco de cono circular de bases paralelas?—5. Cómo se determina la superficie de la esfera?

1. Siendo el *área* de un poliedro igual á la suma de las áreas de las diferentes caras que lo terminan, bastará para determinar aquella hallar sucesivamente la superficie de cada una de las caras. Por esta razon nos contentarémos con demostrar algunos teoremas necesarios para la ilustracion de esta materia.

2. *La superficie lateral de un prisma recto tiene por medida el producto del perímetro de su base por una de sus aristas.*

En efecto, esta superficie no es otra cosa que una série de rectángulos adyacentes dos á dos, que tienen por altura comun una de las aristas y cuyas bases componen el perímetro de la base del prisma.

Corolarios. 1.° *La superficie total de un prisma regular tiene por medida el producto del perímetro de su base por la suma de una arista y de la apotema de esta base.*

2.° Considerando el cilindro como un prisma de infinitas caras, estamos facultados para decir que:

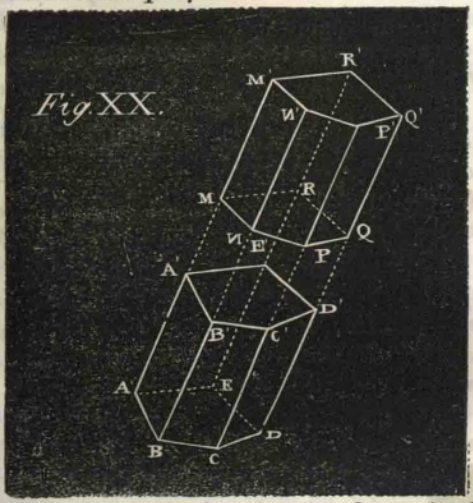
La superficie lateral de un cilindro recto es equivalente á la de un rectángulo que tenga por base la circunferencia de la base del cilindro, y su arista por altura.

Por consiguiente.—*La superficie lateral del cilindro recto tiene por medida el producto de la circunferencia de su base por una arista.*

3.° *La superficie total de un cilindro circular recto tiene por medida el producto de la circunferencia de su base por la suma de su arista y el rádio de esta base.*

UNIVERSIDAD DE HUELVA 2010

3. *La superficie lateral de un prisma oblícuo* $ABCDE\ A'B'C'D'E'$ *es equivalente á la de un prisma recto que tenga por base una seccion* $MNPQR$, *perpendicular á las aristas del prisma oblícuo, y las aristas iguales á las del perímetro* (fig. XX).



Para manifestar esta verdad, prolongarémos indefinidamente en un mismo sentido las aristas laterales AA′, BB′, CC′, DD′; cortarémos estas prolongaciones con un plano perpendicular MNPQR; despues tomarémos en la misma direccion las líneas MM′, NN′, PP′, QQ′, RR′ iguales entre sí y á las aristas del prisma oblícuo: la figura MNPQRM′N′, P′Q′R′ determinada de este modo será un prisma recto de las mismas aristas laterales que el prisma propuesto, y que tendrá por base la seccion perpendicular á las aristas.

Pero los paralelógramos AB′, BC′, CD′.... tienen respectivamente las mismas bases y alturas que los rectángulos MN′, NP′, PQ′,....: luego aquellos paralelógramos, tomados uno á uno, son equivalentes á los rectángulos: *luego* etc.

Corolario. *El área de la superficie lateral del prisma oblícuo tiene por medida el producto del perímetro de una seccion perpendicular á las aristas, multiplicado por la longitud de una de estas.*

4. *La superficie lateral de una pirámide regular tiene por medida la mitad del producto del perímetro de su base por el apotema de los triángulos laterales.*

En efecto, esta superficie no es otra cosa que una série de triángulos adyacentes dos á dos, que tienen por altura comun el *apotema* de la pirámide, ó sea la distancia de la cúspide á los lados de la base, componiendo la suma de sus bases el perímetro de la base de la pirámide.

Colorarios. 1.° *El área total de una pirámide regular tiene por medida la mitad del perímetro de su base por la suma de las apotemas respectivas de la pirámide y de la base.*

2.° Considerando el cono circular como una pirámide regular de infinitas caras, podemos decir que:

La superficie lateral del cono circular tiene por medida la mitad del

UNIVERSIDAD DE HUELVA 2010

producto de su arista por la circunferencia de su base; ó el producto de su arista por una seccion equidistante de la base y de la cúspide.

3.° *La superficie total de un cono circular recto tiene por medida la mitad del producto de la circunferencia de su base por la suma de una arista y del radio de la base.*

4.° *El área lateral de un tronco de pirámide regular de bases paralelas tiene por medida el producto de la semi-suma de los perímetros de sus bases por su apotema;* ó lo que es lo mismo, *el producto del perímetro de una seccion hecha á igual distancia de las bases, multiplicado por la apotema.*

5.° *El área de la superficie lateral de un tronco de cono circular recto de bases paralelas tiene por medida el producto de su arista por la semi-suma de las circunferencias de las bases; ó el producto de su arista por la circunferencia dada perpendicularmente al eje á igual distancia de las bases.*

5. *La superficie de la esfera es igual al producto de la circunferencia del círculo máximo por su diámetro y cuadruple de la de su círculo máximo.* (fig. XXI).

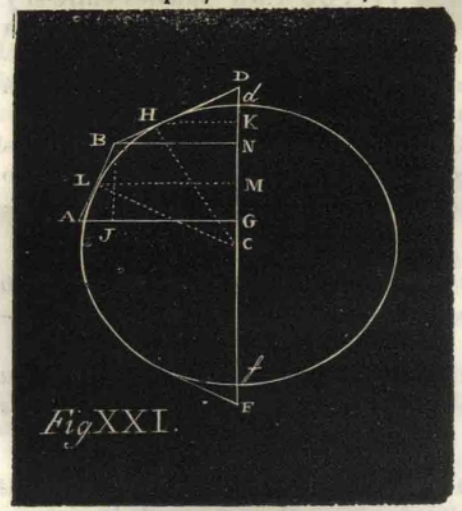


Fig XXI.

Si suponemos que el semipolígono regular DBA...F′, circunscrito al semicírculo dHL....f, gira al rededor del diámetro d f, no hay duda que en esta revolucion engendrará tantas figuras cónicas como lados tiene, y la superficie total será la suma de estas figuras. El lado BD producirá un cono cuya superficie, suponiendo HK una perpendicular bajada al diámetro desde H, punto medio de BD, será; s= BD × *circ.* HK. Dirigiendo ahora el rádio HC, perpendicular necesariamente al lado tangente BD, resultarán los triángulos HCK y BND, semejantes por tener sus lados respectivamente perpendiculares; cuya semejanza nos dará la siguiente proporcion:

HC:HK::BD:DN.

Por otra parte, las circunferencias trazadas con los rádios HC y HK son proporcionales á estos rádios; y sustituyendo, la proporcion anterior se convertirá en la siguiente:

Circ. HC: *Circ.* HK :: BD : DN; de donde

UNIVERSIDAD DE HUELVA 2010

Circ. HC×DN=*Circ.* HK×BD ; y colocando la primera cantidad en lugar de la segunda en la expresion de la superficie cónica engendrada por BD será s=*Circ.* HC×DN.

La superficie del tronco cónico engendrado por BA será tambien s′=*circ.* LM×AB, suponiendo la LM perpendicular bajada al diámetro desde L, punto medio de AB. Tirando el rádio LC, por la misma razon anterior, los triángulos semejantes LCM y ABJ dan esta proporcion :

circ. LC : *circ.* LM :: AB : BJ ; de donde
circ. LC×BJ=*circ.* LM×AB. Sustituyendo en la ecuacion anterior, resulta la expresion de la superficie producida por AB, que será

s′=*Circ.* LC×BJ ; ó lo que es lo mismo :
s′=*Circ.* LC×NG.

Del mismo modo se demuestra, que cada figura redonda, engendrada por la revolucion de cada lado, tiene por medida el producto de la circunferencia trazada con el rádio de la esfera, por la parte de diámetro igual á la altura del cuerpo engendrado. La suma de todas estas superficies parciales compone la superficie total de la figura engendrada por la revolucion del semipolígono circunscrito, y como este semipolígono se puede aproximar cuanto se quiera al semicírculo, podremos tomar el cuerpo engendrado por aquel, como si fuera producido por la revolucion de una semicircunferencia: es decir, podemos considerar como una esfera, sin peligro de grande equivocacion, el cuerpo originado por el semipolígono.

Si reunimos, pues, las superficies parciales de los diferentes conos producidos en la revolucion, la suma total representará la superficie de la esfera: y asi, sumando ordenadamente las ecuaciones anteriores

s=*Circ.* HC×DN
s′=*Circ.* LC×NG
. . . . . .

tendrémos s+s′=*Circ.* HC×DN+*Circ.* LC×NG
ó lo que es lo mismo s+s′=*Circ.* HC (DN+NG).

Y llamando S á la suma de las superficies parciales s+s′...., C á la circunferencia del círculo máximo, 2r al diámetro de la esfera, ó á la suma DN+NG...., nos resultará :

S=C×2r

y sustituyendo en esta ecuacion el valor de C=2rπ, se habrá convertido en esta expresion

S=4r$^2\pi$

Esta fórmula nos dice que, para determinar la superficie de la esfera, debemos cuadruplicar el producto del cuadro de su rádio por π y al mismo tiempo nos manifiesta, que el área de la esfera es cuadrupla de la del círculo máximo, supuesto que esta es igual á r$^2\pi$.

UNIVERSIDAD DE HUELVA 2010

§. VI. *De los volúmenes.*

1. ¿Cuál es la unidad de medida para los volúmenes?—2. ¿Cómo se determina el volumen de un paralelepípedo rectangular? ¿Cuál es el volumen del cubo?—3. ¿Cuál es la expresion del volumen de cualquier paralelepípedo?—4. ¿Cuál es el volumen de un prisma cualquiera? ¿Cuál es el volumen del cilindro?—5. ¿Cómo se determina el volumen de una pirámide? ¿Cuál es el volumen del cono?—6. ¿Cuál es la expresion del volumen de la esfera?

1. Asi como para medir las superficies planas tomamos el cuadrado por unidad, del mismo modo para medir los volúmenes nos servirá de unidad el cubo construido sobre una arista, igual á la unidad lineal.

2. *El volumen de su paralelepípedo rectangular es igual al producto de la superficie de su base multiplicada por la altura* (fig. XXII.)

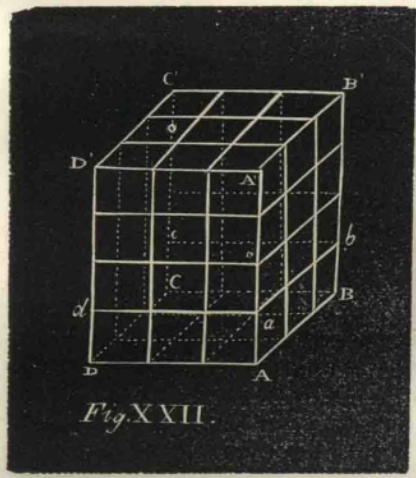


Fig. XXII.

En efecto, supongamos que la altura AA′ contiene cuatro veces á la altura de la unidad de medida. Si cortamos el paralelepípedo por todos los puntos de division y paralelamente á la base, quedará dividido en cuatro primas de la misma base y altura; por consiguiente del mismo volumen. Todos estos primas, pues, contendrán la unidad de medida el mismo número de veces, y para determinar la medida del prisma total, será suficiente multiplicar este número por el número 4 de los prismas pequeños que han resultado. Pero el primero Ac contiene á la unidad de medida tantas veces como su base, que es la base A B C D del prisma grande, puede contener á la base cuadrada de esta unidad, es decir, tantas veces como designa la superficie del prisma AC.′ Asi, pues, el volumen de un paralelepípedo rectangular se obtiene multiplicando la superficie de la base por la altura. En el caso presente es 9; y el volumen será por consiguiente $9 \times 4 = 36$ pies cúbicos.

Corolarios. 1.° *El volumen de un paralelepípedo rectangular es igual al producto de tres aristas adyacentes, ó que forman un ángulo triedro.*

2.° Siendo iguales en el cubo todas las aristas,

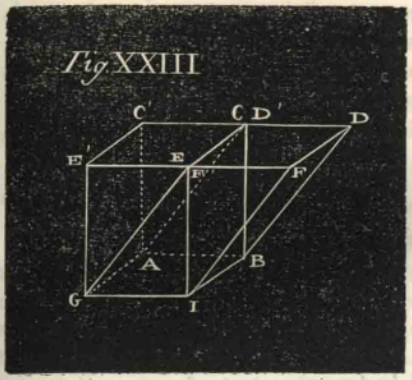
El volúmen del cubo es igual á la tercera potencia de una de sus aristas.

Por esta razon se llama *cubo* la tercera potencia de cualquier cantidad.

UNIVERSIDAD DE HUELVA 2010

3. *Todo paralelepípedo AF, recto ú oblícuo, tiene el mismo volúmen que un paralelepípedo rectangular de base equivalente y de la misma altura.*

Sean AD y GF las caras opuestas que tomamos por bases, y las aristas AG, BI, CE, DF, perpendiculares á las bases, en el paralelepípedo recto AF (fig. XXIII). Tirarémos por las rectas AG, BI, dos planos perpendiculares á los planos paralelos AI, CH. Los planos tirados de este modo cortarán respectivamente las caras laterales AD, GF segun las rectas AC′ y BD′, GE′ é IF′, y suponiendo estas rectas terminadas en el plano de la cara opuesta CF, resultará un nuevo paralelepípedo AF′. Pero este paralelepípedo es rectangular, porque AC′ y sus paralelas son perpendiculares á los planos AI, CF, y por consiguiente á las rectas AB, CD′; de donde resulta que las caras AD′, GF′, que podemos tomar por bases, serán rectángulos; y ademas las aristas laterales AG, BI, son perpendiculares á los planos de estas bases.



Ahora bien, los dos paralelepípedos AF, AF′ que tienen sus bases equivalentes AD, AD′ y una misma altura AG, serán iguales en volúmen.

En efecto, los dos prismas determinados, el uno por las aristas laterales AG, CE, C′E′, y el otro por la BI, DF, D′F′, son iguales luego, restándolos separadamente de la figura total AGBI DFC′E′, obtendrémos dos diferencias iguales.

Pero una de estas rectas es el paralelepípedo AF, y la otra el paralelepípedo AF′. Luego etc.

Corolario. *El volúmen de un paralelepípedo cualquiera tiene por medida el producto de la superficie de su base por la altura.*

4. *El volúmen de un prisma cualquiera tiene por medida el producto de la superficie de su base por la altura.*

Acabamos de demostrar este teorema general relativamente á los paralelepípedos, y las reflexiones siguientes nos harán conocer que es igualmente aplicable á todos los prismas.

En efecto, si en un paralelepípedo cualquiera tiramos un plano diagonal que pase por dos aristas laterales, nos resultarán dos prismas triángulares, que, por tener una misma base y altura, serán iguales en volúmen. Así pues, cada uno de ellos será la mitad del primitivo; pero el primitivo tiene por expresion de su volúmen el producto de su base por la altura: luego el vo-

UNIVERSIDAD DE HUELVA 2010

lúmen de cada uno de ellos será igual al producto de la mitad de la base del paralelepípedo por la misma altura; pero la mitad de la base del paralelepípedo primitivo es puntualmente la base de cada uno de los dos que han resultado: luego el volúmen del prisma triangular será equivalente al producto de su base por la altura.

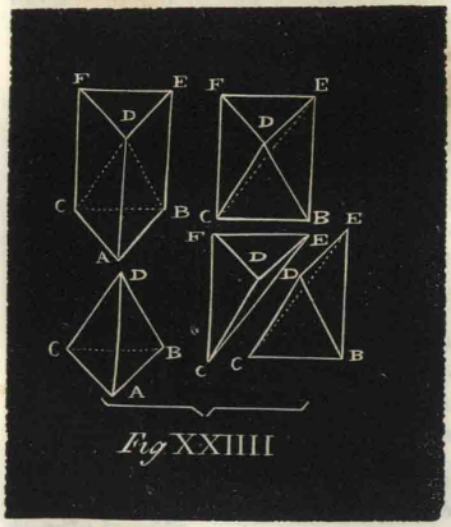
Como todos los prismas se pueden dividir en triangulares por medio de planos diagonales, se infiere que el volúmen total del prisma tomado en consideracion será igual á la suma de los volúmenes parciales de los prismas triangulares. Teniendo cada uno de estos por expresion de su volúmen el producto de su base por la altura comun, resulta que la suma de estas bases, ó sea la base total del prisma multiplicada por su altura, expresará su volúmen total.

Corolarios. 1°. *Dos prismas que tienen bases equivalentes y alturas iguales son equivalentes en volúmen.*

2.° Considerando el cilindro como un prisma de infinitas caras, podemos decir que:

El volúmen del cilindro tiene por medida el producto de la superficie de su base por la altura.

5. *Toda pirámide es equivalente á la tercera parte de un prisma de la misma base y altura* (fig. XXIV).



Supongamos que la pirámide en cuestion sea un tetraedro ABCD ; y el prisma de la misma base y altura el triangular ABCDEF. Tirarémos las rectas DB, DC, y por ellas harémos pasar un plano CDEB, cuya seccion nos dará dos pirámides, una triangular ABCD, y otra cuadrangular CBEFD. En la cuadrangular CBEFD tirarémos un plano CDE, determinado por las aristas CD, DE, de cuya seccion resultarán otras dos pirámides triangulares que tendrán una altura comun y las bases iguales. Quedará, pues, descompuesto el prisma triangular en tres tretraedros equivalentes, á saber; el ABCD=DEFC, por tener iguales la base y la altura, que son puntualmente las del prisma. Si en la pirámide DEFC, consideramos como base el triángulo EFC, y como cúspide el punto D, esta pirámide será equivalente á la CBED, por tener iguales la base y altura: así, pues, la pirámide DEFC= ABCD=CBED. Luego cada una de ellas es la tercera parte del prisma primitivo.

UNIVERSIDAD DE HUELVA 2010

Ademas, pudiendo dividir toda pirámide en tetraedros de la misma altura que este, y que tengan respectivamente por bases los triángulos parciales en que su base queda descompuesta, la proposicion es igualmente aplicable á cualquier pirámide.

Corolario. 1.° *La pirámide tiene por medida el tercio del producto de su base por su altura.*

2.° Si consideramos el cono como una pirámide de infinitas caras, esta consideracion nos conducirá á decir que:

El volúmen del cono se mide por la tercera parte del producto de su base por la altura.

6. *El volúmen de una esfera tiene por medida el tercio del producto de su superficie multiplicada por el radio.*

Podemos considerar la superficie esférica como compuesta de una infinidad de poliedros planos infinitamente pequeños; de donde resulta que la esfera se puede concebir como compuesta de pirámides, que tengan por bases cada uno de los planos del polígono, y por altura el radio de la esfera. Pero cada una de estas pirámides tiene por medida la tercera parte del polígono de su base por el radio de la esfera; luego el conjunto de todas ellas, ó sea la esfera, tendrá por medida el tercio del rádio por la suma de todos los polígonos que componen la superficie esférica.

Corolario. Si designamos con la letra V el volúmen de la esfera, con S la superficie, y con R el radio, resultará la expresion:

$$V = S \times \frac{r}{3};$$

pero $S = 4\ r^2\ \pi$

luego $V = \frac{4}{3} \pi\ r^2$

UNIVERSIDAD DE HUELVA 2010

UNIVERSIDAD DE HUELVA 2010

CAPITULO II.

DIBUJO LINEAL.

1.ª SECCION.=DEL DIBUJO LINEAL.

§ 1.º *Definicion, utilidad y aplicaciones del dibujo lineal.*

1. Qué se entiende por dibujo lineal?– 2. Orígen del dibujo lineal.– 3. En qué se diferencia del trazado geométrico y del dibujo académico?– 4 Utilidad del dibujo para las clases industriales.– 5. Division del dibujo lineal.– 6. En qué consiste el dibujo lineal á ojo?– 7. En qué consiste el dibujo lineal gráfico?– 8. Por qué debe el principiante ejercitarse antes en el dibujo sin instrumentos?

1. *El dibujo lineal*, tomado en un sentido general, es el arte de imitar los contornos de los cuerpos y de sus diferentes partes, por medio de simples delineamientos y sin el auxilio de sombras ni de colores.

2. Si retrocedemos al orígen del dibujo lineal, le encontrarémos en el nacimiento de las artes industriales. En todos los tiempos el gefe de un taller, para hacerse entender de sus oficiales, y los oficiales igualmente para entenderse entre sí, se han valido de diseños mas ó menos exáctos, con el objeto de prepararse para el trabajo, ó de practicar lo que habian concebido.

3. No debemos confundir el dibujo lineal con el *trazado geométrico* que se ejecuta con el compas y con laregla, ni con el *dibujo académico*, que rara vez suele conciliar la exactitud con la elegancia. El dibujo lineal es la reunion del uno y del otro.

4. El dibujo lineal, útil á casi todas las profesiones, lo es principalmente para aquellas cuyos trabajos consisten en la imitacion de las figuras. Los carpinteros, los albañiles, los ebanistas, los aserradores, los torneros, los grabadores sobre metales y madera, con particularidad los

UNIVERSIDAD DE HUELVA 2010

oficiales que se dedican á la construccion de máquinas é instrumentos, si no conocen á fondo este arte, con dificultad darán un paso en su profesion, porque no podrán comprender ni transmitir sus ideas á los obreros. Si cualquier hombre, en la posicion social mas elevada, tiene en muchas ocasiones necesidad de transmitir claramente su pensamiento por medio de una figura al artesano de que se sirve, el artesano á la vez debe entender el arte del dibujo para comprender los objetos que se le piden, y al mismo tiempo dibujarlos para comunicar sus ideas á los obreros subalternos. Así, el albañil, el carpintero de ribera, el de taller, el ebanista, el aserrador, etc., en una palabra, un artesano cualquiera no puede hacer con perfeccion una pieza de su arte, si antes no se ha dado cuenta por medio de un diseño de las dimensiones de todas las partes. El dibujo lineal, pues, es de primera necesidad para las clases inferiores de la sociedad.

5. Hay dos especies de dibujo lineal: *dibujo lineal á pulso ó sin instrumentos, y dibujo lineal gráfico ó con instrumentos.*

A esto podemos añadir las nociones sobre el *método general* del dibujo, sobre las *proyecciones*, sobre la *arquitectura* y sobre la *perspectiva.*

6. El *dibujo lineal* que se hace á *pulso* consiste en representar los objetos que hay á nuestra vista con una precision, no matemática, sino aproximativa, que en muchos casos es suficiente.

El dibujo á pulso, practicado por algun tiempo, dá al ojo aquel tino de que tanto necesita, soltura á los dedos y gracia á los contornos.

7. *El dibujo lineal gráfico* consiste en representar los objetos con una exactitud rigorosa, como se requiere en la aplicacion. Pero esto no se puede conseguir sin el auxilio de ciertos instrumentos geométricos, como la regla, el compas, la escuadra, el semicírculo, etc.

8. Antes de entrar en el dibujo gráfico, debe el discípulo ejercitarse en el dibujo sin instrumentos. Este dibujo parece á primera vista mas difícil que el dibujo con instrumentos; pero la experiencia no tarda mucho tiempo en manifestar lo contrario. Los discípulos se ven en los primeros dias muy embarazados en el dibujo sin instrumentos; pero muy pronto quedarán sorprendidos de la facilidad con que en breve tiempo trazan las figuras mas complicadas. Adiestrados en este dibujo, habrán conseguido aquel desembarazo en los dedos, tan necesario para hacer el uso conveniente del compas, la regla, y demas instrumentos matemáticos.

Si se quiere conciliar los dos métodos, el discípulo deberá trazar el dibujo, primero á ojo, y despues con instrumentos. De este modo podrá rectificar las inexactitudes que en el primero haya cometido.

UNIVERSIDAD DE HUELVA 2010

Cualquiera que sea el dibujo de que hagamos uso, su aplicacion será siempre á las figuras que en último análisis se reducen á dos elementos, la *línea recta* y la *línea curva*, aisladas ó combinadas entre sí.

§ 2.° *Aplicaciones de la línea recta en el dibujo lineal á pulso.*

1. Qué es línea vertical y horizontal? Qué es plomada?— 2. Construccion de la línea horizontal y vertical en la pizarra. Cómo se comprueban la vertical y la horizontal?— 3. Que se entiende por escala de proporcion?— 4. Cuáles son los elementos geométricos del dibujo lineal relativos á la línea recta?— 5. Concluidos estos elementos ¿qué deben dibujar los discípulos?— 6. Dibujar una ensambladura de carpintería.— 7, Escuadras.— 8. Alineacion de un camino.— 9. Pilastra.— 10. Jamba.— 11. Persianas.— 12. Estrado.— 13. Escalera.— 14. Chimenea.— 15. Reja.— 16. Ventana de seis tableros.— 17. Puerta de dos tableros. 18. Puerta de tableros desiguales.— 19. Embaldosados.— 20. Enrejado.— 21. Tresbolillo. 22.— Pared formada de piedra de sillería.

1. Llámase *línea vertical* la recta que en su descenso describe un cuerpo, obedeciendo á la fuerza de gravedad. Esta línea está muy bien representada por el hilo de la plomada: entiéndese por *plomada* un hilo sostenido por uno de sus extremos, y que por el otro tiene un pesito ordinariamente de plomo.

Llámase *horizontal* á la recta perpendicular á la vertical.

2. La construccion de la línea horizontal no ofrece dificultad alguna: no sucede lo mismo con la vertical, á causa del hábito que tenemos de dar á la escritura alguna inclicacion de derecha á izquierda.

Si dibujamos sobre la pizarra ó sobre un tablero, la horizontal debe ser paralela al borde superior ó al inferior; y la vertical, á uno de los bordes laterales.

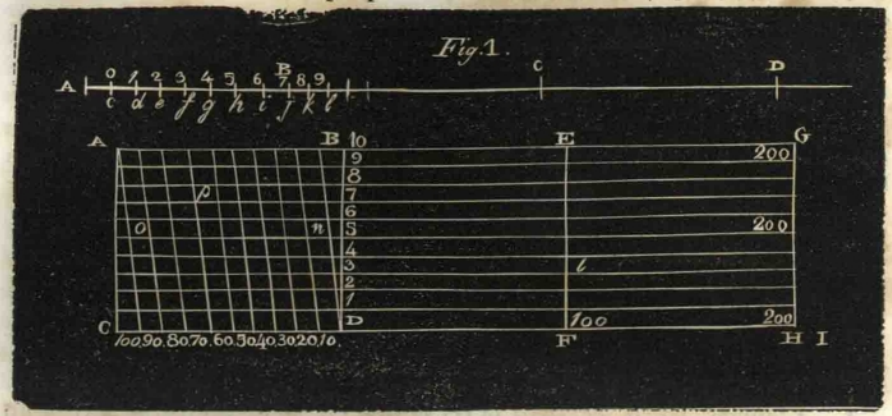
Si queremos formar estas líneas con la regla, tomarémos dos puntos equidistantes, ó del borde horizontal ó del lateral, tirando una recta por estos puntos.

Para comprobar la línea horizontal, medirémos las distancias desde sus extremos al borde superior ó inferior; si esta distancia es igual por ambos extremos, la horizontal estará bien construida.

Si queremos conseguir una verificacion mas precisa, harémos uso de la plomada, que deberá confundirse con la línea en toda su longitud, si la vertical está trazada.

UNIVERSIDAD DE HUELVA 2010

3. Llámase *escala de proporcion* una línea AD (fig. 1), dividida en

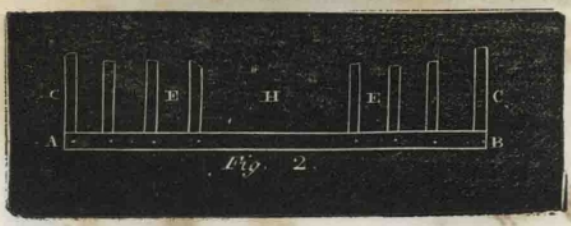


partes iguales, cada una de las cuales representa la longitud que se le quiera atribuir; de modo que la figura que representa el objeto tenga con esta escala la misma proporcion que el objeto mismo tiene con su medida real.

4. La construccion de la horizontal y de la vertical pertenece á los elementos geométricos del dibujo lineal, relativos á la línea recta.

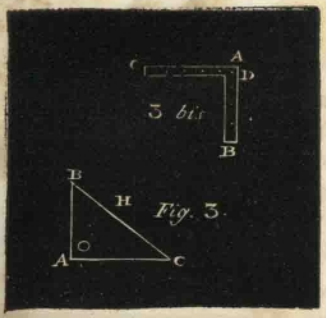
Estos elementos comprenden todo lo que dice relacion con el trazado de la línea recta en sus diferentes posiciones, la division de esta línea en muchas partes, la construccion de los ángulos y su division, la formacion de los polígonos, es decir, de los triángulos, del trapecio, del rombo, del rectángulo, del cuadrado, la representacion de la pirámide, del prisma, del paralelepípedo, del cubo, etc.; construcciones que en su mayor parte se hallan ya indicadas en las nociones de geometría que preceden á este tratado.

5. Terminados los elementos geométricos, los discípulos entran á dibujar las figuras que se componen de varias rectas combinadas de diferentes modos.



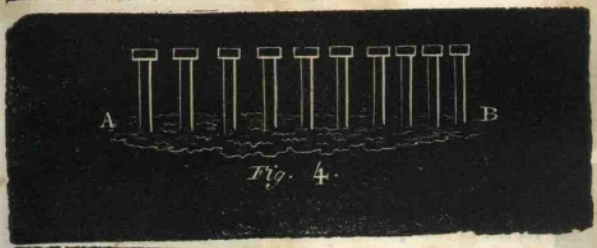
6. **Ensambladura de carpintería.** Divídese en partes iguales la solera AB (fig. 2), y levántanse perpendiculares segun el grueso y la distancia de los maderos·

UNIVERSIDAD DE HUELVA 2010

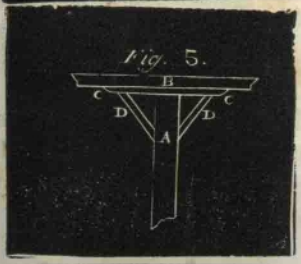


7. **Escuadras.** Para dibujar la *escuadra ordinaria*, trazarémos el lado AC, sobre este levantarémos la perpendicular AB, y finalmente tirarémos la hipotenusa BC (fig. 3).

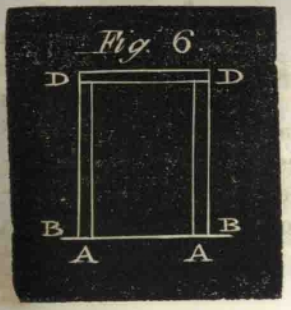
La escuadra representada en la fig. 3, se dibuja tirando paralelas á AB y AC, segun la anchura D que se quiere dar al hierro ó á la madera, de que se compone el instrumento.



8. **Alineacion de un camino.** Levántese sobre una base AB varias verticales igualmente separadas. Estas líneas figuran unas estacas que se llaman *jalones* (fig. 4),

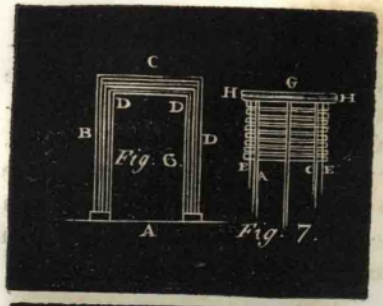


9. **Pilastra.** Se tirarán líneas verticales, horizontales y oblicuas, segun el grueso de la pilastra A, de la viga B, del capitel C, y de los puntales D. (fig. 5).

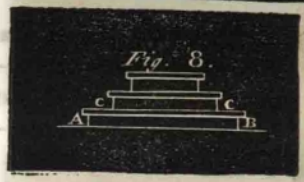


10. **Jamba.** Tómese una base A de la anchura de la puerta; levántense las perpendiculares BD, de una altura que con poca diferencia sea doble de la anchura, y únanse por medio del dintel D. (fig. 6).

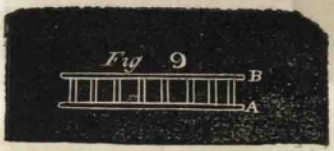
UNIVERSIDAD DE HUELVA 2010



11. **Persianas.** Consisten en paralelas equidistantes, dispuestas de dos en dos, para representar de este modo la anchura de las varillas. (fig. 7).



12. **Estrado.** Se tirarán paralelas á la base AB, haciéndolas sucesivamente mas cortas, segun se vayan apartando de la misma. (figura 8).

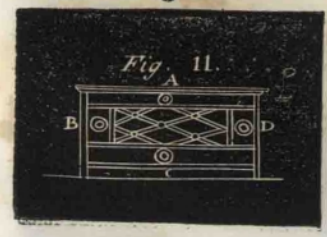


13. **Escalera.** Los largueros A, B, deben ser un poco convergentes, y los escalones equidistantes. (fig. 9).



14. **Chimenea.** Trácense verticalmente los lados ó jambas A; el travesero B, y la cornisa C que se representan con líneas horizontales: las partes D, D se llaman *zócalos*. (fig. 10).

15. **Reja.** Trácense las guarniciones A, B, C, D, y unánse por medio de rectas los ángulos opuestos de la guarnicion interior, así como tambien los puntos medios de cada travesero. En la interseccion de los barrotes se ponen unos botoncitos que podrán ser de cobre dorado. El antepecho A debe estar adornado con una pequeña moldura. (fig. 11).

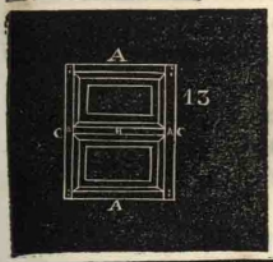


UNIVERSIDAD DE HUELVA 2010



Fig. 12.

16. **Ventana de seis tableros, etc.** Se tirará una línea, dos ó tres veces mayor que A; se levantará una perpendicular que tenga con la primera la misma relacion que D con A; fórmese el bastidor A BCD y la armazon E; finalmente, háganse las tres divisiones de la altura y las dos de la base, y quedará representado lo restante de la ventana. (fig. 12).



17. **Puerta de dos tableros.** La altura de una puerta podrá ser con poca diferencia doble de la anchura; las líneas C representan las aristas exteriores de la armazon; los tableros son iguales y ensamblados por medio de ranuras con la armazon A, así como el traverso B; y ademas están adornados con una pequeña moldura, (figu-



Fig. 14.

18. **Puerta de tableros pequeños y grandes.** Las aristas esteriores de la guarnicion están representadas por medio de las líneas C; y por AB la union de las hojas de la puerta. (fig. 14.)

19. **Embaldosados.** No hay mas que tres especies de polígonos regulares que se puedan ajustar exactamente, sin dejar entre sí ningun vacío; el triángulo, el cuadrángulo y el exágono. Si queremos, pues, embaldosar una pieza con ladrillos iguales que se ajusten exactamente, emplearémos uno de los polígonos mencionados. (fig. 15).


Fig. 15

UNIVERSIDAD DE HUELVA 2010

Si se hace uso del octágono, se llenan los vacíos con cuadrados, que tengan su lado igual al del octágono. Cuando el embaldosado se hace con el cuadrado ó con el rombo, ordinariamente se elijen de diferentes colores. (figura 16).

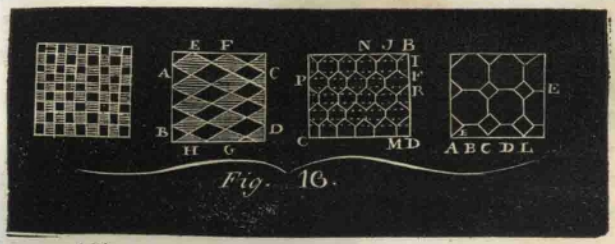


Fig. 16.

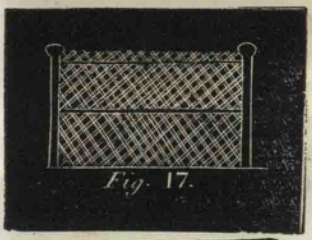


Fig. 17.

20. **Enrejados.** En los enrejados, que tienen sus agujeros cuadrados y oblícuos, todas las barras son paralelas, igualmente apartadas unas de otras, é inclinadas 45°, sobre el horizonte. (fig. 17).

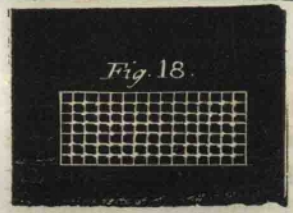


Fig. 18.

21. **Resbolillo.** Esta figura, muy comun en la jardinería, consiste en disponer los árboles de tal manera que presenten calles en todas direcciones. (fig. 18).

22. **Pared formada de piedra de sillería.** Las junturas de las piedras son, unas verticales, y otras horizontales: por consiguiente, para trazar esta figura, tirarémos líneas horizontales y verticales, de modo que se encuentren alternativamente, como se ve en la figura 20.


Fig. 20.

UNIVERSIDAD DE HUELVA 2010

§ 3.° *Aplicaciones de la linea curva en el dibujo lineal á pulso.*

1. Cómo se traza á ojo un círculo? Modo de comprobarlo.— 2. Cuáles son las principales figuras curvilíneas?— 3. Qué es elipse? Cómo se traza á ojo?— 4. Elipse del jardinero: asa de cesta: óvalo espiral.— 5. Objeto de los elementos geométricos del dibujo lineal.— 6. Cómo se traza una media luna?— 7. Dibujar un mapa-mundi — Construccion del trasportador.— 9. Cómo se traza una estrella de seis rayos?

1. Si se nos pide trazar á pulso un círculo sobre la pizarra ó sobre el tablero negro, podrá ser un círculo arbitrario, ó de un radio determinado, ó que tenga su centro en un punto dado.

Por medio de un ejercicio muy sostenido, consiguen los discípulos describir los círculos y marcar su centro con una exactitud que difiere muy poco de la del compás.

Si en la construccion se nos dan ciertos datos, p. ej., el centro ó el radio del círculo, será ya mas difícil que la formacion de un círculo arbitrario.

Para comprobar un círculo harémos uso del compás.

2. Las principales figuras curvilíneas son: la *elipse ordinaria*, la *elipse de jardinero*, *el asa de cesta*, *el óvalo y la espiral*.

3. Entiéndese por *elipse una curva cerrada, tal que la suma de las distancias de uno de sus puntos á otros dos que se llaman focos, es siempre igual á la linea que pasa por dichos focos y que termina por sus extremos en la curva.*

Para trazar una elipse, tirarémos dos rectas perpendiculares; se tomarán dos partes iguales por arriba y por abajo, otras dos partes iguales, diferentes de las primeras, á derecha é izquierda del punto de interseccion. Estas líneas, que en el artículo son todas iguales, no lo son en la elipse sino dos á dos; llámase la una *eje mayor*, y la otra *eje menor* de la elipse. (fig. 21). Hecha esta construccion, se traza la curva, cuidando mucho de que no resulten corcobos, ni se pierda la continuidad. Los cuatro segmentos formados por los dos ejes deben ser exactamente iguales, de modo que, si se dobla la figura por uno de los ejes, los trazos de las curvas coincidan perfectamente cayendo el uno sobre el otro.



De este modo podemos construir á pulso la elipse; bien es verdad que no será con aquella exactitud reservada al trazado geométrico, de que se hablará mas adelante; contentándonos con imitar por el primer medio el contorno gracioso de esta curva.

Cuanto mas disminuya el eje menor con relacion al mayor, la elipse

UNIVERSIDAD DE HUELVA 2010

será mas prolongada; y cuanto mas aumente, tanto mas se aproximará al círculo. Así pues, podemos concebir una infinidad de elipses segun la mayor ó menor desigualdad de los ejes.

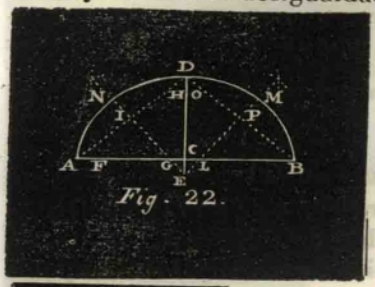


Fig. 22.

4. La *elipse del jardinero* es semejante á la elipse ordinaria; pero se construye de otra manera, como verémos mas adelante.

El *asa de cesta* es una curva formada por otras cuatro, de los cuales AN, BM son iguales. (fig. 22.)

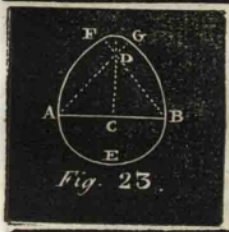


Fig. 23.

El *óvalo* es una figura circular formada por cuatro curvas, de las cuales solamente las dos, BG y AF son iguales (fig. 23).

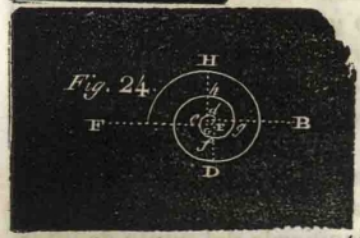


Fig. 24.

La *espiral* es una línea, que al paso que da vueltas se aparta mas de su centro. (figura 24).

5. Los elementos geométricos del dibujo lineal relativos á la línea curva, comprenden todo lo que tiene conexion con el trazado del círculo, segun los diferentes datos que para este objeto se nos den, la construccion de los arcos, de las tangentes, de los polígonos inscritos ó circunscritos, de los cilindros rectos ú oblícuos, de los conos rectos ú oblícuos, de la esfera, etc.; construcciones que en su mayor parte se han manifestado ya en las nociones de geometría.



Fig. 25.

6. **Media-luna.** Esta figura se compone de dos arcos, que pasan por dos puntos comunes A y B, y están trazados desde dos centros tomados sobre una línea perpendicular á la recta, que une los puntos A y B (fig. 25).

UNIVERSIDAD DE HUELVA 2010

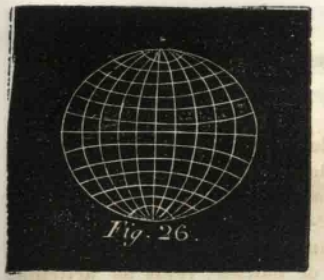


Fig. 26.

7. **Mapa-mundi.** Para hacer esta construccion trazarémos dos esferas con sus meridianos y círculos menores, que dividan la esfera en zonas. (fig. 26).

8. **Trasportador.** Consiste este instrumento, como ya en otra ocasion manifestamos, en un semicírculo, cuyo borde está dividido en 180°. Para dibujar un trasportador sobre el papel, se traza desde luego un semicírculo con su diámetro, procediendo á la division de su limbo del modo siguiente: sobre la circunferencia colocarémos tres veces su radio; y de este modo quedará dividida en tres arcos iguales, cada uno de 60° : despues dividirémos por su mitad cada uno de los anteriores, cuyo valor será de 30°; harémos con los últimos la misma operacion, de donde resultarán arcos de 15° ; dividirémos cada uno de estos en tres partes iguales, y el semicírculo quedará dividido de 5 en 5 grados; finalmente cada uno de estos se dividirá en 5 partes iguales, y la operacion quedará terminada.

9. **Estrella de seis rayos.** Trácense desde luego dos círculos concéntricos, es decir, que tengan su centro comun; sus radios serán el uno la mitad del otro; tírense dos diámetros, uno vertical y el otro horizontal; colóquese seis veces desde uno á otro extremo el radio mayor sobre una circunferencia, y de este modo quedará dividida en seis arcos iguales. Hágase lo mismo con el radio menor sobre un círculo; pero teniendo cuidado de que las divisiones del uno principien desde las estremidades del diámetro vertical, y las del otro, desde el horizontal. Solo falta ya tirar los diámetros correspondientes á los puntos de division, y las oblícuas que unen alternativamente á estos puntos dos á dos. (fig. 27).

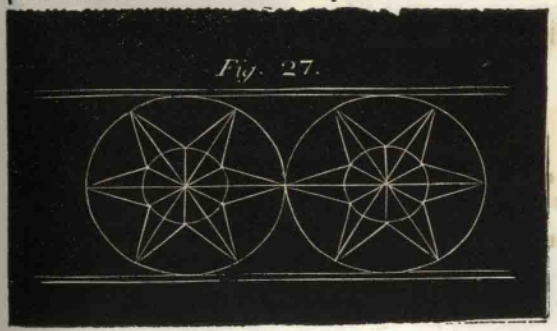


Fig. 27.

UNIVERSIDAD DE HUELVA 2010

§. 4. *Aplicacion de las lineas rectas y curbas combinadas en el dibujo lineal á ojo.*

1. De qué clase de lineas se componen los dibujos usados en las artes?– 2, Qué proporciones debe guardar un dibujo?–3. Cuáles son las superficies mas agradables á la vista?– 4. Qué son molduras?– Cuántas clases hay?– 5. Cuáles son las principales molduras rectas?– 6. Cuáles son las principales molduras circulares?–7. Regla general para la ejecucion de la mayor parte de estos dibujos.–8. Dibujar un arco.–9. Construccion de las poleas y aparejos.– 10. Dibujo de rejas.— 11. Rejas de balcon; rejas de artículos tangentes, etc.— 12. Ruedas hidráulicas.– 13. Engranaje.– 14. Astrágalo.– 15. Cornisa. –16. Florero.– 17. Jarron.

1. Los dibujos usados en las artes se componen en su mayor parte de la línea recta y de la curva, combinadas entre sí.

2. Para que los modelos sean graciosos y elegantes, es preciso que sus diferentes partes sean fracciones sencillas, que desde luego se puedan apreciar. La mitad, la tercera, la cuarta parte, son casi las únicas, á que nuestra vista se puede acostumbrar; saliendo de estas fracciones, entra ya la confusion, porque no podemos juzgar de las proporciones. Esta es la razon, porque el hueco de una puerta ó de una ventana debe ser con corta diferencia dos veces mas alto que ancho.

3. Las superficies llamadas de *revolucion*, como el cilindro, el cono y la esfera, son las mas agradables á la vista; cada seccion perpendicular al eje produce un círculo, curva que inmediatamente reconocerémos donde quiera que se encuentre.

4. Las molduras son las partes salientes que sirven de adorno en la arquitectura.

Hay tres clases de molduras: las rectas, las circulares y las compuestas.

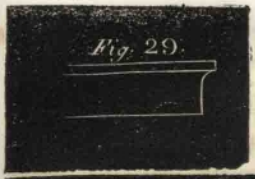
5. Las principales molduras rectas son: el *filete*, el *larmier*, y la *faja de la corona*.



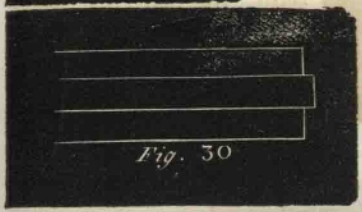
El *filete* es una moldura cuadrada y estrecha, tal como nos la presenta la figura 28.

El *listel* es una moldura cuadrada unida inmediatamente en una curba.

UNIVERSIDAD DE HUELVA 2010

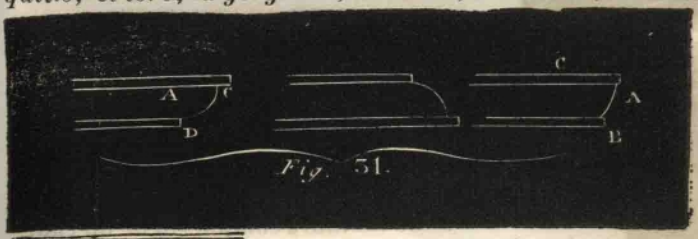


El *larmier* es una moldura ancha y saliente ahuecada por abajo, y que se coloca en las cornisas para defender el edificio de las lluvias. (fig. 29).

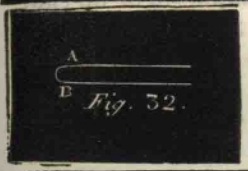


La *faja de la corona* es una moldura ancha y un poco saliente. (fig. 30).

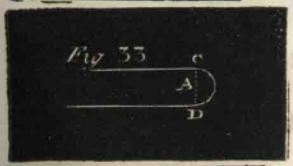
6. Las principales molduras circulares son: *el cuarto-bocel, el junquillo, el toro, la gorguera, el cabeto, la escocia, el talon, y la gola.*



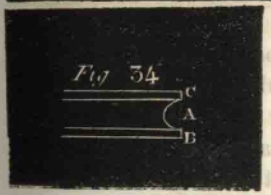
El *cuarto-bocel* es una moldura formada por un cuadrante de círculo y un filete. (fig. 31).



El *junquillo* es una moldura saliente semicircular, y muy estrecha. (fig. 32).



El *toro* es una moldura semicircular que ordinariamente se usa en las bases de las columnas. (fig. 33).



La *gorguera* es una moldura ahuecada semicircular. (fig 34).

UNIVERSIDAD DE HUELVA 2010

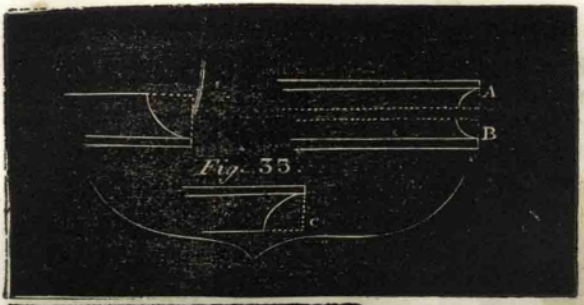


Fig. 35.

El *cabelo* es un cuarto-bocel ahuecado por debajo. (fig. 35).

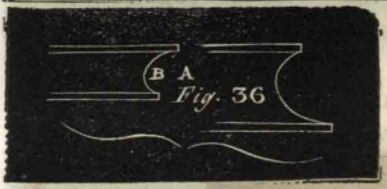


Fig. 36

La *escocia* es una moldura ahuecada compuesta de muchos cabetos, cuyos centros se toman arbitrariamente. (fig. 36).

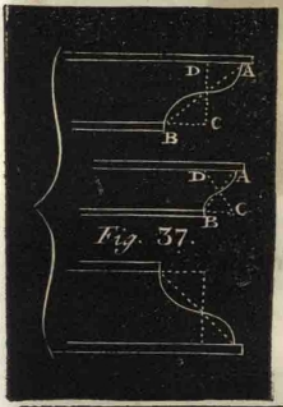


Fig. 37.

El *talon* es una moldura compuesta de un cuarto-bocel y de un cabeto. (fig. 37).

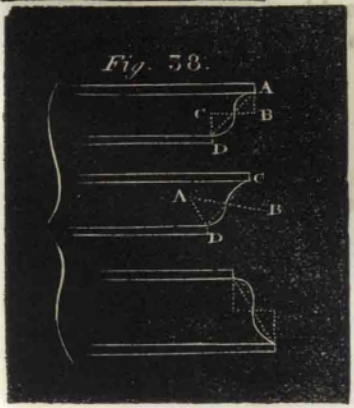


Fig. 38.

La *gola* es un talon vuelto al revés. (figura 38).

Todas estas molduras se combinan de diferentes maneras formando otras molduras compuestas.

7. En la mayor parte de estas figuras hay una vertical que divide simétricamente el dibujo. Para hacer correctamente estos dibujos, es preciso trazar desde luego este eje, y ajustar los contornos de los dos lados del eje, de modo que resulte en el dibujo una exacta simetría; podemos conseguir este objeto observando la regla siguiente:

UNIVERSIDAD DE HUELVA 2010

Señalar sobre el dibujo que se quiere hacer el lugar que deben ocupar los límites de la parte superior y de la inferior, de la derecha y de la izquierda; marcar en seguida las líneas de las subdivisiones principales, y despues las de menor importancia.

8. **Arco de ventana.** Esta figura se compone de nueve partes, que representan igual número de piedras de sillería; la del medio B se llama *clave*; las junturas se determinan por medio de radios tirados desde el centro A; y las extremidades, por las cuerdas de los arcos de una circunferencia que pasa por los ángulos. (figura 39).

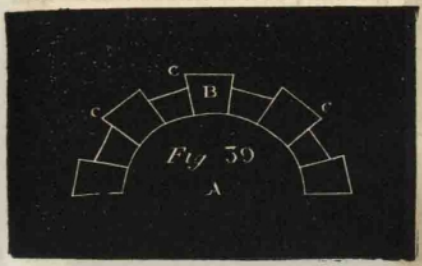
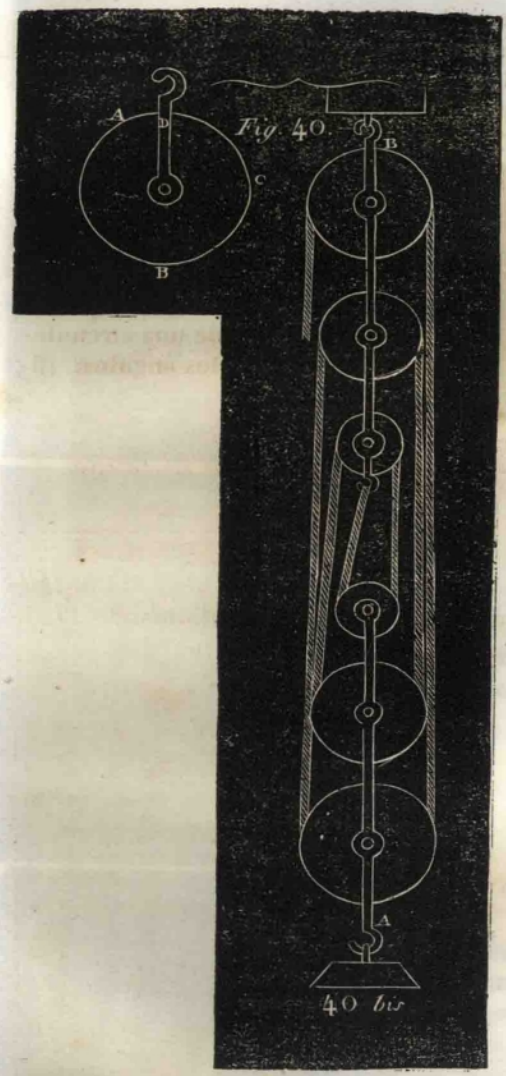


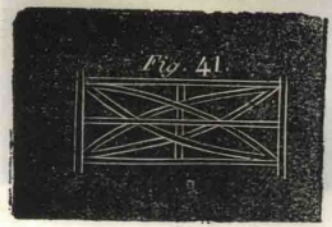
Fig. 39

UNIVERSIDAD DE HUELVA 2010



9. Poleas y aparejos. La *polea* se representa por medio de un círculo, á cuyo centro esté adherida la chapa D, figurada por dos líneas rectas que terminan en dos arcos de radios diferentes. (fig. 40).

Llámase *aparejo* un conjunto de poleas colocadas sobre dos chapas diferentes: una de las poleas, A, es móvil, y la otra B, inmóvil. (fig. 40 bis).



10. Rejas. Despues de haber dibujado la guarnicion, se describen arcos entrelazados, cuyos centros deben estar en la prolongacion de los lados, tirando en seguida los traveseros del medio, como se manifiesta en la figura 41.

UNIVERSIDAD DE HUELVA 2010

11. **Reja de balcon.** La anchura de las partes destinadas á recibir los arcos tangentes, deben ser un tercio de su altura; lo restante de la guarnicion se dividirá, segun el modelo, describiendo despues los arcos y tirando las rectas del interior, como se representa en la figura 42.

Rejas de círculos tangentes. Para dibujar la primera, entrarán desde luego las guarniciones, de modo que su longitud sea doble que su altura; en seguida se describirán los arcos y los círculos, cuyos centros se hallan todos en una recta horizontal, que divide los lados en dos partes iguales. (fig. 42).

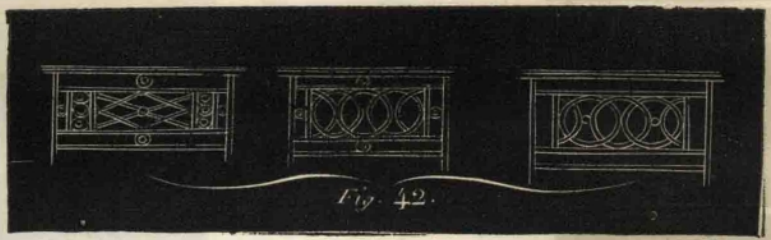


Fig. 42.

Para dibujar la segunda se trazarán unos círculos pequeños á distancias iguales, y otros mayores tangentes á los primeros, formando finalmente la guarnicion segun la magnitud de los círculos. (fig. 42).



Fig. 43.

12. **Rueda hidráulica.** Se trazarán varios círculos concéntricos, como se nos manifiesta en la figura 43.

UNIVERSIDAD DE HUELVA 2010

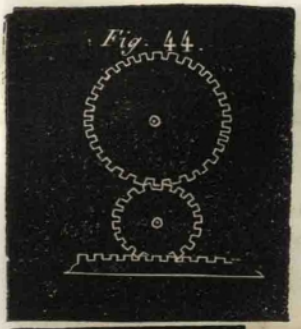


Fig. 44.

13. **Engranaje.** Se dividirán las ruedas en partes iguales, para que los dientes se correspondan y engarganten con facilidad. (fig. 44).

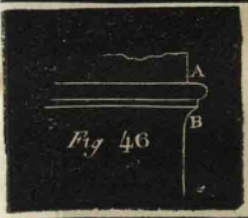


Fig 46

14. **Astrágalo.** Esta figura se compone de un junquillo y un filete. (fig. 46).

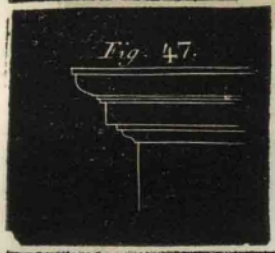


Fig. 47.

15. **Cornisa.** Se compone de un filete, un cuarto bocel, otros dos filetes, una faja, otro filete, y un talon, como aparece en la figura 47.


Fig. 48.

16. **Florero.** Esta figura se compone de rectas y de arcos de círculos. Los dorados del pie tienen su centro en la línea punteada. (figura 48.)

UNIVERSIDAD DE HUELVA 2010


Fig 49.

17. **Jarron.** Este vaso, formado de un óvalo prolongado, descansa sobre un pie; las asas están formadas por dos círculos concéntricos. (fig. 49).


Fig. 50.

Mesa de jardin. En esta figura, cuya tabla es comunmente de mármol, y la columna de piedra, la moldura es una escocia suave. (fig. 50).


Fig. 51.

Jarro y aguamanil. Es una semi-elipse que se une de extremo, á extremo sin garrotes, á dos cuartos de círculo; el pie del vaso, su ángulo y cuello son curvas llamadas de *capricho*, porque se trazan sin ley determinada. (fig. 51).


Fig. 52.

Bol. Véase esta figura (52) que consiste en un semicírculo adornado de filetes paralelos, montado sobre un pedestal muy bajo.


Fig. 53.

Tonel. Los fondos se representan por dos elipses, y los lados por arcos. (fig. 53).

UNIVERSIDAD DE HUELVA 2010



Sopera. Una semi-elipse sobre un pedestal figura su capacidad, y la cubierta una curba de capricho; las asas se representan por dos círculos y dos líneas paralelas. (fig. 54).



Jarron—fuente. Una especie de columna corta sostiene una capacidad formada por una moldura; un globo esférico sostiene la cebolla que ha de verter el líquido. (fig. 55).



Tetera. La parte principal está formada por un círculo; el asa y el pico son curbas de capricho. (fig. 56).



Garrafa. Se compone de dos partes de elipse; la inferior se pierde en la moldura que sirve de base, y la superior está en armonía con dos arcos. (fig. 57).



Candelabro. Esta figura se construye por medio de la vertical; un plinto, un filete y una escocia vuelta forman el pie; la terminacion del árbol se figura por una parte de elipse, (fig. 58).

UNIVERSIDAD DE HUELVA 2010

Rosetones. Se forman estas figuras con un gran círculo, en el que se colocan diversos arcos; por ejemplo, de un punto cualquiera de la circunferencia, se traza con su radio un arco de círculo; se repite seis veces la misma construccion, tomando por centros los puntos de interseccion, y se tienen seis partes iguales, que son las seis hojas del floron ó roseton. Para hacerle de doce, basta reproducir la operacion precedente, tomando por centro el punto medio de los primeros arcos. (fig. 59).

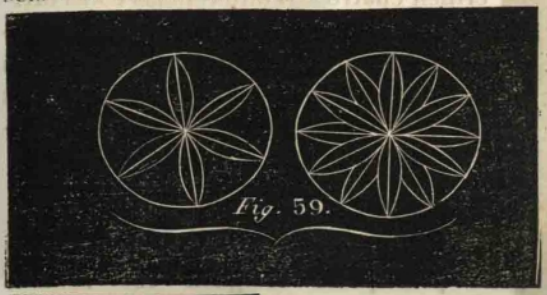


Fig. 59.



Fig. 60.

Lámpara. Esta figura está compuesta de un cilindro montado por un globo de cristal y tubo cilíndrico, que encierra la mecha y su llama: estas lámparas son muy usadas. (fig. 60)

Ojo de buey. A veces las puertas cocheras se construyen de arcada ó cimbra entera, es decir, semicircular, y en ella se abre una ventana ó agujero redondo ú oval, llamado *ojo de buey*. Para trazar este, se levanta una vertical, cuyo medio es centro de arco de 90° y el círculo interior de estas ventanas es tangente á la cuerda. (figura 61).

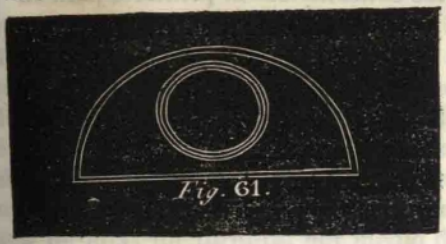
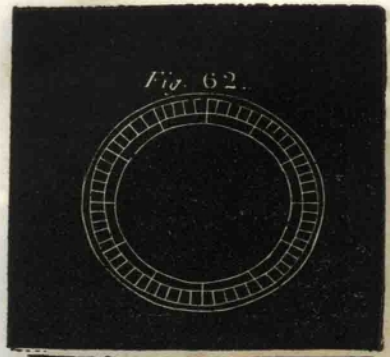
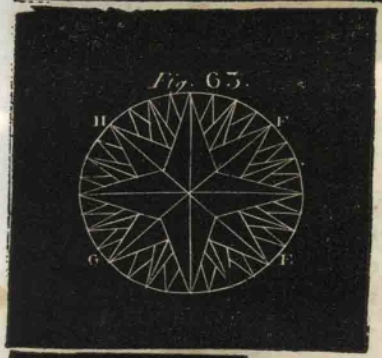


Fig. 61.

UNIVERSIDAD DE HUELVA 2010



Cuadrante de reloj. Se describen cuatro circunferencias concéntricas; se divide el espacio comprendido entre las dos inferiores en doce partes para las doce horas; y el espacio de hora en dos para las medias; los minutos se marcan entre las dos medias. (fig. 62).



Rosa naútica. Los cuatro puntos principales designan los rumbos cardinales, *sud*, *norte*, *este*, y *oeste*; los cuatro colaterales, *sud-este*, *nord-este*, *sud-oeste* y *nord-este* son indicados por los puntos E, F, H, G, etc. Para construir la rosa náutica, es menester describir muchas circunferencias y trazar las líneas indicadas por los puntos de division (figura 63).



Cruz de honor. Descríbase un círculo, que se divide en diez arcos iguales; los puntos de la division terminan en pequeñas bolas, que figuran los rayos de la estrella: los diámetros correspondientes marcan la inclinacion de las ramas. Se trazan otros dos círculos concéntricos al primero, para recibir, el uno la leyenda, y el otro las ramas de laurel. (fig. 64).

UNIVERSIDAD DE HUELVA 2010



Fig. 65.

Portada de tienda. Los cruzados están compuestos de ocho cuadrados; los bastidores están separados por una columna medio-saliente, que sirve de apoyo á los arcos que forman la cimbra de los cuadrados superiores; el basamento G es de cuarterones tallados á punta de diamante, y el friso AB está destinado á recibir el rótulo (fig. 65).

2.ª SECCION.=DEL DIBUJO LINEAL GRÁFICO.

§. 1.º *Del dibujo lineal gráfico en general.*

1. Qué instrumentos son necesarios para el dibujo lineal gráfico?— 2. Descripcion y usos de la regla y compás.— 3. Qué es tira-líneas? Sus usos.— 4. Cuáles son los elementos geométricos del dibujo lineal gráfico?

1. Los instrumentos necesarios para el dibujo lineal gráfico son: la *regla*, el *compas* con su *tiralíneas* y su *porta lapiz*, un *semicírculo* de talco, un *tiralíneas*, y una *escala de proporcion*.

2. En las nociones de geometría hemos hecho la descripcion de la regla y del compas, manifestando al propio tiempo el uso de estos instrumentos.

3. El tiralíneas se compone de dos lengüetas de acero muy delgadas y terminadas en puntas romas. Para hacer uso del tiralíneas, se llena de tinta el espacio comprendido entre las dos lengüetas, cuya operacion se llama cargar el tiralíneas. Para esto se sumerge en la tinta, habiéndolas humedecido antes con la boca ó en agua, y teniendo cuidado de limpiar su exterior. Cargado el tiralíneas, se corre á lo largo de la regla; el vestigio de tinta que deje será una recta, cuyo grueso dependerá de la separacion de las lengüetas. Para aproximarla, segun queramos, tiene una de ellas un tornillo, por medio del cual se puede acercar á la segunda, segun el grueso que á la línea se quiera dar.

4. Los elementos geométricos del dibujo lineal gráfico comprenden todas las construcciones relativas á las líneas rectas, oblícuas, perpendiculares y paralelas; la formacion de los ángulos, del círculo, de los polígonos, etc., construcciones que hemos indicado ya en la geometría.

UNIVERSIDAD DE HUELVA 2010

§. 2.° *Del dibujo lineal gráfico, de las figuras curvilíneas y de las molduras.*

1. Cómo se dibuja gráficamente una elipse ordinaria? Qué debe hacerse cuando se nos da el eje menor solo?— 2. Cómo trazarémos una elipse de jardinero cuando se nos dan los dos ejes?— 3. Cómo dibujarémos el asa de cesta, conocidas la base y altura?— 4. Cómo se dibuja el óvalo?— 5. Dibujar la espiral.— 6. Trazar un cuarto bocel,— 7. Modo de trazar el junquillo.— 8. Cómo dibujarémos el toro?— 9. Dibujar la gorguera.— 10. Modo de dibujar el talon.

1. Para trazar una elipse ordinaria se tirará la recta AB de la longitud de la elipse que se quiere dibujar; se divide esta línea en tres partes iguales AK, KH, HB; sobre la parte HK se formarán los triángulos equiláteros HEK, HDK; finalmente, desde los puntos H y K, como centros, trazarémos los arcos LAC, IBG, hasta los lados prolongados de los triángulos, y desde los puntos E y D, y con un radio igual á EL se describen los arcos LG, CL. (fig. 21).

Podemos tambien construir la elipse del modo siguiente: tomando por centro la extremidad del eje menor, y por radio el semi-eje mayor AC, se traza FF′ que cortará el eje mayor en F y F′, puntos que se denominan *focos* de la elipse; despues, tomando un cordon, cuya longitud sea AB, se fijan sus dos extremos el uno en F y el otro en F′. Si por medio de un punzon ponemos tirante el cordon, para que tome la figura de una línea polígonal F′MF, el punto M corresponderá á la elipse. (fig. 66). Si solamente se nos diese el eje menor, lo prolongaríamos una cuarta parte, con lo cual tendrémos el mayor, y operaríamos del modo que se acaba de indicar.

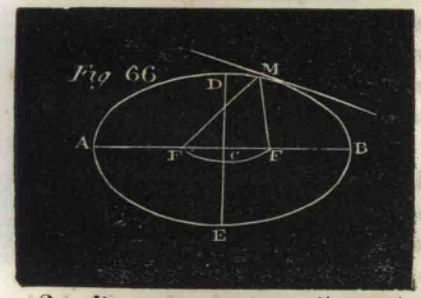


Fig 66

2. Para trazar una elipse de jardinero, conocidos los dos ejes AB, DG, se cruzan perpendicularmente y por su mitad: desde la extremidad D del eje menor, y con una avertura de compas igual á la mitad AC del mayor, se describe el arco EF que corte al eje mayor en E y en F; tómase despues un hilo ó un cordon de igual lonjitud al eje mayor; y fijando sus extremos, el uno en E y el otro en F, se corre el punto por el pliegue M del cordon. (fig. 67).

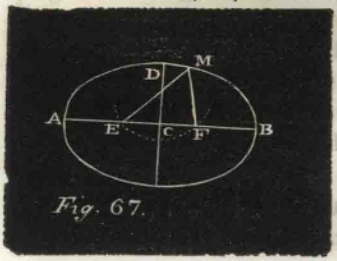


Fig. 67.

UNIVERSIDAD DE HUELVA 2010

3. Para construir el *asa de cesta* de base y altura conocidas, levantarémos sobre la mitad de la base, AB, la perpendicular DC, igual á la altura del asa; uniremos las extremidades de esta base al punto D de la perpendicular; desde el ángulo C se colocará en F la altura CD, y desde D se pondrá en O y en H la diferencia AF de los semi-ejes; levantando sobre el medio P é I de BO y AI las perpendiculares PE, IE, que se encuentran en el punto E del eje CD prolongado, los puntos L y G serán los centros de los arcos BM, AN, y el punto E el del arco MDN. De este modo tendrémos la figura que queremos construir. (fig. 22).

4. Si queremos trazar un *óvalo*, sobre la mitad de AB levantarémos la perpendicular CD; desde C se colocará en D la lonjitud AC; se tiran las rectas AB, BD prolongadas mas allá del punto D; desde el punto C, y con su radio igual á AC, se describirá la semicircunferencia AEB; desde las extremidades A y B del eje menor se trazarán los arcos BG, AF; finalmente, desde la interseccion D se describe el arco FG, y tendrémos construido el óvalo. (fig. 23),

5. Para trazar la *espiral*, se tiran las cuatro líneas AB, cd, E f, g H, de modo que formen un cuadrado. A será el centro del primer arco cd, G, del arco de, E del ef, y C del arco fg, y si se da una segunda revolucion, A será todavía el centro del arco gh, etc. (fig. 24).

6. Para construir un *cuarto bocel*, tomarémos la altura pérpendicular AD de la salida de la moldura, y desde el punto A se trazará el arco CD. (fig. 31),

7. Para trazar el *junquillo*, describirémos una semicircunferencia, cuyo centro será el punto medio de la perpendicular AB, que representa el alto de la moldura. (fig. 32).

8. El *toro* se construye trazando una semicircunferencia, cuyo centro sea la mitad de la perpendicular CD, que manifiesta la altura del toro. (fig. 33).

9. Para trazar la *gorguera*, se describe una semicircunferencia que tenga por centro el punto medio de la perpendicular CB, y por radio la mitad CA de la altura de la gorguera. (fig. 34).

10. Para trazar el *talon*, se tira la línea AB; despues dividirémos la salida de la moldura por medio de la perpendicular D, y prolongarémos la línea B; el punto D será el centro del cuarto bocel, y el punto C el del cabeto que forma el talon. (fig. 37).

UNIVERSIDAD DE HUELVA 2010

4.ª SÉCCION.=APÉNDICE AL DIBUJO LINEAL.

1.° *Del método general para dibujar las figuras.*

1. A qué puede reducirse toda figura, por complicada que sea?— 2. Es necesario ocuparse del conjunto antes de dibujar los detalles?— 3. Qué marcha debe seguirse para poner cada parte de un dibujo en su lugar, ó en otros términos, para trazar bien un conjunto?—4. Debe permitirse siempre al discípulo el uso de cuadrados, y por qué puede suplirlos?— 5. Cómo se reducen los dibujos á menores dimensiones?

1. Toda figura, por complicada que sea, puede reducirse á rectangulos ó á círculos. Es necesario, pues, que los alumnos ejecuten correctamente rectángulos de un lado horizontal y otro vertical; ejercitandoles seguidamente en dividir los lados en mitades, cuartos, etc. Lo mismo practicarán con los círculos.

2. Deben anticiparse los discípulos á ocuparse del conjunto con preferencia al dibujo de los detalles. El que traza los delineamientos aproximadamente para expresar en seguida todos los detalles que percibe en los contornos de su modelo, abraza á la vez un gran número de relaciones, que no pueden marcar. Ademas, la distancia entre dos trazos próximos que haya formado, le sirve de escala para apreciar la distancia á que debe sujetar el trazo siguiente; pequeños errores en cada evaluacion; conducen de uno en otro á errores mayores por la acumulacion, y los contornos exteriores salen de tal modo deformes que es imposible reconocer el modelo en la copia.

Al contrario, si el conjunto se traza aproximadamente bien en la copia, los detalles vendrán á colocarse en ella con facilidad; los errores que se hayan podido cometer, serán mucho menos sensibles é influirán considerablemente menos en el aspecto general. Así es, que, si se ensayase hacer una rueda dentada, dibujando desde luego diente por diente, jamás se lograría el objeto, pero, si se comienza trazando el círculo de la rueda, y se divide en partes próximamente iguales, nada será mas fácil que hacer una figura de las dichas, bastante regular.

3. Para colocar cada parte de un dibujo en su lugar propio, ó en otros términos, para trazar bien un conjunto, basta saber dibujar circunferencias y rectángulos.

Se dividen en mitades, cuartos, etc., segun la extension, las dos líneas verticales opuestas que forman el cuadro del modelo; por los puntos de division del mismo rango se tiran líneas horizontales, que forman bandas; se practica otro tanto en las dos bandas superior é inferior del cuadro, y se tira una série de verticales equidistantes; en fin, se hace absolutamente lo mismo en la hoja que debe recibir el dibujo. De este mo-

UNIVERSIDAD DE HUELVA 2010

do el modelo y la hoja quedan descompuestos en rectángulos iguales. Se marcan en seguida sobre esta hoja, en cada rectángulo los puntos que en él ocupen el mismo lugar que los que se han distinguido, mas notables en el modelo, y se ejecuta en seguida el conjunto del dibujo.

4. Cuando el discípulo ha adquirido por este procedimiento un hábito suficiente de trazar los rasgos principales, se le acostumbra poco á poco á pasar sin cuadrados, despues á hacerlos mas extensos, luego haciéndole sustituir líneas ideales á las matemáticas de la cuadrícula. No deberá trazar estas rectas sino sobre el papel; de ningun modo en el modelo, donde se contentará con imajinarlas. Podrá servirse de un doble decímetro ó de su porta lápiz; sosteniéndole vertical ú horizontalmente delante del ojo, se servirá como de un nivel ó de un hilo á plomo, que le permitirá distinguir en el modelo los puntos principales de sus direcciones, evaluar las distancias de los puntos próximos, y colocarlos en los cuadrados de su papel.

Mas adelante el discípulo ya no trazará cuadrados, ni aun en la copia. A falta de rasgos reguladores, podrá colocar todos los puntos principales del conjunto, unirlos por trazos, indicar por la figura circular las curbaturas de los contornos, descender á los detalles, completar, en fin, su dibujo.

Este método puede aplicarse al dibujo de la *naturaleza*.

Para reducir los dibujos á menores dimensiones, se hace primeramente en el papel un cuadro semejante al del modelo; se dividen los dos rectángulos por un número igual de horizontales equidistantes, y se hace lo mismo con las verticales; estas líneas dividirán las dos superficies en otros tantos rectángulos geométricamente semejantes de dos partes; los rectángulos hechos en el modelo serán iguales entre sí; lo serán tambien en la copia; pero los primeros no lo serán respecto á los segundos. El resto de la operacion no consiste en otra cosa que en trasportar cada punto notable del modelo que le conviene á la copia, es decir, al rectángulo del mismo rango, y en un punto de este rectángulo, colocado como está el del orijinal.

Los ejercicios versarán despues sobre reducciones sin el socorro de la cuadrícula en el modelo, y luego sin servirse de ningun rectángulo.

Si la copia debiese ser mayor que el modelo, se seguiría la misma marcha, pero en sentido opuesto.

UNIVERSIDAD DE HUELVA 2010

§. 2. *De las proyecciones.*

1. Qué se llama proyeccion, y cuál es su utilidad?— 2. Cuántas proyecciones se distinguen?— 3. Qué es la proyeccion de una recta sobre un plano?— 4. Cuál es la lonjitud de toda recta en el espacio?— 5. Cómo se proyectan las figuras sobre un plano paralelo al de la superficie?— 6. Cuáles son las proyecciones de dos rectas paralelas ó perpendiculares en el espacio?— 7. Cómo se obtiene la proyeccion de un círculo situado en el espacio?— 8. Cómo deben representarse las partes de un edificio, y cómo se llama este dibujo?— 9. Qué se hace para acabar de determinar las partes notables del edificio, y cómo se llama este dibujo?— 10. Cómo se proyecta un prisma, un cilindro, etc.— 11. Cómo se disponen los planos en la práctica de una manera que se preste á las construcciones, y qué resulta de aquí?— 12. Cuántas proyecciones se necesitan para tener idea exacta de un objeto?— 13. Cómo se puede conocer por medio de sus proyecciones, las dimensiones de una recta, de un círculo, de una elipse y de un óvalo? Aplicaciones.— 14. Dibujo de un tejado comun y otro de Mansard.— 15. Un rayo de Júpiter.— 16. Una cómoda.— 17. Una cama de barco.— 18. Un escritorio.— 19. Una silla.— 20. Una prensa.— 21. Una bomba aspirante.— 22. Utiles de hortelano.— 23. Un gato y un tornillo de cerrajero.

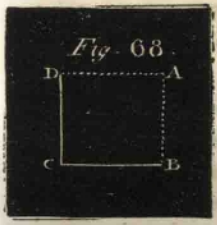


Fig. 68.

1. Se llama *proyeccion* de un punto sobre una línea ó sobre un plano el pie de la perpendicular bajada desde este punto sobre la línea ó sobre el plano.

Asi en la figura 68, B es la proyeccion de A sobre BG, y D es su proyeccion sobre GD. Respecto á los planos DAB, GAB (fig. 71), que se suponen perpendiculares entre si, E es la proyeccion del punto F, supuesto en el espacio sobre el plano DAB, y G su proyeccion sobre el plano GAB.

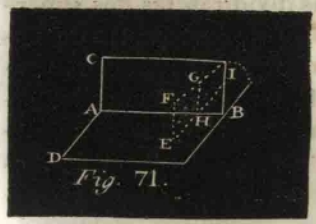


Fig. 71.

Es indispensable estudiar la teoría de las proyecciones. En efecto, un dibujo, por fiel que sea, puede muy bien dar una idea de la forma exterior de los cuerpos y de sus situaciones mútuas; pero no podria servir de guia seguro al operario que quisiese deducir la figura y las dimensiones de las piezas de que se compone; porque alguna de estas piezas no está vista bajo su verdadera forma, y por que la disminucion de la perspectiva altera el tamaño y la situacion relativa. Esto, que no puede obtenerse en un dibujo ordinario, se halla fácilmente por las proyecciones.

2. Hay dos especies de proyecciones: la *horizontal* y la *vertical*. Se llama horizontal la que está sobre la línea ó el plano horizontal; y vertical la que está sobre la linea ó plano vertical.

3. La proyeccion de una recta sobre un plano es otra recta, de

UNIVERSIDAD DE HUELVA 2010

lonjitud y direccion diferentes, que determinan las proyecciones de sus dos extremidades ó de dos de cualesquiera de sus puntos.

En efecto, imaginemos dos planos, el uno horizontal FG, el otro vertical GH, y una línea recta *b*, *c*, situada en el espacio. (fig. 69).

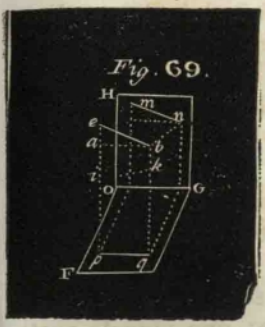


Fig. 69.

Si de todos sus puntos se tiran perpendiculares al plano FG, para tener las proyecciones de los puntos de la recta, los pies de estas líneas marcarán sobre este plano la línea recta *pq*, que será la proyeccion horizontal de *b c*. De la misma manera las perpendiculares tiradas sobre el plano vertical GH darán la proyeccion vertical *mn*.

4. La lonjitud de toda recta en el espacio es el lado mas grande de un triángulo rectángulo, cuyos dos lados del ángulo recto sean, el uno la proyeccion horizontal recta; el otro, la diferencia del nivel de los dos términos de su proyeccion vertical. (fig. 69).

5. Si las figuras son paralelas al plano sobre que se las proyecta, las proyecciones son iguales y semejantes; pero, si el plano de proyeccion no es paralelo al de la superficie, la igualdad ya no existe. Un círculo, por ejemplo, se proyecta segun una elipse; esta, segun otra elipse.

6. Dos rectas paralelas en el espacio tienen sus proyecciones paralelas; pero las proyecciones de dos perpendiculares no son perpendiculares entre sí.

7. Para obtener la proyeccion de un círculo situado en el espacio, es necesario, si el círculo es paralelo á uno de los planos, proyectar sobre este plano su diámetro AB (fig. 70), sobre el cual se describe una

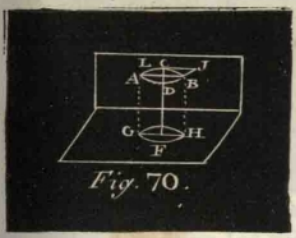


Fig. 70.

circunferencia EGFH, que es la proyeccion del círculo dado; sobre el otro plano será una recta IJ, igual al diámetro del círculo, pero, si es oblícuo con relacion á los planos, se proyectan dos diámetros AB, GD, cruzados perpendicularmente, y sus proyecciones EF, GH son los ejes de la elipse que tiene la proyeccion sobre el plano horizontal; del mismo modo se opera relativamente al plano vertical.

Asi es como se proyectan elipses, círculos, ect.

8. Para representar las partes de un edificio, se imajina un plano horizontal, sobre el cual se traza un dibujo semejante al que determinan los pies de las perpendiculares que se tirarian á este plano de las di-

UNIVERSIDAD DE HUELVA 2010

ferentes partes del edificio. Este dibujo se llama *plano geométrico.*

9. Para acabar de determinar las partes notables del edificio, se concibe otro plano perpendicular al primero, sobre el cual se traza un dibujo semejante al que determinarian los pies de las perpendiculares que se tirasen á este plano de las partes notables del edificio. Este plano, da la altura de los objetos sobre el plano geométrico.

La figura que resulta se llama *elevacion*, si no hace ver mas que las partes exteriores; *perfil*, si el objeto se vé lateralmente y segun una dimension estrecha; en fin, *corte*, si demuestra el interior de un cuerpo, de un edificio, de una máquina.

10. Todo prisma, ó todo cilindro, elevado perpendicularmente á un plano, se proyecta en él segun su base, asi como todas las figuras trazadas, segun su superficie.

Un plano es proyectado sobre la horizontal, segun una recta, asi como todo lo que se ha trazado sobre este plano; una vigueta vertical lo es segun el rectángulo de su base, etc.

11. En la práctica, para disponer los planos de una manera que se presten á las construcciones, se imajina que el plano vertical ABG (figura 71) ha jirado al rededor de la interseccion AB, que hace con el plano horizontal, hasta el que se encuentra en la prolongacion de este. En esta rotacion, toda línea, GH, perpendicular á la interseccion AB, describe un plano que le es perpendicular, y por consiguiente, esta línea GH se halla en la misma direccion que la línea EH que la corresponde en el plano horizontal.

Resulta de aqui que las dos proyecciones E y F de un mismo punto F, se hallan sobre una misma línea, EI, perpendicular á la interseccion de dos planos.

12. Para formarse una idea justa de un objeto, es necesario conocer á lo menos dos proyecciones diferentes de este objeto. La proyeccion vertical determina la lonjitud del objeto, lo que no hace la proyeccion horizontal; de suerte que por medio de estas dos proyecciones se podria ejecutar el objeto dibujado.

UNIVERSIDAD DE HUELVA 2010

13. Para determinar la lonjitud de una recta por el conocimiento de sus proyecciones, se tiran á las extremidades de la proyeccion horizontal EF (fig. 72), las perpendiculares EG, FH, iguales á LL, JM, y se tira la recta GH, que da la lonjitud pedida; porque, si se imajina que EFGH, LMGH son planos elevados perpendicularmente, el primero sobre la proyeccion horizontal EF, y el segundo sobre la proyeccion vertical LM, su interseccion comun ha de ser precisamente la recta buscada.

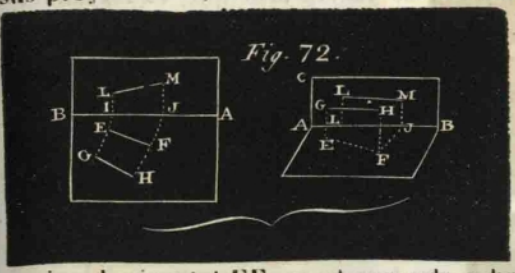


Fig. 72.

Se determinan las dimensiones de un círculo, operando sobre las proyecciones de su diámetro, como acabamos de hacerlo sobre las de la recta; las de una elipse y de un óvalo, operando de la misma manera sobre la lonjitud de los ejes.

14. Tejado. El *tirante* ó *solera* A debe apoyarse sobre el muro P en los dos tercios de su espesor; la circunferencia que termina la altura puede tener el largo del edificio por diámetro. La pieza B se denomina *par*; G *tirante falso;* D *punzon;* E *jabalcon;* F *cadena*; G *cabrial ;* I *viga*; H *puente;* L *caballete;* M *plataforma:* y P *es el muro.* (figura 73).

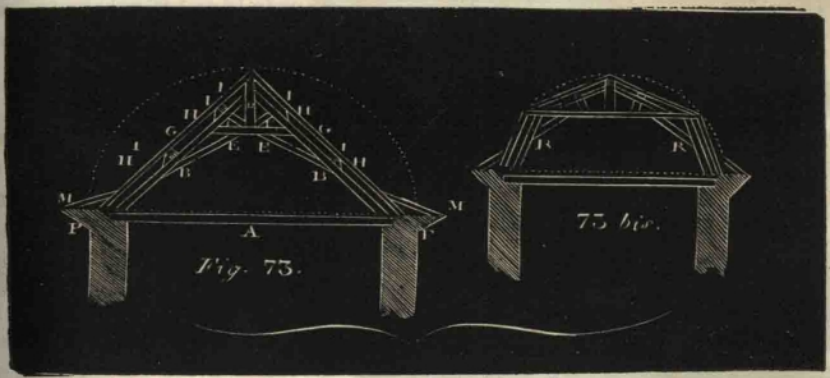
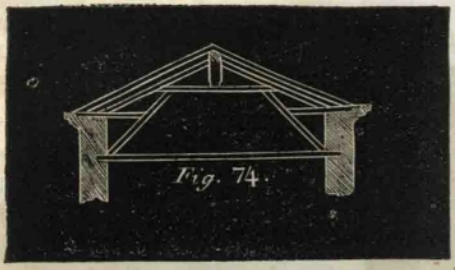


Fig. 73.

Tejado de Mansard.—(fig. 73 bis). Las partes que componen este tejado, tienen los mismos nombres que las del precedente; añadiendo la pierna de fuerza R.

UNIVERSIDAD DE HUELVA 2010



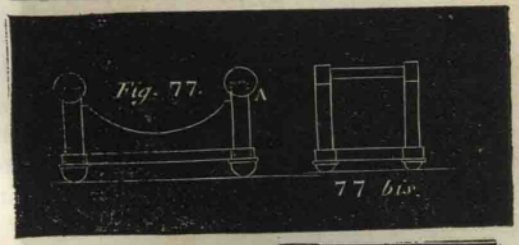
Estas dos especies de tejados no se hallan mas que en los edificios antiguos, porque en el dia se hacen de construccion menos pesada y costosa. La figura 74 representa la forma que se les da en la actualidad.



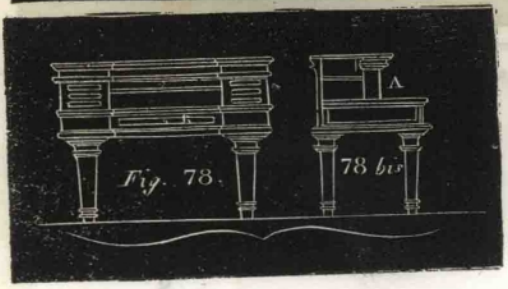
Rayo de Júpiter.— (fig 75). Los carpinteros llaman asi el corte que les sirve para reunir sólidamente dos extremos de maderaje para no hacer mas que uno solo, cuando no tienen madera de bastante largo para hacer el mueble de una sola pieza.



16. **Cómoda.** Este mueble, cuya elevacion se ve en la figura 76, se construye por medio de horizontales y verticales. La figura 76 *bis*, representa el corte de lado é índica la profundidad del mueble; las paralelas sombreadas dan los cortes de los cajones.



17. **Camas de barco.** La figura 77 representa su largo; las extremidades A de los rodillos se ven de frente; la figura 77 *bis*, indica el largo del mueble.



18. **Escritorio.** La figura 78 representa un escritorio; y la parte B un cajon; la figura 78 bis, representa su proyeccion visto de lado; A es el vuelo que hace de mesa.

UNIVERSIDAD DE HUELVA 2010

MAGISTERIO BIBLIOTECA HUELVA

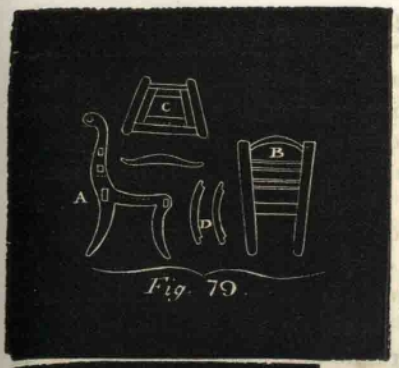


Fig. 79.

19. **Sillas.** La figura 79 da las diferentes proyecciones de una silla: A es la vista de perfil; B es el respaldo; C la silla en vuelo, y D los traveseros.

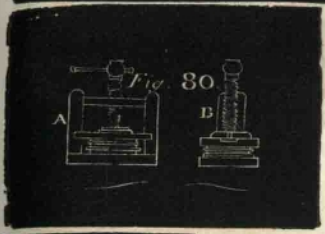


Fig. 80.

20. **Prensa.**— (figura 80). A representa la altura y el largo de la prensa vista de frente, y B su grueso visto de lado.

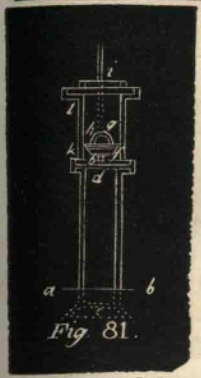


Fig. 81.

21. **Bomba aspirante.** La figura 81 es el corte de una bomba aspirante; *ab* es el nivel del agua en el reservatorio ó cubeta del tubo de aspiracion *cd*, y que cierra en su parte superior la válbula *d*. El piston *f*, provisto al rededor de un cuero, cierra herméticamente el cuerpo de bomba *kl*; este piston está unido sólidamente á un estribo de hierro *g*, que saca é introduce necesariamente la vara *gi*. Una válbula *h* abre y cierra uno despues de otro un canal *f* que abre el piston en su lonjitud; cuando se levanta el piston, la aspiracion hace el vacío en el interior y fuerza al agua á subir en virtud de la presion del aire exterior sobre el agua *ab* del reservatorio, porque la válbula *d* se abre y la *h* queda cerrada; cuando vuelve á descender el piston es al contrario *h* la que se eleva para dejar pasar el aire ó el agua encima del piston, mientras que la otra válbula *d* queda cerrada bajo la presion.

UNIVERSIDAD DE HUELVA 2010

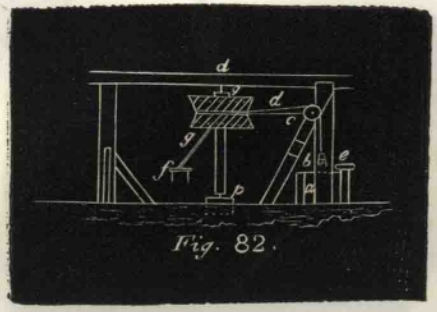


Fig. 82.

22. **Utiles de los labradores.** La figura 82 representa la elevacion de la máquina de los hortelanos para sacar agua del pozo *a*, por medio de un balde *b*, y verterla en una pila *e*, por donde marcha adonde conviene dirijirla. La cuerda *dc*, pasada por la polea *c*, saca el balde y se enrolla sobre un tambor haciendo jirar el árbol vertical *pd* que se pone en movimiento por medio de un manubrio. Y un caballo sujeto á *af*, ya un hombre, obrando sobre la extremidad de la bara *fg*, da vueltas al rededor del árbol *pd*. La cuerda, enrollándose en el tambor, hace subir uno de los baldes mientras desciende el otro, y es necesario voltear el árbol en sentido contrario para hacer subir á su vez el que se ha llenado, y bajar el primero que está vacío.


Fig. 83.

23. **Gato.** Máquina destinada á levantar pesos. (fig. 83).

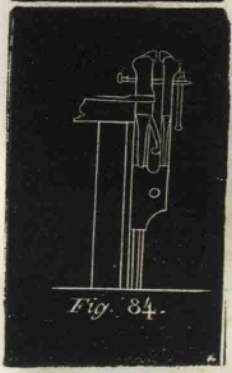


Fig. 84.

24. **Torno de cerrajero.** Como demuestra la figura 84.

UNIVERSIDAD DE HUELVA 2010

§. 3. *De la arquitectura.*

1. Qué es la arquitectura?— 2. Cuántos órdenes hay de arquitectura?— 3. Cuántas partes principales se distinguen en los cinco órdenes?— 4. Cómo se distinguen los cinco órdenes?— 5. Qué relaciones se establecen entre los tres principales órdenes de arquitectura?— 6. Qué proporciones guardan las columnas?— 7. A qué se llama módulo y cómo se divide el módulo?— 8. Cuál es la altura total de cada uno de los cinco órdenes? Cuál es la distancia de las columnas ó el intercolumnio en cada órden?— 9. Qué son pilastras?— 10. Cuál es la forma de la columna, y cómo se traza su disminucion? —11. Qué es una voluta? Cómo se traza la voluta jónica?— 12. Qué es un frontis y cuáles son sus proporciones? — 13. Qué se llama imposta, archivolta y artesonado? —14.Qué ha de hacerse para dibujar un órden de una altura dada?

1. La *arquitectura* es el arte de construir ó edificar.

2. Hay cinco órdenes de arquitectura: el *toscano*, el *dórico*, el *jónico*, el *corintio* y el *compuesto*.

3. Se distinguen tres partes principales en cada órden: la *columna*, el *entablamento* ó *cornisamento* y el *pedestal* que la sostiene.

Estas tres partes no se hallan siempre en la ejecucion de cada uno de los órdenes, porque la atribucion del nombre de un órden á un edificio no depende siempre de las columnas, sino tambien de las proporciones observadas en el conjunto de sus partes: á veces tampoco hay columnas, y el pedestal está con frecuencia reemplazado por un plinto.

Cuando el pedestal circuye á todo el edificio se llama *estylobato* ó *basamento;* cuando el entablamento no es de friso, la cornisa descansa inmediatamente en la *arquitectura*, y se llama entonces *arquitecturado*.

4. Se distingue el toscano por la simplicidad de sus partes, que no admiten adorno alguno; el dórico, por los tríglifos y las metopas del friso; el jónico, por las volutas de su chapitél; el corintio, por la doble fila de hojas de acanto y las ocho volutas de su chapitél; en fin, el compuesto, por el chapitél corintio unido á las volutas del jónico.

Ademas de estos caractéres, los diversos órdenes se distinguen tambien por las proporciones respectivas de sus partes:

5. El pedestal, la columna y el entablamento se divide cada uno en tres partes.

El pedestal. . . . . en *cornisa*. . . . . *neto*. . . . . y *base;*
la columna. . . . . en *base*. . . . . *fuste*. . . . . y *chapitel;*
el entablamento. . en *arquitectura*. . . *friso*. . . . . y *cornisa*.

4. En todos los órdenes el entablamento tiene por altura la cuarta parte de la columna, y el pedestal, la tercera.

UNIVERSIDAD DE HUELVA 2010

6. El grosor de la columna es proporcionado á su órden, á su altura y á la elevacion total del edificio.

La columna toscana tiene por altura, comprendiendo la base y el chapitel, siete veces su diámetro; la dórica, ocho veces; la jónica, nueve veces; la corintia y la compuesta, diez veces.

7. Se llama *módulo* el radio de la columna ó la mitad de su grosor, que, una vez determinado, da la altura del piso, de la cornisa, del fuste, etc.

El módulo está dividido en 12 lonjitudes iguales ó minutos en el órden toscano y el dórico, y en 18 en los otros tres.

8. Véase la tabla de la altura total y del *intercolumnio* ó intérvalo de las columnas en cada órden:

	ALTURA TOTAL.	SIN PEDESTAL.	INTERCOLUMNIO.
O. toscano módulos.	22 ½	17 ½	4 ½
O. dórico	25 ½	20	5 ½
O. jónico.	28 ½	22 ½	4 ½
O. corintio.	31 ⅔	25	4 ⅔
O. compuesto.	31 ⅔	25	4 ⅔

9. Las *pilastras* son columnas cuadradas (paralelepípedos) que rara vez se aislan; se las embute en la pared dejando saliente como un tercio ó un cuarto de módulo. Por lo demas, sus adornos, como chapiteles, base, y todas las proporciones en fin, se arreglan segun los preceptos del órden á que pertenecen.

10. La columna es ordinariamente cilíndrica hasta el medio de su altura, desde cuyo punto va disminuyendo; de manera que el diámetro de su parte superior es un sexto menor que el de su parte inferior. Ciertos arquitectos la hacen disminuir abajo.

UNIVERSIDAD DE HUELVA 2010

Veamos la manera de trazar la dimension de la columna.

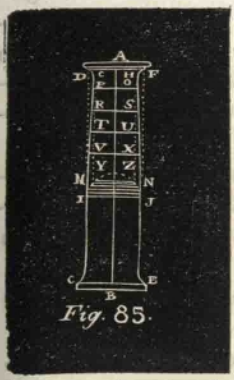


Fig. 85.

Despues de haber tirado el eje A B (fig. 85) de la columna, trazando las paralelas CD, EF, y llevando de D á G y de F á H la diminucion dicha, se tira el diámetro IJ, en su tercio; se describe sobre este diámetro la semicircunferencia IMNJ: se tiran en seguida GM, paralela á CD hasta encontrar la semicircunferencia; se divide el arco IM en seis partes iguales, y por estos puntos se tiran paralelas al diámetro IJ: MN será siempre igual á GH. Se ejecutarán las otras paralelas por órden hasta las dimensiones de la columna PO, RS etc., y sus extremidades sarán los puntos por donde deberian pasar las curbas que denotan la disminucion de la columna.

Si la disminucion debiese comenzar en la parte inferior de la columna, se haría en CE lo que se ha dicho en IJ.

11. La *voluta* es un adorno del chapitel en forma espiral.

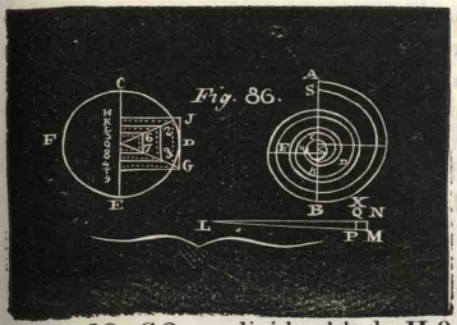


Fig. 86.

Sea AB la altura de la voluta jónica (fig. 86): se la divide en 16 partes iguales ó minutos; de la 9.ª division O y un radio igual á un minuto, se describe el ojo CDEF de la voluta; se construye sobre la recta 9 H, compuesta de la mitad de los radios OC, OE el cuadrado HJG 9; se forman ángulos J y G en el centro O, con las rectas JO, GO; se divide el lado H 9 en 6 partes iguales; se construye su cuadrado sobre 1, 4 y sobre 5, 8; los ángulos HJG 9 serán los centros de la 1.ª vuelta, que comienza en A; los ángulos 1, 2, 3, 4, los de la segunda y 5, 6, 7, 8 los de la 3.ª, que debe terminar en C.

Para determinar los centros de la 2.ª revolucion, se tira una recta MC=AH; se lleva el largo del listel de M á P ó se eleva la perpendicular PQ; se junta el punto N al punto L; se lleva PQ al eje de la voluta de O á K y T; se divide TK en seis partes iguales; se renueva la operacion hecha en H 9 y los ángulos de los 3 cuadrados puntuados son los centros de la segunda revolucion de la voluta, que se describe en el mismo órden que la 1.ª á partir de la segunda division S.

UNIVERSIDAD DE HUELVA 2010

12. El *frontis* es un adorno de arquitectura ordinariamente triangular (fig. 87). El espacio B comprendido entre las cornisas que le forman, se llama *timpano*: es susceptible de recibir esculturas, objetos alegóricos, etc., hasta cierta extension.



Fig. 87.

La altura de los frontis varía: los pequeños tienen por altura la mitad de la base; pero esta altura disminuye á medida que la base es mayor; algunas veces, en este último caso, la altura no es mas que un quinto de la base.

13. Se llama *imposta* la parte de un pie recto sobre el cual comienza un arco.

Las *archivoltas* son bandas largas y arqueadas, salientes sobre el nudo de una pared.

Los *artesonados* son diversas esculturas, que sirven para adornar la plataforma de los entablamentos y de las cornisas.

14. Para dibujar un órden en una altura dada, se divide esta altura en 19 partes iguales; se dan 4 al pedestal, 12 á la columna y 3 al entablamento. La altura de la columna se fija de esta manera: si se trata del órden toscano, se la divide en 7 partes iguales, si del dórico, en 8; si del jónico, en 9; si del corintio ó compuesto, en 10. Cada una de estas partes será el diámetro inferior de la columna del órden que se quiera construir; el módulo de la escala sobre la cual se han de determinar las otras partes del órden, debe ser igual á la mitad del diámetro.

UNIVERSIDAD DE HUELVA 2010

§. 4. *De la Perspectiva.*

1. Qué es la perspectiva?— 2. Cuál es el fundamento de toda la perspectiva, y qué resulta de él?— 3. Qué se llama cuadro, plano geométrico, línea de tierra, línea de horizonte, punto de vista y punto de distancia?— 4. Qué se llama punto de huida y dónde se halla?— 5. Cuál es la perspectiva de una línea recta, de líneas paralelas entre sí, y de una vertical?— 6. Cómo se halla la perspectiva de un punto y de una recta situadas sobre el horizonte?— 7. Cómo se pone en perspectiva un polígono sobre el plano geométrico? De un cuadrado situado sobre el horizonte paralelamente á la línea de tierra de un empedrado en baldosas cuadradas. — 8. Cómo se determina la perspectiva de un círculo trazado sobre el horizonte?— 9. Cómo se halla la perspectiva de un punto situado en el espacio?— 10. Qué se hace cuando el objeto en perspectiva está dibujado? —11. Cuál es el límite de aproximacion de los objetos que han sido dibujados? Aplicaciones.— 12. Dibujar la perspectiva de un dibujo.— 13. De una cómoda. 14. De una silla.— 15. De un vaso.— 16. De una série de piezas de carpintería á escuadra.— 17. De una serie de arcos vistos diagonalmente.

1. La *perspectiva* es el arte de representar los objetos tales como los vemos, por el solo conocimiento de sus posiciones relativas y de sus dimensiones geométricas.

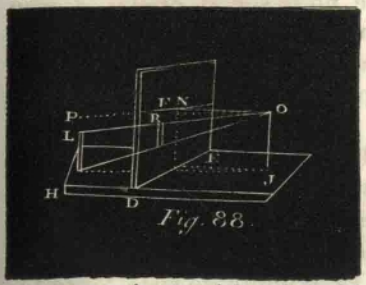


Fig. 88.

2. Véase el fundamento de toda la perspectiva. Imagínese que un cristal D N E (fig. 88.) interpuesto entre los objetos y el ojo del dibujante. De este ojo parten los rayos visuales que siguen los contornos del objeto, y va cada uno á encontrar el cristal en un punto, donde dejan una impresion. Es claro que si se da á la imágen determinada por este contorno colores semejantes á los del objeto, este aparecerá en el cristal cuando se quite: esta semejanza es lo que se llama perspectiva.

Resulta de aqui que todo objeto paralelo al cristal no cambia, ni de forma, ni de direccion en la imágen que en él determinan los rayos visuales; pero que esta imágen disminuye de tamaño á medida que el objeto se aleja del espectador.

UNIVERSIDAD DE HUELVA 2010

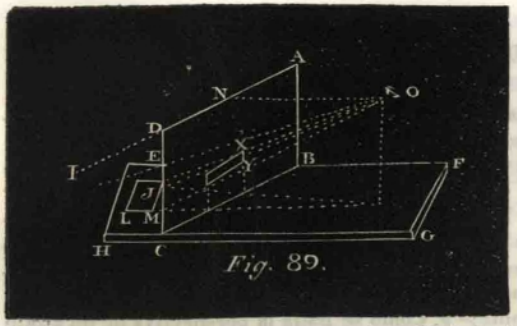


Fig. 89.

3. El plano A B C D. (figura 89.) se llama *cuadro*; la recta B C, *línea de tierra*: el plano E F G H, *plano geométrico;* sobre este plano se encuentra la proyeccion de los objetos que se quieren poner en perspectiva.

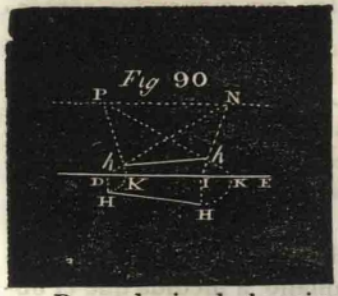
La línea A I, paralela á la línea de tierra B C, que se imagina pasar por la proyeccion N del ojo, se llama *línea de horizonte*; el punto N, *punto de vista;* y el punto I, distante del punto O, como el ojo lo está del cuadro, *punto de distancia.*

4. Se llama *punto de huida* el punto del cuadro por donde pasa la prolongacion de las perspectivas de todas las paralelas. Se le halla en la parte del cuadro donde pasa la recta dirigida del ojo paralelamente á las líneas dadas.

5. La perspectiva de una recta es siempre una recta; esto es claro.

Las líneas palalelas entre sí, pero que no lo son al cristal, tienen sus perspectivas convergentes á un mismo punto, que es el de huida; una calle de árboles nos ofrece un ejemplo de esto.

La perspectiva de una vertical es siempre vertical, pues que es paralela al cuadro.



6. Para hallar la perspectiva de un punto H situado sobre el horizonte (fig. 90) se se baja desde este punto la perpendicular H I á la línea de tierra D E, y se tira desde I la linea I N, que va al punto de vista N; se toma en seguida I K=I H, y se lleva desde K la línea K P al punto de distancia opuesto: estas rectas I N, P K se cruzarán en el punto *h*, que es la perspectiva de H.

Reproduciendo la misma construccion para todos los puntos que se quiera, situados sobre el plano geométrico, y juntando por rectas las perspectivas asi obtenidas, se tendrá la perspectiva.

Resulta que para hallar la perspectiva *h h'* de una recta H' H trazada sobre el horizonte (fig. 90 y 91) basta buscar la perspectiva de dos puntos H H' de esta recta.

UNIVERSIDAD DE HUELVA 2010

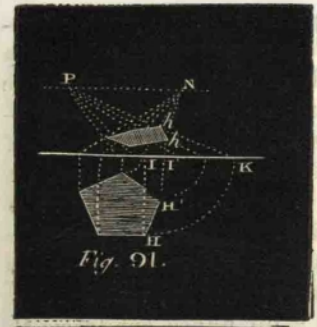


Fig. 91.

7. 1.° Para poner en perspectiva un polígono dado sobre el plano geomètrico, se buscan las perspectivas de todas las extremidades superiores (fig. 91.)

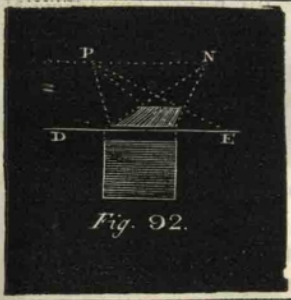


Fig. 92.

2.° Si se trata de un cuadrado situado sobre el horizonte paralelamente á la línea de tierra (fig. 92) se ve que las perspectivas de los lados paralelos de la línea de tierra, son tambien pararelas á esta línea; pero que los lados perpendiculares tienden al punto N.

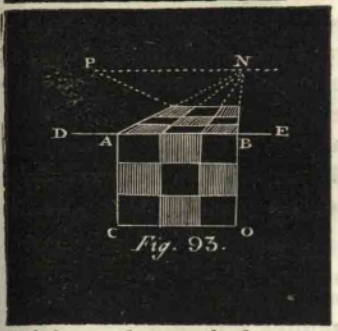


Fig. 93.

3.° Si se trata de un piso embaldosado de losas cuadradas (fig. 93) se llevan, á partir de A en D E, las lonjitudes sucesivas iguales al lado del cuadrado de las baldosas, y por estos puntos de division, se tiran líneas al punto de vista N; despues desde B se dirige una línea B P al punto de distancia opuesto P; la cual cortará á las primeras en los puntos, por los cuales se tirarán paralelas á la línea de tierra D E, y los cuadrados asi formados serán la perspectiva pedida.

8. Para hallar la perspectiva de un círculo colocado sobre el horizonte, se divide la circunferencia en un número cualquiera de partes iguales, por ejemplo en 6; se busca la perspectiva de cada uno de los puntos de division que determina el paso de la curva y se obtiene una elipse, perspectiva del círculo.

UNIVERSIDAD DE HUELVA 2010

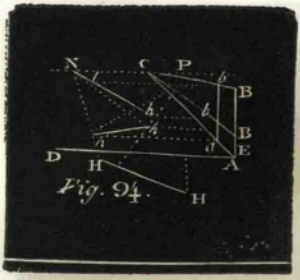


Fig. 94.

9. Para hallar la perspectiva de un punto situado en el espacio (fig. 94) se busca desde luego la proyeccion horizontal H de este punto, de donde se tira la perspectiva *h*; la de una vertical indefinida levantada en H es tambien una vertical *hl*. Ya no falta mas que determinar el punto *l* en donde debe limitarse la vertical, y este punto será la perspectiva pedida.

Para conseguirlo, se tira aparte una vertical A B, de la misma altura que la correspondiente al punto H, y de las dos extremidades A B, se tiran rectas A C, B C á un punto arbitrario C de la línea de horizonte; con lo cual se forma un triángulo A B C. Tirando la línea *h a* horizontalmente se tiene un punto *a* de seccion con A C; la vertical *ab* será la altura buscada; asi será menester tomar *hl*= *ab* y *l* será la perspectiva del punto del espacio; *hl* será la de la vertical levantada en H: esta vertical es el eje de una columna, de un árbol, la arista de encuentro de los dos muros etc.; hecho esto se obtendrá asi la perspectiva.

Si se tiene una serie de objetos de iguales alturas á iguales distancias del cuadro, sus proyecciones estarán sobre una recta paralela á la línea de tierra D E; se tendrán facilmente las perspectivas de las bases, y la altura *ab* será la misma: estas perspectivas serán tambien equidistantes, si los objetos están igualmente separados; en el caso contrario, se repite en cada uno de ellos la construccion precedente. Esto se aplica á las series de columnas, calles de árboles y soportales.

Por medio de este método es fácil hallar la perspectiva de una pirámide, de una línea oblícua en el espacio, de un prisma recto, de un cubo, un cono, un cilindro, etc.

10. Cuando el objeto en perspectiva está dibujado, se borran las líneas de construccion, y las proyecciones horizontales para no dejar en el papel sino la perspectiva obtenida en la montea ó planta.

11. No se ven distintamente de un golpe sino los objetos comprendidos en la abertura de un ángulo de 60.° ó á lo mas de 90.°: esta primera condicion determina un límite de aproximacion de los objetos que se quieren dibujar. Por otra parte, si estamos muy alejados de los detalles, no se les puede apreciar; lo cual da otro límite en sentido contrario, segun la multitud y delicadeza de estos detalles.

UNIVERSIDAD DE HUELVA 2010

12. **Perspectiva de una mesa.**—(fig, 95). El punto de vista está en O, un poco elevado, pues que mira la parte superior de la mesa; el punto de distancia está en P, á una distancia del punto O igual á la del ojo respecto á la mesa y en la misma direccion horizontal.

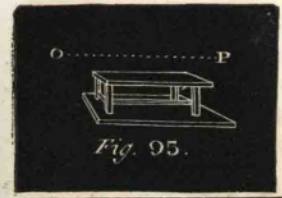


Fig. 95.

13. **De una cómoda.** (fig. 96). El punto de vista O está en una posicion contraria á la del dibujo precedente, como igualmente el punto de distancia P; lo cual hace ver el objeto en un sentido diferente. El ojo del observador está en una posicion horizontal con relacion á O, y á una distancia OP.

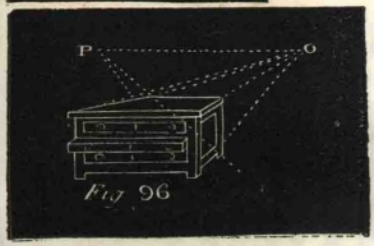


Fig. 96

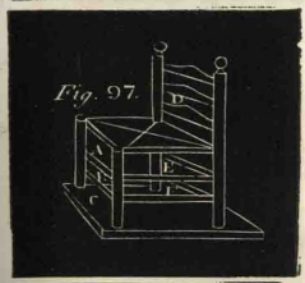


Fig. 97.

14. **De una silla.** (fig. 97). Los puntos de vista y huida están en la parte donde las paralelas horizontales ABCDEF etc., van á encontrarse por la convergencia; estas líneas se suponen perpendiculares á la linea de tierra de la mesa que recibe la perspectiva.


Fig. 98.

15. **De un vaso.**—(fig. 98). Este vaso se supone de una grande dimension, pues que el punto de vista, colocado en frente del medio de la altura, permite percibir la parte superior del pie y la inferior de la moldura superior.


Fig. 99.

16. La figura 99 es la perspectiva de una série de piezas de armaduras puestas á escuadra colocadas las unas hácia abajo, las otras horizontalmente, formando hileras sucesivas. La mayor parte de los talleres de manufacturas, de los almacenes, etc., están construidos de esta manera.

UNIVERSIDAD DE HUELVA 2010

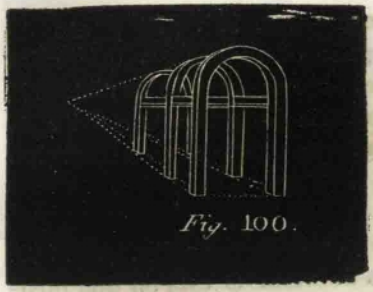


Fig. 100.

La figura 100 es la perspectiva de una série de arcadas vistas lateralmente.

UNIVERSIDAD DE HUELVA 2010

CAPITULO III.

APLICACIONES USUALES DE LA GEOMETRIA.

PRIMERA PARTE.

AGRIMENSURA.

PRIMERA SECCION.

TEORIA DE LA AGRIMENSURA PROPIAMENTE DICHA.

§. 1.º *De la agrimensura en general.*

1. Qué es agrimensura?- 2. De dónde proviene la palabra agrimensura, y cuando se usa de la palabra cubicacion?- 3. Cuál es el orijen presunto de la agrimensura?- 4. En cuántas partes se divide la agrimensura?- 5. En qué consiste la teoria de la agrimensura?

1. La *agrimensura* es el arte de medir y determinar la extension superficial de un terreno.

Comprende ademas la reparticion de las heredades entre los propietarios, la deslindacion de los campos, la preparacion de las labores, reparticion de plantacion, etc.

2. La palabra *agrimensura* viene de *agri* (campo) *mensura* (medicion) palabras de oríjen latino.

La de *cubicacion* tiene su oríjen en la unidad de medida que generalmente se toma, y es el pie cúbico.

3. Desde el momento en que las sociedades se formaron, los pueblos han debido recurrir á la agricultura: de aqui la necesidad de fijar y reconocer los lindes de los campos.

UNIVERSIDAD DE HUELVA 2010

«Los Egipcios, dice Rollin, para conocer sus tierras cubiertas todos los años por las inundaciones del Nilo, tuvieron precision de acudir á la *agrimensura*, que bien pronto les ha enseñado la geometría y el levantamiento de planos.» Tal es el oríjen presunto de la agrimensura.

4. La agrimensura se divide en tres partes: 1.ª la *agrimensura propiamente dicha*; 2.ª el *levantamiento de planos*, ó el arte de representar en pequeño sobre papel, la forma y los accidentes de un terreno, conservando las proporciones del conjunto y sus detalles; 3.ª la *aguada de los planos*, ó el arte de distinguir sobre un plano las diferentes especiés de tierras ó cultivos, por tintas convencionales, con cuyo medio se reconoce al momento lo que es viñedo, bosque, prado, pantano, etc.

5. La teoría de la agrimensura consiste en dividir el terreno, sea en *triángulos ordinarios*, sea en *triángulos rectángulos*, y en *trapecios rectangulares*, sea en fin, en *triángulos rectángulos* y en *rectángulos*. Los dos últimos medios son los mas simples y fáciles de practicar.

§. 2. *Instrumentos de la agrimensura.*

1. A que se reducen las operaciones prácticas de la agrimensura sobre el terreno y como se ejecutan estas oper. ciones?—2. Cuáles son los instrumentos necesarios para medir?—3. Qué son jalones?—4. Qué es la escuadra del agrimensor y el palo de esta escuadra?—5. Cómo se verifica la escuadra del agrimensor?—6. Qué es la cadena del agrimensor y como se verifica?—7. Qué son las hileras?

1. Las operaciones prácticas de la agrimensura sobre el terreno pueden reducirse á dos cosas muy simples; 1.° medir y trazar líneas rectas; 2.° levantar perpendiculares para subdividir el terreno en triángulos, trapecios ó rectángulos.

Estas operaciones se ejecutan con el auxilio de algunos instrumentos poco complicados.

2. Los instrumentos necesarios al agrimensor son: los *jalones* y la *escuadra* para trazar las líneas rectas y las perpendiculares; 2.° la *cadena* y diez piquetes para medir las distancias y las líneas.

UNIVERSIDAD DE HUELVA 2010



Fig. 1.

3. Los piquetes son estaquillas de madera de cuatro á cinco pies, con una tablita en el extremo superior pintada de blanco: la otra extremidad A (fig. 1) terminada en punta, debe exceder de la tablita como una pulgada para facilitar la alineacion.

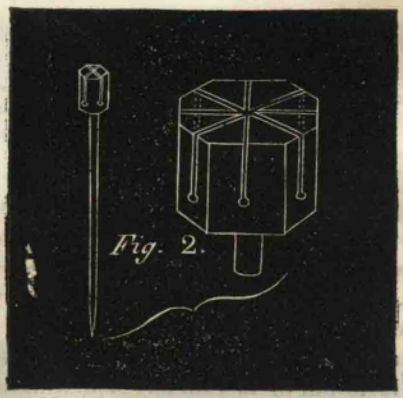


Fig. 2.

4. La *escuadra de agrimensor* (figura 2) se llama generalmente *octágono*, por estar formada de un prisma recto de cobre hueco, de 8 caras iguales de cerca de 5 á 6 centímetros de ancho con doble altura. Un tubo está clavado en su base para recibir la redondeada punta de un baston que debe ajustar bien, y cuyo extremo inferior acaba en punta de hierro, para que la caña pueda fijarse verticalmente en el suelo (fig. 2).

En la parte superior del instrumento hay hendiduras verticales que se llaman *pínulas*. Aplicando el ojo por una de estas hendiduras se ven distintamente por la opuesta los objetos situados del otro lado; para lo cual hay una pequeña abertura practicada á lo largo de la hendidura. Cada uno de los lados está provisto de una pínula semejante, de manera que estando estas hendiduras abiertas dos á dos en ángulos rectos, es evidente que el instrumento determina las cuatro direcciones perpendiculares.

El palo de la escuadra está dividido en su parte superior en decímetros, centímetros y milímetros. En él se coloca ordinariamente una plomada para determinar su posicion vertical.

5. Para comprobar la escuadra se elije un terreno bien horizontal en donde se fija. Se clavan á una gran distancia piquetes en las cuatro direcciones perpendiculares dadas por las cuatro caras opuestas del octágono. En seguida se hace jirar la escuadra sobre su eje, sin cambiarla de lugar ni trastornar la verticalidad, y si se corresponden los piquetes por las pínulas correlativas de las otras caras, es prueba de la perfeccion de la escuadra.

UNIVERSIDAD DE HUELVA 2010

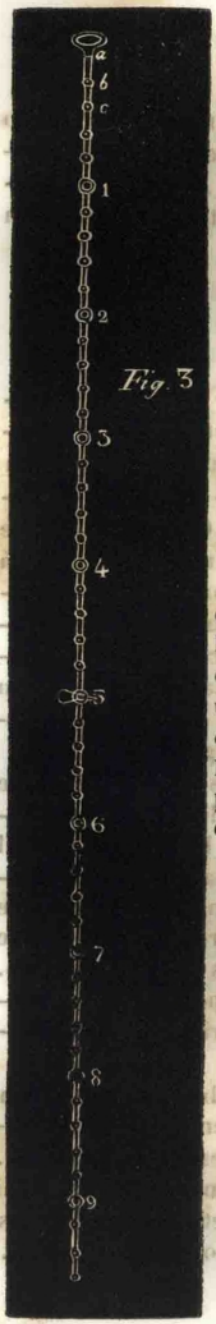


Fig. 3

6. La *cadena de agrimensor*, usada por los franceses, es la cadena métrica: tiene 10 metros y 1 decámetro de lonjitud. Está formada (fig. 3) de 50 anillos ó eslabones de alambre grueso *ab*, *bc* etc. de 2 decímetros de largo y unidos entre sí. Cada série de 5 eslabones, 1, 2, 3, 4, 5 etc. está marcada con un anillo de cobre é indica los metros. El 5.º metro, que es la mitad de la cadena, se distingue por una señal arbitraria. Cada punta de la cadena termina en una empuñadura de hierro sujeta al eslabon contiguo.

UNIVERSIDAD DE HUELVA 2010



7. Los fijos no son mas que piquetes de alambre de hierro, de cerca de medio metro, terminados en punta por uno de sus extremos y en forma de anillo por el otro (fig. 4.).

Es muy cómodo el número de 10 fijos porque sirve para advertir el agrimensor que ha medido una extension 10 veces mayor que su cadena, es decir, 100 metros (sobre 307 pies y 10 pulgadas.)

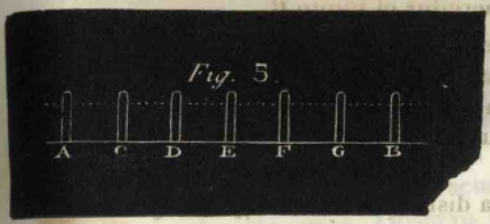
§. 3. *Uso de los instrumentos de agrimensura.*

1. Para qué sirven los piquetes? — 2. Cómo se traza en el terreno una linea y que guia se toma para la alineacion?—3. Cómo se comprueba la verticalidad de los piquetes?—4. Cómo se traza una linea cuando una extremidad no se percibe desde la otra? —5. Cómo se mide una distancia marcada ya con los jalones? á que se reduce esta operacion?— 6. Cuál es el uso de la escuadra?— 7. Cómo se baja y levanta con la escuadra una perpendicular á una linea?

1. Los piquetes sirven para tirar una recta sobre el terreno.

Sirven tambien para marcar los ángulos y las irregularidades del terreno en que se debe operar.

2. Dásenos á trazar una línea que se estiende desde A á B (figura 5). Si la distancia es corta, basta plantar dos piquetes, uno en el punto A y otro en el B; pero, si esta distancia es considerable, es menester entre estos fijar otros piquetes C, D, E, F, G. Para colocar estos piquetes en la direccion AB, se coloca uno á tres ó cuatro pasos del piquete A; se tira una visual, de suerte que este cubra al piquete B, y en seguida se colocan los otros intermediarios guardando siempre la línea recta. Si la operacion está bien hecha, todos los piquetes, cualquiera que sea su número, deben confundirse cuando se mira por una de sus extremidades.



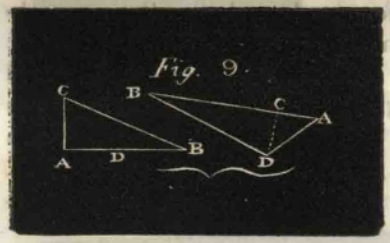
Esta operacion se llama *alinear*, ó *enfilar*.

UNIVERSIDAD DE HUELVA 2010

SEGUNDA SECCION.

PRÁCTICA DE LA AGRIMENSURA SOBRE EL PLANO HORIZONTAL.

1. Cómo se mide un terreno de forma triángular?— 2. Cómo, de forma rectángular?— 3. Cómo se mide un terreno de forma de un trapecio, y cual es la linea que se toma por base de la operacion?— 4. Qué se verifica cuando muchos trapecios están separados por lineas cuyo paralelismo parece muy probable?— 5. Cómo se mide un terreno de la forma de un cuadrilátero irregular?



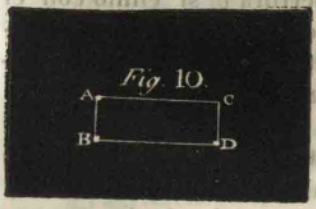
1. Supongamos que se nos da á medir un terreno de forma triangular (fig. 9).

La superficie de un triángulo se mide multiplicando la base por la mitad de la altura, ó lo que es lo mismo, tomando la mitad del producto de la base por la altura. Señálese con jalones por medio de la escuadra la base AB del triángulo; mídase la lonjitud de esta base con la cadena y anótese el producto. Levantando en seguida con la escuadra la perpendicular CA ó CD que pasa por el vértice A ó D del triángulo, se mide esta perpendicular despues de marcada con los piquetes correspondientes, y la mitad del producto de las dos dimensiones expresa la superficie.

Sea AB=36,05ᵉ. y CA=20,50ᵉ. la tendrá de *superficie* ABC= $\frac{36{,}05^{e}. \times 20,\ 50^{e}.}{2} = \frac{739{,}0250^{e}.}{2} = 369{,}5125^{e}.$

Sea AB=37,25ᵉ. y CD=19,15ᵉ., se tendrá en *superficie* ABD= 356,6687ᵉ.

2. Sea para medir un terreno de forma rectangular ABCD (fig. 10).

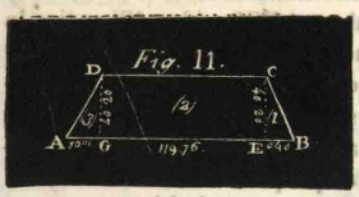


La superficie de un rectángulo se mide multiplicando la base por la altura.

Antes de proceder á la medicion, se principia por dar una vuelta al rededor del terreno para cerciorarse de su forma. Si los tres ángulos A, B, C son rectos, el 4.° D lo será tambien necesariamente, y no hay para qué medirlo con la escuadra. Se fijan desde luego piquetes en A, B, C y D; se pone la escuadra en A y se enfila con el piquete B; si la visual corta el piquete en C, el ángulo CAB es recto. Lo mismo se practica con B y con C. Terminadas estas operaciones, resta medir AB y BC.

UNIVERSIDAD DE HUELVA 2010

Sea AB=22,35^{e}. y BC=44, 70^{e}. se tendrá en *superficie* ABCD= 22,35^{e} .× 44,70^{e}.=999,045^{e}. ó 1000^{e}.^{c}.; y como 576^{e}.^{c}. valen 1 fanega, la superficie del rectángulo será por consiguiente, de 1,736 fanegas castellanas.



Supongamos que se haya de medir un terreno de la forma del trapecio ABCD. (fig, 11).

La superficie de un trapecio se mide multiplicando por la altura la semi-suma de sus lados paralelos.

Se toma el lado mayor A B por base de la operacion, se bajan á esta base desde los puntos D y C, las dos perpendiculares DG, CE y el trapecio se encuentra asi reducido á un rectángulo y dos triángulos.

Tratase ahora, pues, de medir los lados paralelos A B, C D y la altura C E=D G.

1.° Sea C E=40,20^{e}. y E B=11,40^{e}.; se tendrá la

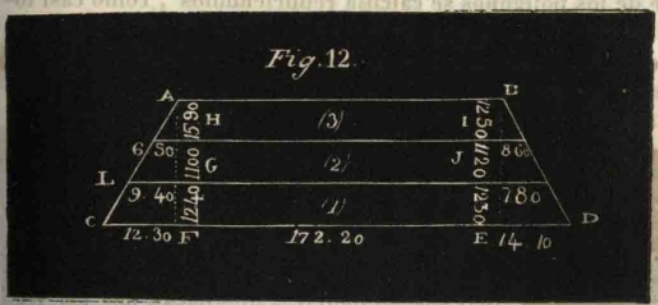
$$\text{superficie BCE}=\frac{40,20^{e}.\times 11,40^{e}.}{2}=229,140^{e}.$$

2.° Sea GE=119,76^{e}.; se tendrá en *superficie* GECE= 119,76^{e}.×40, 20^{e}.=4824,352.

3.° Sea AG=119^{e}.; se tendrá en *superficie*

$$\text{AGD}=\frac{40.20^{e}.\times 10}{2}=201,000.$$

Luego la *superficie* ABCD iguala el total de estas tres sumas ó 5244,492^{e}.^{c}.. es decir, 9 596 fanegas castellanas aproximadamente.



4. Si varios trapecios contiguos están separados por líneas cuyo paralelismo parece muy probable (fig. 12) se les puede medir por una sola operacion.

Se toma C D por base, y se bajan de los puntos A, B las perpendiculares AF, BE, las que cortarán los cuadrilateros en H, en G, en I y en J, habiéndose formado trapecios en las extremidades inferiores de los trapecios, y triángulos en las superiores del trapecio. La lonjitud FE.

UNIVERSIDAD DE HUELVA 2010

servirá para los tres rectángulos intermediarios. Se calcularán todas estas figuras, de la manera que acabamos de decir (nos. 1, 2, 3,) y se obtendrá la superficie total de los trapecios contiguos.

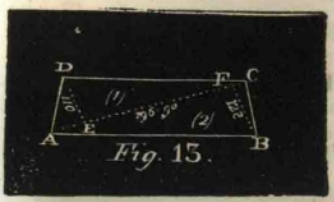


Fig. 13.

5. Si el terreno tiene la forma de un cuadrilátero irregular, ABCD, (fig. 13) se tira la diagonal AC que se marca con piquetes y se mide; luego se levanta en E una perpendicular que pase por D; se busca tambien con la escuadra el punto F de la perpendicular que pasa por B; y se miden estas dos perpendiculares.

El cuadrilátero se encuentra asi reducido á dos triángulos, cuya valuacion superficial es fácil, pues puede hacerse por medio de una sola operacion multiplicando por la base AC la semisuma de las dos alturas DE, BF.

Sea DE= 110e.; BF=125e. y la base AC=296,90e. se tendrá en *superficie* ABCD $= \frac{110^e. + 125^e.}{2} \times 296,90^e. = 117,50^e. \times 296,90^e. = 34885,75^e$

ó 62,56 fanegas castellanas.

§. 2. *Medicion de los polígonos de mas de cuatro lados.*

1 Cuál debe ser el cuidado de lagrimensor en la medicion de los polígonos de mas de 4 lados?—2 Cómo se mide un terreno de forma de un polígono irregular de un número cualquiera de lados? —3. Cómo se mide un polígono cerrado por un lado por una linea curva? —4. Cómo se mide un polígono en dos de cuyos lados son líneas curvas? —5. Cómo se mide un terreno de forma sinuosa contínua?

1. La superficie de los polígonos se calcula reduciéndolos, como casi todas las superficies agrarias á triángulos, rectángulos ó trapecios. El cuidado del agrimensor debe ser, simplificar en cuanto le sea posible las operaciones, como asimismo tomar por base la recta mayor que se pueda tirar en el polígono y que por esta razon se llama *directiva*.



Fig. 14.

2. Désenos para medir el polígono irregular A B C D E F H I (fig. 14.)

Se fijan piquetes en todos los vértices de los ángulos A, B, C, D, E, F, H, I; se tira la directiva A E; se levantan sobre esta diagonal perpendiculares que pasan por los vértices de los ángulos B, C, D, F, H, I; y se forman por este medio cuatro triángulos A B J, D E M, E N F, I O A, y cuatro trapecios B C K J, C D M K, F N L H, H L O I cuya superficie debe valuarse por medio de los datos siguientes.

UNIVERSIDAD DE HUELVA 2010

Perpendiculares encima de la directiva.

B J =45,75°.; CK=54,25°.; D M=47,15°.

Perpendiculares por bajo de la directiva.

0 I=46,35°.; L H=55,05°.; N F=51,45°.

Directiva superior.

A J=48,20°.; J K=53,65°.; K M=98,55°.; M E 46,95°.

Directiva inferior.

A O=2470°.; OL=82,05°.; L N=70,85°.; N E=68,75°.

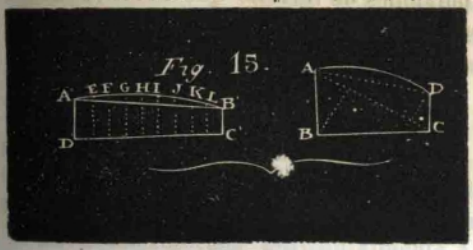
Luego, si *para cada triángulo* es necesario multiplicar la base por la semialtura, y *para cada trapecio* la semi-suma de las dos bases paralelas por la altura; se puede, pues, en lugar de tomar la mitad de cada producto, sumar todos los productos y tomar la mitad de esta suma.

Triángulo	ABJ =	48, 20 °. × 45, 75°.		=	2204,73 °.
trapecio	BCKJ =	(45, 75 °. + 54, 25°.)	56,65 °.	=	5721.65 »
trapecio	CDMK =	(54, 25 °. + 47, 15°.)	98,85 °.	=	10091.52 »
triángulo	DEM =	46, 95 °. × 47, 15°.		=	2213.8925»
triángulo	ENF =	68, 75 °. × 51, 45°.		=	3537,1875»
trapecio	FNLH =	(51, 45 °. + 55, 05°.)	70,55 °.	=	7545,525 »
trapecio	HLOI =	(55, 05 °. + 46, 35°.)	82,05 °.	=	8319.87 »
triangulo	IOA =	46, 35 °. × 24, 70°.		=	1144,845 »
			Total .		40779,2400°.
			Mitad.		20389,62 »

La superficie total del polígono es pues de 20389,62°.c. ó 35,39 fanegas castellanas.

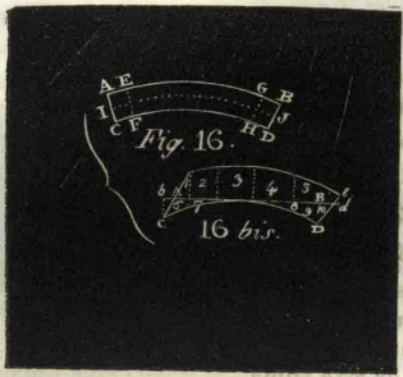
3. Un terreno poligonal puede presentar líneas curvas. Pero una curva debe considerarse como un conjunto indefinido de líneas rectas; luego cuantas mas perpendiculares se bajen sobre la directiva, tanto mas se aproximará el resultado á la verdad. Asi la figura 15 se descompondria en 9 trapecios, cuyos lados AE, EF, FG, etc. pudieran ser considerados sin error sensible como otras tantas líneas rectas.

Si el terreno es muy extenso, para evitar la multiplicidad de subdivisiones, se tira con piquetes una línea recta de un punto de la curva á otro, y se forma por este medio un cuadrilátero rectilíneo A' B' C' D' (fig. 15) el cual se calcula segun las reglas dadas, y una figura curva que se valua segun el procedimiento precedente.



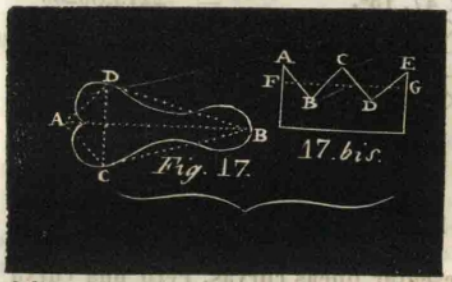
UNIVERSIDAD DE HUELVA 2010

4. Cuando un polígono tiene dos líneas curvas opuestas AB, CD, (figura 16) que siguen casi una misma direccion, se obtiene su superficie multiplicando la lonjitud del medio por la semi-suma de las lonjitudes EF, GH, tomadas en las extremidades.



La lonjitud del medio I J compensa lo que la línea CD tiene de menos y lo que la línea AB tiene de mas; de suerte que la figura queda reducida á un trapecio cuyas líneas EF, GH son los lados paralelos, y la línea IJ la altura.

Si el terreno tiene mucha extension (figura 16 *bis*) se tira la base b A' B' D, se bajan en seguida perpendiculares para obtener trapecios y triángulos, y se obtendrá su superficie, si despues de haber calculado cada figura, se excluyen los triángulos A'b C' y B'de.



5. Para medir un terreno de forma sinuosa contínua (fig. 17) se puede calcular su superficie por la trasformacion de esta figura en un polígono de una extension semejante. Es menester plantar piquetes en los puntos A, B, C, D, y trazar el polígono, tratando de *regularizar* los límites del terreno y compensar las porciones que deben sustraerse por las que se añadan: operacion fácil, y que, con algun hábito, se puede ejecutar á simple vista. No obstante, para no cometer errores, será conveniente medir separadamente las porciones de terreno que se añadan y las que se sustraigan.

Tendria que operarse de la misma manera si se hubiesen de convertir en regulares y rectos los límites angulares A, B, C, D, E de un campo (figura 17 *bis*) Despues de medidas las porciones de terreno que deben añadirse ó quitarse, se traza la línea de separacion F. G.

UNIVERSIDAD DE HUELVA 2010

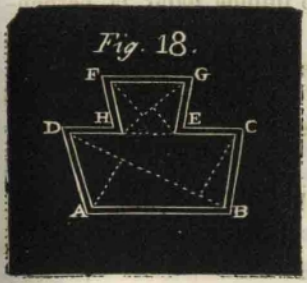
§. 3.º *De algunas dificultades que suelen encontrarse en la práctica.*

1. Cómo se mide un cercado y que debe hacerse respecto á él?—2. Cómo se mide la distancia de dos puntos cuando solo uno es accesible?—3. Cómo se mide la distancia de dos puntos inaccesibles?—4. Qué regla práctica debe seguirse para medir un terreno triangular en que un obstáculo cualquiera impide tirar la perpendicular?—5. Cómo se miden las praderas y los caminos?—6. Qué regla debe observarse en la medicion de los terrenos inaccesibles?

1. La medicion de los cercados ofrece dos dificultades: efectivamente en ellos no se puede trazar con facilidad la directiva, ni es facil ejecutarla en el terreno inmediato.

En cuanto á la directiva, debe ser tirada por dos personas, de las cuales una busca por medio de la escuadra un punto de la línea correspondiente á cada uno de los puntos extremos desde el cual tira una visual, mientras que la otra la señala con uno ó muchos piquetes.

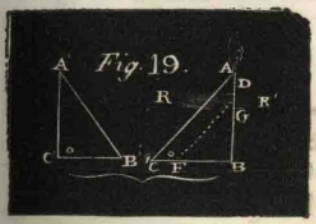
Para evitar la entrada en otra propiedad, se miden los cuadriláteros por la diagonal.



Supongamos que se nos dá á medir el terreno ABCEGFHD (fig. 18.)

Se divide este terreno en dos cuadrilateros ABCD, HEGF; pero, si se adoptase AB por base á fin de bajar á ella las perpendiculares desde los puntos C y D, seria necesario salir hácia A y hácia B. Es preciso, pues, en cada cuadrilátero formar por medio de las diagonales BD y HG dos triángulos que se calculan segun el método ordinario.

Si el muro de cerca no es medianero ó divisorio es necesario comprenderlo todo en la superficie; si lo es, se toma la mitad de su espesor.



2. Dásenos á medir la distancia de dos puntos B, A (fig. 19) de los cuales solo uno es accesible á causa del rio RR'. Es menester, ademas de la escuadra de medicion, tener una escuadra de dibujar cuya base y altura sean de igual dimension.

Se coloca la escuadra de agrimensor en el punto B, se tira una recta desde B á A, despues otra línea recta desde B á C, perpendicular á la línea AB, y se señala con jalones bastante próximos. Entonces se anda hácia atrás á lo largo de BC con la escuadra de dibujar en las manos colocada horizontalmente á la altura del ojo, y la base B' C' vuelta al lado opuesto del rio. Se mira por el ángulo C de esta escuadra has-

UNIVERSIDAD DE HUELVA 2010

ta que se perciben á la vez los puntos A, B en la direccion de las líneas CA, CB; en fin se planta un piquete en el punto C, y se mide la línea CB cuya lonjitud es igual á la dela línea AB.

Para medir el ancho D G del rio se emplea el mismo medio. Pero si el punto F, por ejemplo, fuese el punto de estacion, es decir, el punto desde donde el ojo aplicado á la escuadra de dibujar pudiese descubrir á la vez los puntos D y B, sería necesario descontar la lonjitud BG de la línea BD y la diferencia GD daria lo ancho del rio.

3. Sea para medir la distancia de los dos puntos A, B, (fig. 20) inaccesibles ó por el pantano M M′ ó por el rio R R′ que separa al agrimensor de la línea AB.

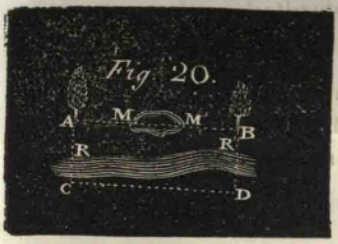


Fig. 20.

Se tira con la escuadra la línea recta CD; desde los puntos C y D se levantan dos perpendiculares, la una hácia A, la otra hácia B, y se mide la línea CD. Su lonjitud será precisamente igual á la distancia del punto A al punto B. Sea para medir el terreno triangular ABC (fig. 21) en donde cualquier obstáculo impide bajar la perpendicular.



Fig. 21

1.° Se suman las lonjitudes de los 3 lados; 2.° se toma la mitad; 3.° se extraen sucesivamente de esta semi-suma las lonjitudes de los 3 lados; 4.° se multiplican entre sí las 3 restas; 5.° se multiplica el producto por la semi-suma de los tres lados; y 6.° se extrae la raiz cuadrada del resultado.

Sea AB=23,15°.; AC=45,35°.; y BC=38,64°.

He aquí el detalle de la operacion:

1.° 23,15°. + 45,35°. + 38,64°.=107,14°.

2.° $\frac{107,14°.}{2}$=53,57°.

3.° 30,42°.; −8, 22°.; −14,93°.

4.° 30,42°. × 8,22°. × 14,93°.=3733,282332°.

5.° 3733,282332°. × 53,57°.=199991,93452524°.

6.° La raiz cuadrada de 199991, 93452524°.=447,2045°.°

La superficie del triángulo es pues de 447,2045 °.°.

3. **Praderas.** La medicion de las praderas no tiene otra dificultad que la de estar comunmente limitadas por un rio que serpentea, ó por sotos ó por zanjas.

Si la pradera está limitada por curvas, se sigue lo dicho ya anteriormente

UNIVERSIDAD DE HUELVA 2010

Si está limitada por sotos ó zanjas se practica lo dicho respecto á los cercados.

Si está atravesado por un rio ó riachuelo que no se pueda vadear, se descompone el terreno en dos porciones que se miden separadamente.

Caminos. En muchos parajes, cuando un camino atraviesa una pieza de tierra, hace parte de ella y debe ser comprendido en su medicion. En otros paises los caminos pertenecen al dominio público.

4.° Cuando se quiere medir la superficie de un terreno en donde no se puede penetrar, tal como un bosque, pantano, etc., es necesario comprenderla y limitarla en una figura geométrica cuya superficie se pueda hallar fácilmente, como un cuadrado, un rectángulo ó un cuadrilátero irregular. Se sustraen de la superficie total de esta figura las partes del terreno que se han añadido, y el resíduo expresa la superficie que se busca.

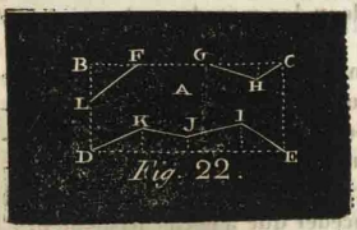


Fig. 22.

Supongamos que tenemos que medir un bosque ó un pantano A (fig. 22).

Se colocan piquetes en el vértice de cada uno de los ángulos del bosque ó pantano en F, G, H, C, E, I, J, K, D, L,; se tiran las dos rectas BC, DE y las dos perpendiculares D B, CE; y se tiene de esta manera un rectángulo que circuye perfectamente el bosque ó pantano A, Se mide la base y la altura de este cuadrilátero para obtener su superficie; se miden en seguida todos los triángulos y los trapecios que están *fuera* de los límites del bosque ó pantano; se calcula la superficie de cada uno en particular y se suman , restando del valor total del rectángulo el de las figuras *excedentes*; la diferencia ó resta expresará la superficie del bosque ó pantano A.

UNIVERSIDAD DE HUELVA 2010

TERCERA SECCION.

PRACTICA DE LA MEDICION DE UN SUELO INCLINADO.

§. 1.º *De los diferentes métodos de medicion empleados para un plano inclinado.*

1. Cuántos métodos se emplean para medir un suelo inclinado?—2. En qué consiste el método de desarrollo?—3. Cuál es el valor de un plano horizontal con relacion á un plano inclinado, y cómo se llama la superficie horizontal?—4. Cómo se llama la superficie inclinada? — Porqué no se emplea en la medicion?—5. Cuál es el método de cultelacion, y de donde viene esta palabra?—6. Cuáles son los conocimientos necesarios para practicar la cultelacion?

1. Para medir el suelo inclinado se emplean dos métodos, el *método de desarrollo* y el *método de cultelacion*.

2. El método de desarrollo consiste en medir la superficie, tal como se presenta, sin atender á su inclinacion. Se siguen en este caso las reglas ordinarias, y si el terreno es inaccesible, se emplean lineas auxiliares por su perímetro. Debe solamente notarse que, para marcar con piquetes una directiva, es necesario, si está inclinada, multiplicar los piquetes en razon de su pendiente, pues sin esta precaucion podria suceder que á pocos pasos de descenso se perdiese de vista el piquete.

3. Un plano horizontal da una superficie menor que un plano inclinado. La superficie horizontal se llama *base productiva*.

4. La superficie inclinada se llama *base de desarrollo*; pero como se ha reconocido por esperiencia que los planos inclinados no conservan la humedad, que las lluvias los deterioran, y que su cultivo es penoso, se ha convenido en no medir mas que la base productiva.

5. Se llama *método de cultelacion* el procedimiento por el cual se refiere un terreno inclinado á su base productiva.

Este método se llama asi, porque consiste en reducir á porciones horizontales la pendiente del terreno inclinado.

6. Para practicar la cultelacion es necesario conocer la *nivelacion*.

UNIVERSIDAD DE HUELVA 2010

§. 2. *De la nivelacion.*

1. Qué es nivelar ó hacer una nivelacion? Qué es linea de nivel? Qué es a diferencia de nivel?—2. Cómo se llama la linea inclinada que parte de la vertical á unirse con la horizontal?—3. Cuántas lineas hay que considerar cuando se nivela un terreno inclinado?—4. En qué casos se emplea la nivelacion?—5. Qué instrumentos se usan para nivelar dos puntos bastante próximos? Qué es el nivel de aire? Qué es el nivel de plomada ó de albañil?—6. Cómo se halla con el nivel de albañil la diferencia de altura entre dos puntos bastante próximos?—7. Cómo se hace si no puede obtenerse el nivel con una sola operacion?—8. Qué nivel se emplea para nivelar dos puntos muy distantes? Describir el nivel de agua. Que es una escala? Qué es un indice?—9. Cómo se halla con el nivel la diferencia de altura entre dos puntos muy distantes?—10. Qué son estaciones?—Qué son puntos de señal?

1. *Nivelar ó hacer una nivelacion* es determinar la altura comparativa de muchos puntos de un terreno.

Se llama *linea de nivel* la horizontal sobre que se encuentran dos puntos. La *diferencia de nivel* es la diferencia que hay entre la altura del uno y la del otro.

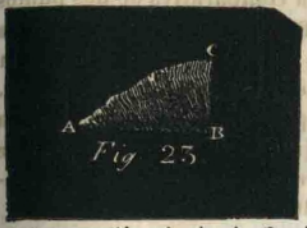


Fig 23

2. Se llama *talud* la línea inclinada CA (figura 23) que parte de la vertical BC para unirse á la horizontal AB. Cuando los taludes tocan al suelo natural toman tambien el nombre de ramplas.

3. Cuando se nivela un terreno inclinado, hay que considerar tres líneas: 1.° la *horizontal*, que fija el nivel; 2.° la *vertical*, que indica la altura buscada entre dos puntos; 3.° el *talud*.

Estas tres líneas tomadas colectivamente, determinan sobre el terreno un sólido, cuyo *corte* ó *perfil* se presenta bajo la forma de un triángulo que tiene por base la 1.ª, por altura la 2.ª, y por hipotenusa la 3.ª

4. La nivelacion se emplea en tres casos: 1.° en la construccion de caminos, en la conduccion y direccion de agua, en el desagüe de pantanos; 2.° en la suputacion cúbica de los trabajos de terraplen; 3.° en el método de cultelacion.

5. Para nivelar dos puntos próximos nos servimos de dos especieo de nivel; el *nivel de aire* y el *nivel de plomada* ó de *albañil*.

UNIVERSIDAD DE HUELVA 2010

El nivel de aire es muy sensible. Está formado de un tubo de cristal colocado sobre un plano AB (fig. 24) que le permite adaptarse sobre una regla. Cuando la burbuja de aire que se halla en el líquido del tubo, se detiene en medio de dos puntos marcados, es una prueba de que están á nivel.

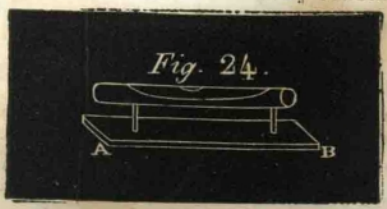


Fig. 24.

Se suple este nivel por el de albañil.

Este nivel se compone de dos regletas iguales AB, AD (fig. 25) unidas en A por una muesca, en c y en e por una traviesa. En el medio de la traviesa hay una raya f por donde debe pasar la plomada cuando el nivel esté exacto.

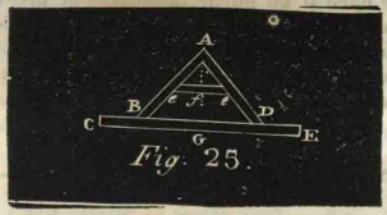


Fig. 25.

Con este nivel se hace uso de dos reglas de longitud de 2 ó 4 metros, de 1 ó 2 toesas. Estas reglas deben estar divididas en pies, pulgadas, etc. cuando se mide por toesas, en decímetros y centímetros cuando se mide por metros.

6. Para hallar con el nivel de albañil la altura comparativa de dos puntos próximos A B (fig. 26) el agrimensor coloca horizontalmente la regla DB; mientras que su ayudante va á colocar en A la vertical AD. Hecho esto, se pone el nivel sobre la regla DB, que se baja ó levanta sucesivamente hasta que el nivel esté exacto; la medida hallada EA es la altura buscada.

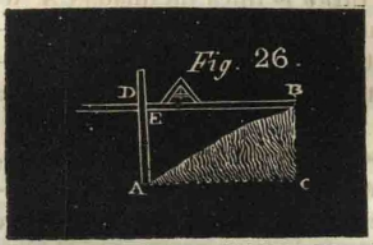


Fig. 26.

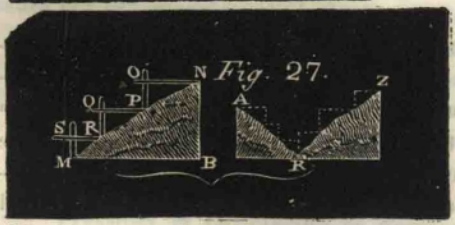


Fig. 27.

7. Si la nivelacion no puede ejecutarse de una vez (fig. 27) se mide primero OP, luego QR, despues S M, se suman las tres mediciones obtenidas; y la suma de estas tres verticales es igual á la línea NB como la suma de las tres horizontales SR, QP, ON es igual á la base MB.

Si se quiere obtener la diferencia de nivel entre dos puntos A, Z y un tercero R (fig. 27) se suman las extensiones verticales que se hallan descendiendo de A á R, y las que se hallan subiendo de R á Z; se resta en seguida la suma menor de la mayor y el resíduo es la diferencia buscada.

UNIVERSIDAD DE HUELVA 2010

8. Para nivelar dos puntos muy distantes se emplea el *nivel de agua*.

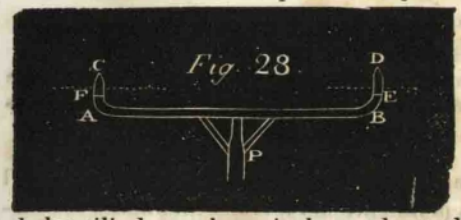


Fig. 28

El nivel de agua se compone de un tubo AB de hoja lata (fig. 28) soldado por sus dos extremos, en los que están perfectamente ajustados dos cilindros de cristal C, D; se sostiene el tubo horizontalmente sobre un pie en P; se vierte agua colorada en uno de los cilindros y hay nivel cuando se eleva á la misma altura en los dos.

Con el nivel de agua nos valemos de una escala y un índice. La escala es una regla de 3 á 4 metros de altura dividida en metros, decímetros y centímetros. El índice es una segunda regla que resbala á lo largo de la escala y que indica la diferencia de nivel en metros, decímetros y centímetros.

9. Para hallar con el nivel de agua la diferencia de altura de los puntos C y D (fig. 29) se fijan en estos puntos dos piquetes, mitad blancos, mitad negros, divididos en porciones métricas: despues se coloca el instrumento en un punto, desde donde se puedan ver los dos piquetes F y G. El agrimensor envia al punto C á su ayudante que levanta ó baja segun la señal, la extremidad superior movible del piquete, mientras que él enfila su nivel. Si, fijo el ojo en él divisa el punto de índice del piquete, es decir, la línea formada por la separacion de los dos colores, hace señal á su ayudante para que tenga inmovil la parte superior del piquete; el ayudante anota entonces los metros y las partes de metro sobre el piquete, contando desde el suelo hasta el punto de índice. Para saber la diferencia de altura entre D y C es necesario deducir la altura del piquete FD, y se tiene en EC la diferencia buscada.

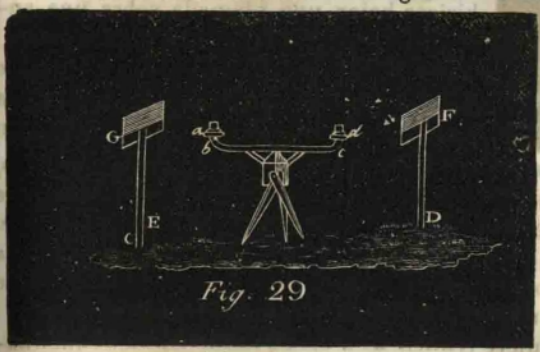


Fig. 29

10. Si el terreno es muy desigual, es necesario cambiar muchas veces de plano, que es lo que se llama *una alineacion parcial*; los puntos donde verifica las operaciones el agrimensor, se llaman estaciones. La suma de las alturas parciales obtenidas asi dan la altura total buscada.

Se llaman puntos de *señal* los que se anotan dos veces en la operacion.

UNIVERSIDAD DE HUELVA 2010

§. 3. *Método de cultelacion.*

1. Qué nombre se da á la base productiva?—2. De dónde proviene el nombre de base productiva?—3. Cómo se reduce un terreno á su base productiva?—4. Cuál de los dos métodos, de cultelacion ó desarrollo es preferible?

1. La base productiva que se llama tambien *proyeccion horizontal* es el plano de nivel supuesto debajo de la pendiente del terreno inclinado. La superficie, que corresponde á plomo debajo de la superficie real, es pues la proyeccion horizontal.

Asi la proyeccion horizontal de un terreno inclinado no es otra cosa que



Fig. 30

la figura IAD (fig. 30) que se podria trazar, si de todos los ángulos de este terreno se hiciese bajar una plomada sobre una superficie nivelada ID.

La *base productiva* se llama asi, porque está admitido como principio de economía rural que un campo inclinado produce en razon, no de su estension real, sino de su proyeccion horizontal. En efecto, si este campo producia en razon de su superficie, no podria esto suceder sino en el caso de que los vegetales crecieran perpendicularmente á esta superficie, tal como el árbol K (fig. 30), lo cual no es asi; porque la esperiencia demuestra que crecen verticalmente como los árboles L, M, N, O, que, colocados á lo largo de la línea DA, ocupan toda la proyeccion horizontal de esta línea.

3. Si el terreno que se quiere reducir á su base productiva es de inclinacion suave, se mide con la cadena, como ya se dijo anteriormente.

Si la inclinacion del terreno es rápida, en vez de cadena, se emplea una

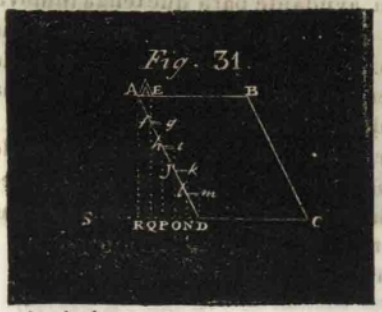


Fig. 31

regla de 3 á 6 métros (fig. 31) provisto de una plomada. Se le traslada sucesivamente de A á E, de *f* á *g*, de *h* á *i*, de *j* á *k* etc. Se ve que la extension AE=RQ, *fg*=QP, *hi*=PO, *jk*=ON, *lm*=ND; luego la suma de las porciones horizontales que se obtiene midiendo una línea inclinada, es absolutamente la misma que se obtendría si se midiese horizontalmente y de una sola vez esta linea inclinada; en otros términos igual a la de la proyeccion horizontal.

4. Si la pendiente es suave, debe emplearse el método de desarrollo, porque entonces el error es casi nulo; en caso contrario el método de cultelacion merece la preferencia.

UNIVERSIDAD DE HUELVA 2010

4.ª SECCION.=DIVISION DEL TERRENO HORIZONTAL INCLINADO.

§. 1. *De la restitucion de terrenos.*

1. El arte del agrimensor se limita á determinar la estension de una superficie?- 2. Qué debe hacer el agrimensor cuando, de dos terrenos contiguos, tiene el uno menos y el otro mas de la medida?- 3. Cómo se restituye un terreno partiendo de una base encontrada por oblícuas que forman á sus extremidades 1.º ángulos agudos, 2.º ángulos obtusos?- 4. Cómo se restituye un terreno sobre un cuadrilátero rectilíneo ó curvilíneo, en que una de las extremidades es mas larga que las otras?

1. El arte del agrimensor no se limita á buscar la superficie de un terreno; es necesario tambien que tenga medios: 1.º para determinar exactamente lo que en él se halla, sea de mas ó de menos, relativamente á los títulos; 2.º para dividir la propiedad en las proporciones que aquellos indiquen.

2. Cuando de dos terrenos contiguos el uno tiene mas y el otro menos de lo que les corresponde, y el agrimensor es llamado para restituirlos á su capacidad legal, debe: 1.º examinar los títulos de cada propietario; 2.º medir llos campos en masa en la direccion comun á todas las piezas, á menos que la línea divisoria no esté fijada por setos ó algun foso, y 3.º medir cada campo en particular.

Pues la medicion en masa da mas exactamente la superficie total que la suma de las piezas medidas en particular, porque el cálculo es tanto mas exacto en general cuanto menos se repiten las operaciones. La diferencia de los dos resultados debe ser repartido proporcionalmente á cada pieza.

3. 1.º Para restituir un terreno, partiendo de una base encontrada por las oblícuas que forman en sus extremidades ángulos agudos, se divide el número de métros que han de tomarse de una superficie por la lonjitud de esta superficie; pero como esta operacion supone un rectángulo, se tendria de menos la suma de los pequeños triángulos exteriores *ghi klj* (fig. 32). Es

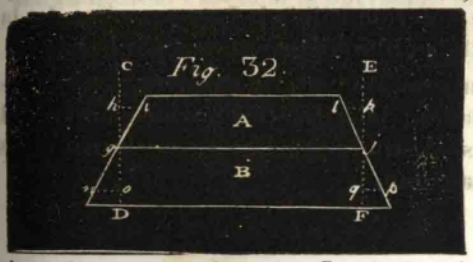


Fig. 32.

ne cesario, pues, dividir la suma de estos triángulos por la lonjitud de la superficie, disminuidas las bases *hi, kl.*

2.º Si las oblícuas forman ángulos obtusos (fig. 32) como sucede en la superficie B, es evidente que debe operarse de una manera inversa, pues que los pequeños triángulos son interiores.

UNIVERSIDAD DE HUELVA 2010

5. 1.° Para restituir un terreno sobre un cuadrilátero rectilíneo en que una de las extremidades es mas larga que la otra, se divide el número de métros que hay que tomar por un lado ACD, del trapecio ABCD (fig. 33). Supongamos que nos resulte 1,50 est. por cociente; si se saca 1,50 est. de DF para añadirlo á AE, se tendrá una cantidad igual al rectángulo, y la linea opuesta á la base, seguirá la oblicuidad necesaria.

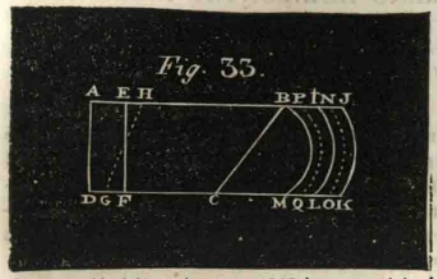


Fig. 33.

2.° En un cuadrilátero curvilíneo la curva JK (fig. 33) puede ser considerada como la base de un rectángulo, luego dividiendo por JK la cantidad del terreno que se ha de restituir, se tendrá por cociente la anchura IN, LO, IP, LQ.

Si las extremidades BJ, MK, son oblícuas suficientemente pronunciadas se las toma en consideracion como hemos dicho, núm. 4.

§. 2. *De la particion de propiedades.*

1. En qué consiste la dificultad de la particion de las propiedades?- 2. Cuáles son los conocimientos necesarios para la particion de propiedades?— 3. Cómo se divide un campo de forma rectangular, en 2, 3..... partes iguales?- 4. Cómo se divide en varias partes iguales un campo de forma triangular, paralelográmica, ó de un trapecio? - 5. Da da una superficie, cómo se le dá la forma de un cuadradilongo, ó en otros términos, cómo se convierte un terreno de forma irregular en un rectángulo de un valor equivalente?— 6. Cómo se divide en cierto número de partes iguales un campo de forma poligonal irregular?

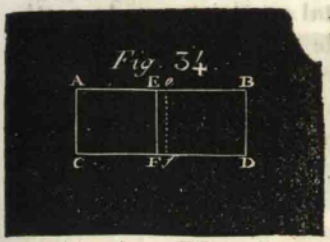
1. La particion de las propiedades es por lo comun necesaria por efecto de una herencia ó por venta.

Esta particion es generalmente dificil. No basta en efecto, dividir la propiedad en porciones de una extension perfectamente igual, sino que es tambien necesario atender á la calidad del terreno. Hay fanega de terreno que vale por 2 y 3 de inferior calidad. La operacion de la particion exije, pues, mucha habilidad unida á una acrisolada buena fé.

2. La geometría nos ofrece un gran número de construcciones propias para la particion de propiedades; la aritmética nos proporciona el medio mas fácil, una simple division. En la práctica se combinan estos dos medios que se auxilian mútuamente.

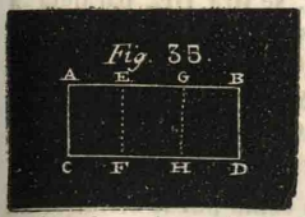
UNIVERSIDAD DE HUELVA 2010

3. 1.° Para dividir en dos partes iguales un campo de forma rectangular, se comienza por señalar con jalones una línea en la direccion FE (fig. 34) que divida lo mejor posible este campo en dos partes iguales. Se mide separadamente cada una de estas dos mitades; se suman sus dos superficies y se toma la mitad, la cual será la capacidad de cada una de las dos partes del campo.



Si la línea FE no llena esta condicion se mide su lonjitud; se divide por el valor lineal de FE el número de varas cuadradas que deben añadirse á la mitad menor, y el cociente dará la distancia lineal á que debe colocarse la línea de particion.

Si la porcion B D F E contiene, por ejemplo 50 varas cuadradas de mas, á la porcíon ACFE deben restituirse 25. Pero supongamos FE=20 varas; dividiendo 25 por 20 de lonjitud tenemos por cociente 1,25 varas; es decir, que la línea de particion FE debe aproximarse hácia BD de 1,25 varas en *ef*.



1.° Si el rectángulo ABCD (fig. 35) debe ser dividido en 3 partes iguales, se trazan aproximativamente con jalones las dos líneas FE, GH que deben limitar las 3 partes de la pieza. Se mide separadamente cada una de estas 3 partes, se suman sus superficies y se toma el tercio, que deberá ser el contenido de cada parte.

Si una de ellas AEFC, por ejemplo, es menor de 40 varas cuadradas, se mide la lonjitud de la línea FE=20 varas; se dividen las 40 varas cuadradas por 20, y se tiene 2 por cociente; es decir que debe retrocederse 2 varas hácia HG la línea de particion F E. Se procede de la misma manera en la segunda porcion EGHF; en fin la tercera GBDH tendrá su medida exacta si la operacion ha sido bien hecha.

De la misma manera se operaría si el campo debiese dividirse en mayor número de partes.

UNIVERSIDAD DE HUELVA 2010

4. 1.° Para dividir en tres partes iguales un campo de forma triangular dispuesto de tal suerte que cada partícipe quiera gozar de su pozo ó de una salida á uno de los vértices, basta dividir la base AB (fig. 36) en tres partes iguales y tirar rectas desde el vértice á todos los puntos de division.



Fig. 36.

Si el triángulo debe ser dividido en cuatro partes iguales, se toma un punto C (fig. 37) en la mitad del lado AB; otro punto en D, en la mitad del lado AF; despues otro punto E, en la mitad del lado FB; se unen DE, DC, CE, y se obtienen las cuatro partes equivalentes.



Fig. 37.

Otro procedimiento. Se toma un punto D, en la mitad de AC (fig. 38), se tira DE, paralela á AB; se dividen las líneas AB, DE en tres partes iguales, se unen los puntos de division por medio de las rectas FH, GI y el triángulo resulta dividido en cuatro partes equivalentes.

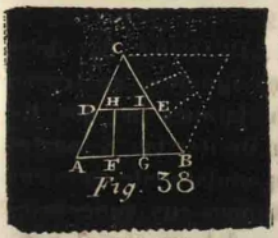


Fig. 38

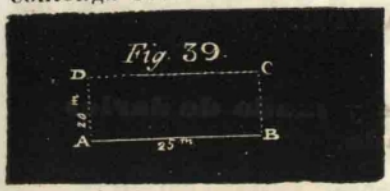
2.° Por la figura 38 se ve tambien la manera como puede dividirse un paralelógramo en 8 partes iguales.

3.° Finalmente podrémos siempre, como lo indica el trapecio ADEB, dividir un trapecio en un número cualquiera de partes, siendo para ello suficiente tener en cada base del trapecio un número de partes iguales.

5. Conocida la superficie de un terreno para darle la forma de un cuadrilongo, ó para convertir un terreno de forma irregular en un rectángulo de superficie equivalente, se mide la lonjitud de uno de sus lados, que será la destinada á uno de los del cuadrilongo y se divide esta lonjitud por el número de estadales cuadrados que deba contener la figura: el cociente será el número de métros que debe darse á la altura del rectángulo pedido.

UNIVERSIDAD DE HUELVA 2010

Supongamos que se ha de trazar una pieza de terreno rectangular que contenga 500 estadales cuadrados de superficie y cuya base sea la línea AB (fig. 39). Supongamos AB=25 estadales; dividiendo 500 estadales cuadrados por 25 estadales, obtendrémos por cociente 20, que será la altura que deben tener los lados AD y BC. Tirando entonces las dos líneas paralelas AD, BC, de una longitud de 20 estadales, perpendiculares á la AB, y paralela á esta la DC, obtendrémos el rectángulo pedido ABCD, cuya superficie es 500 estadales cuadrados.



6. Para dividir entre varios herederos y en partes iguales un campo de forma poligonal irregular, se mide la totalidad del terreno en estadales cuadrados, se divide el número obtenido en varias porciones iguales, como en 2 mitades, 3 tercios, 4 cuartos, 5 quintos, 8 octavos, etc., segun el número de partícipes, y la extension de la porcion que debe tocar á cada uno; ó lo que es lo mismo, se hace le division por 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, etc. partes, segun las circunstancias, y se obtiene así el número de estadales cuadrados que cada heredero puede reclamar como su herencia. Hecho esto, se buscan y trazan sobre el terreno los límites de cada superficie parcial, dándoles en cuanto sea posible la figura de un cuadrado, un rectángulo, ó un trapecio, elijiendo, si el terreno lo permite, la figura que mejor convenga á los copartícipes.

Supóngase que tenga que dividirse entre tres personas un campo cuya extension superficial sea de 10.000 estadales cuadrados, de manera que el primero tenga la mitad del todo; el segundo, la tercera parte; y el tercero la sexta. El 1.° tendrá, pues, los $^{6}/_{12}$ del todo, es decir, 500 estadales cuadrados; el 2.° $^{4}/_{12}$, es decir, 3333 estadales cuadrados, y el 3.° $^{2}/_{12}$, es decir, 1667 estadales cuadrados. Estas diversas superficies se convierten en rectángulos equivalentes segun el método indicado, núm. 5.

UNIVERSIDAD DE HUELVA 2010

SEGUNDA PARTE.

Levantamiento de planos y modo de darles la aguada.

PRIMERA SECCION.

LEVANTAMIENTO DE PLANOS.

§. *I. Definiciones.—Escala.—*

1. Qué es levantar un plano, y que relacion tiene este arte con la agrimensura?—2. Qué es una escala simple de proporcion y cual es su uso?—3. De qué depende el tamaño de una escala? ¿Cuál es la mas cómoda?—4. Cuál es la escala de los dècimos y su uso?

1. *Levantar un plano* es trazar sobre un papel la forma de un terreno con todos sus detalles, en dimensiones reducidas que conserven la proporcionalidad de sus lados y la igualdad de sus ángulos.

Aunque el arte de levantar planos difiera de el del agrimensor, ambos se prestan mútuo auxilio.

2. La *escala simple de proporcion* es una línea que representa la lonjitud que debe ocupar en un plano, tal ó cual número de estadales en el terreno, sirviendo para poner todos los lados del plan en proporcion.

(Véase dibujo lineal pag, 86 fig. 1.)

Si la escala AB representa diez estadales, Ao ó Ac representará 1 estadal; el *Ai* ó *Ad*, 2 estadales; A 2 ó Ae, 3 estadales etc. Si necesitásemos, pues, representar una lonjitud de 7 estadales $^1/_2$, colocaríamos una punta del compás sobre la cifra 7, abriéndole hasta que la otra punta llegase á la mitad de *Ao* ó *Ac*.—Si una línea del plano fuese mayor que la escala, se coloca una abertura de compás igual á AB, sobre la línea del plano cuantas veces sea posible, y si queda alguna resta, se gradua en estadales y por medio de la escala.

3. El tamaño de una escala sencilla es arbitrario, y se le hace depender generalmente del plano. Sin embargo las escalas decimales ó de 10, 100 etc. partes son de un uso mas fácil que las arbitrarias.

4. Llámase escala de *décimas*, la que nos da las décimas de una medida cualquiera.—El dibujo lineal nos dió su trazado pag. 86 fig. 1.—Veamos ahora su construccion.

UNIVERSIDAD DE HUELVA 2010

Sobre una línea indefinida CI se colocan varias aberturas de compás arbitrarias, de las cuales, cada una CD, DF, FH, etc. representan 100 partes. En los puntos C, D, F, H, etc. se levantan las perpendiculares CA, DB, FE, HG, etc. sobre cada una de las cuales se colocan 10 aberturas iguales de compás, pero arbitrarias. Se tira entonces ABG: se divide CD y se colocan las 10 partes sobre AB, se tiran en seguida trasversales y de este modo queda dividida CD en 100 partes. Finalmente por los puntos de division correspondientes de CA, DB, DE, se tiran líneas rectas que son otras tantas paralelas á CD.

Sea CD=100 estadales, tendrémos tambien DF ó FH=100 estadales.

Para 100 estadales se tomará, pues, con el compás de F á D;
Para 103 estadales . . . . . de *l* á *n*
Para 94 estadales . . . . . de *o* á 4
Para 47 estadales . . . . . de *p* á 7

§. 2. *Del levantamiento de planos por la plancheta.*

1. Qué es plancheta?—Su descripcion —¿ Qué es alidada?—Por qué todo terreno cuyo plano se levanta con la p ancheta, resulta medido por el método de cultelacion? 2.—Cómo se mide un ángulo con la plancheta?—3. Cómo se mide por la plancheta un terreno poligonal desde un punto del mismo? —4. Qué se verifica cuando uno puede entrar en el terreno que va á medir? —5. Qué se necesita para cerrar exactamente un polígono?—Cómo se llama este método?—6. En qué consiste el método de interseccion? ¿Cuáles son sus ventajas?

1. La *plancheta* es una tablita en forma de rectángulo que se coloca sobre un palo ó trípode que gira sobre sí, á fin de que pueda colocarse en una posicion horizontal.—Una bolita que se coloca sobre la tablita, y rueda hácia el lado en que se halla la pendiente, indica que debe levantarse de este lado. Unos tornillos de presion detienen este movimiento cuando ha llegado á obtenerse la horizontabilidad. (fig. 40)

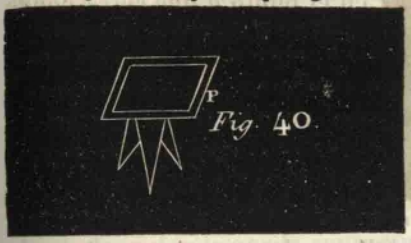
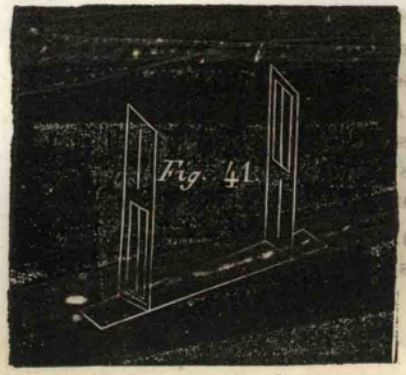


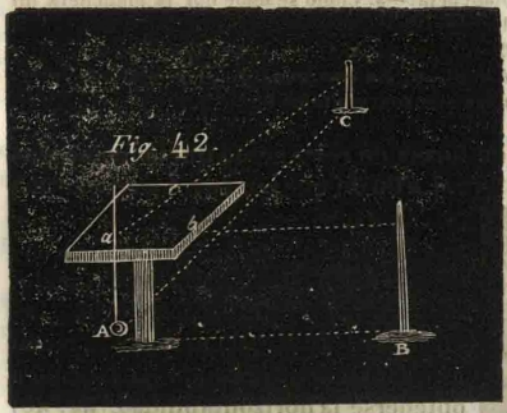
Fig. 40.

UNIVERSIDAD DE HUELVA 2010

Una hoja de papel está estendida y encolada por los lados con goma.



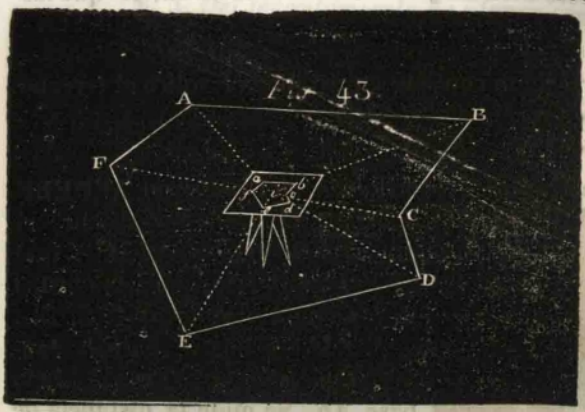
Se emplea tambien ademas una *alidada* (fig. 41.) Consiste en una regla de cobre á cuyos extremos se hallan ajustadas con unos goznes dos láminas metálicas que pueden levantarse perpendicularmente y detenerse en esta posicion. Estas láminas tienen dos hendiduras ó pínulas y ventanas mas anchas en las cuales está estendido un pelo ó cerda vertical. Mirando por estas hendiduras pueden dirijirse los rayos visuales hacia los puntos del terreno. De lo que resulta que el plano de un terreno levantado con la plancheta, está siempre representado por el método de cultelacion, puesto que este procedimiento busca siempre la proyeccion horizontal.



2. Para medir con la plancheta sobre un terreno el ángulo CAB (fig. 42), se coloca desde luego en A el instrumento en una posicion horizontal, se clava en seguida una aguja en el punto *a* que corresponde verticalmente al punto del terreno; se tira la línea *ac* por medio de la alidada aplicada contra la aguja y alineada sobre C; luego, sin separar el instrumento, se apoya de nuevo la alidada contra la aguja dirijiéndola hácia B, para tirar la línea *ab*, obteniendo asi el ángulo *cab*, cuya medida nos dará á conocer el semicírculo graduado.

UNIVERSIDAD DE HUELVA 2010

3. Para medir con la plancheta un terreno poligonal ABCDEF (figura 43) en el que nos hallemos colocados, marcarémos desde luego sobre el papel un punto *i* para representar allí el lugar de estacion, donde se clava una aguja, como en el ejemplo anterior; se dirije en seguida la alidada hácia el punto A; se traza á lo largo del borde de la regla la línea *ia*A que va á su vértice; se mide la distancia de la estacion al punto A; y se coloca sobre el papel la distancia *ia* con tantas unidades de la escala como estadales contiene *i* A: *a* será, pues, el plano de A.— Se tirarán del mismo modo las rectas *ib*B, *ic*C; y se medirán las lonjitudes *i* B, *i* C... para hallar los planos *b*, c,... de B, C... Finalmente uniendo estos diversos puntos, el polígono *abcdef* sera el plano del polígono ABCDEF.



Se comprueba el polígono del plano, colocando sobre la escala una abertura de compás igual á uno de sus lados, y midiendo sobre el terreno el mismo lado; con lo cual se viene en conocimiento de la identidad del resultado. Hecha esta prueba, se trazan en el interior del plano los accidentes que se encuentren en el terreno, como los edificios, caminos, arroyos, etc.

4. Si uno no pudiese colocarse en un punto del terreno, se coloca desde luego la plancheta en A (fig. 43) y se describe el ángulo BAF; se mide en seguida el lado AF, cuya distancia tomada en la escala se traslada al plano donde queda representada por *af*. Despues de haber colocado bien horizontalmente la plancheta en el punto F, se mide el ángulo AFE, y se traza la línea *fe*, sobre la cual se coloca una abertura de compás tomada sobre la escala igual á la distancia FE. En el punto E, se repite la operacion hecha en A y en F. Finalmente llegando al punto B, es preciso que enfilada la alidada con A, la línea tirada desde el punto *b* venga á unirse exactamente á la línea en que se encuentra el punto de partida *a*. Si se consigue, se dice que se ha *cerrado el polígono*.

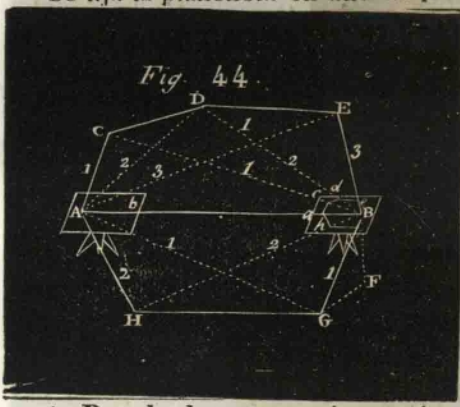
5. Para cerrar exactamente un polígono, uso bastante raro y siempre difícil, es necesario: 1.° que la plancheta esté perfectamente horizontal en cada estacion; 2.° que las medidas se tomen con mucho cui-

UNIVERSIDAD DE HUELVA 2010

dado; 3.° que la alidada este bien dirijida sobre la alineacion; 4.° que las distancias tomadas sobre la escala correspondan sin error á las del terreno.

6. El *método de interseccion* consiste en establecer sobre el terreno una base, para obtener por medio de triángulos diversos puntos que sirven para la construccion del plano.

Se fija la plancheta en uno de los vértices A del polígono ACDEBF GH (fig. 44): se trazan sobre el papel las direcciones AC, AD.. que van al vértice, y se anotan estas líneas con los números 1, 2, 3... yendo de izquierda á derecha tanto de un lado como de otro de la base A*b*. Se mide la distancia de la estacion A con el punto B, y se coloca sobre la línea A*b* una lonjitud igual en partes de la escala á esta distancia: *b* representará la estacion B.—Se traslada uno á este punto B, y desde esta estacion se tiran visuales al punto A con la alidada, que trazará la recta AB.—Estando el instrumento horizontalmente fijo sobre su pie, se clava una aguja en el punto *b* que está verticalmente encima de B.—Finalmente tirando visuales desde el punto B, á los diversos vértices C, D,.... se trazan en el papel rectas tendentes á estos puntos y se marcan estas líneas con los números 1, 2, 3... yendo siempre de izquierda á derecha de los dos lados de AB.—Las líneas indefinidas de los mismos números que se habrán trazado, tanto en la estacion A como en la B, se cortarán dos á dos y cada punto de interseccion determinará el vértice *e*, *d*,... Asi el plano del polígono levantado será *acedbfgh*.



Si algun punto F invisible de A no ha podido determinarse con este procedimiento, se va á estacionar en un lugar G, ya determinado sobre el plano, y podrémos trazar una línea *gf* que contenga este punto; por otra parte se ejecuta en los puntos B y *b* como si B*b* fuese una base medida.

El método de interseccion presenta la doble ventaja de no tener que medir mas que una línea, y que el plano se encuentra todo trazado, aun suponiendo que el terreno sea horizontal, porque las pínulas dan por medio de radios prolongados ó subidos, los diversos puntos del terreno, hallándose todas estas líneas reducidas á la horizontal.

UNIVERSIDAD DE HUELVA 2010

§. 3. *Del levantamiento de planos con el grafómetro.*

1. Qué es el grafómetro?— Su descripcion.— A qué se llama vernier?— Cuál es la brújula del grafómetro?— 2. Cómo se comprueba el grafómetro?— 3. Cuál es su uso?— 4. Cómo se hallan los ángulos con el grafómetro y como se hace la evaluacion de los minutos del vernier?— 5. Cómo se evalúa una perpendicular?— 6. Cómo se mide un polígono?— 7. Cómo se mide la altura de una torre.

1. El *grafómetro* es un instrumento destinado á medir los ángulos que forman las líneas ó visuales que desde el ojo del observador van á las diferentes señales que se pueden ver en un terreno. Consiste en un semicírculo de cobre ABC (fig. 45) cuyo limbo está dividido en 180.°, y cortado por un diámetro AEC que forma cuerpo con el instrumento; pero el diámetro CH solo está sujeto á él por el centro E, y se mueve para recorrer la semicircunferencia desde 0° á 180.° El primero se llama *alidada inmovil*, el 2.° *alidada móvil*. Las dos alidadas están terminadas por dos pínulas verticales para mirar los jalones. La alidada móvil está provista en uno de sus extremos de un vernier, que da las fracciones de los grados. Este *vernier* (1) consiste en un arco de cobre concéntrico á la semi-circunferencia, y cuya division difiere del limbo; puesto que señala 30′ ; por manera que la comparacion de estas dos divisiones permite añadir á los grados marcados sobre el limbo los minutos que da el vernier. Entre el limbo y la alidada inmóvil hay una pequeña brújula *b* que sirve para orientar el plano, esto es para reconocer la posicion del plano con relacion al meridiano; es una línea dirijida de *norte* á *sur:* una perpendicular á ella dá los otros dos puntos cardinales, *este* y *oeste*. Finalmente para que el instrumento tome las diversas inclinaciones necesarias para ponerse de nivel, está montado sobre una bola F, llamada *rodilla*, que se adapta á una especie de concha que se cierra á voluntad por medio de un tornillo.

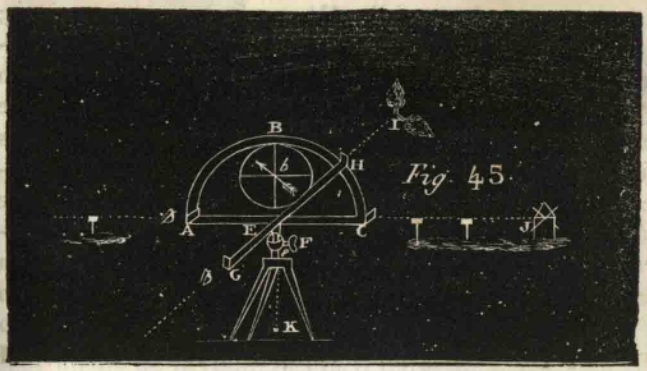


Fig. 45.

(1) Para la teoria del vernier, véanse las nociones de la física.

UNIVERSIDAD DE HUELVA 2010

2. Para comprobar el grafómetro, se traza un triángulo sobre el terreno, y se miden sus angulos separadamente. Si su suma llega á 190°; ó hay una muy lijera diferencia, es prueba de que el instrumento es bueno. Se pueden tambien marcar al rededor del observador un cierto número de objetos, y medir sus ángulos con el instrumento: la suma de estos ángulos debe ser igual á 360.° valor de 4 rectos.

4. El *grafómetro* sirve: 1.° para medir los ángulos; 2.° para levantar ó bajar una perpendicular sobre una recta dada; 3.° para medir alturas inaccesibles.

4. Para medir un ángulo se coloca exactamente el grafómetro en el vértice del ángulo que se quiere medir. Hé aquí como se consigue; 1.° se suspende al trípode una plomada FK (fig. 45) que correspondiendo al centro del instrumento caiga verticalmente sobre el punto del vértice E; 2.° se nivela en seguida el limbo; porque si se inclinase á derecha ó izquierda haria cometer un gran error en la medida de los ángulos. Conseguido el nivel y colocado el centro del instrumento precisamente en el vértice del ángulo, se alínea la alidada inmóvil AC sobre el lado en que están colocados los jalones CJ: se fija en seguida el limbo cerrando el tornillo de presion *a*; y colocando luego el ojo sobre la pínula G se vuelve la alidada hasta tanto que el punto *Y* del otro lado se encuentre en el rayo visual. Entonces queda formado el ángulo y solo resta contar los grados y partes de grados comprendidos en el arco CH para obtener su medida. Los grados y los semi-grados no ofrecen ninguna dificultad; pero no sucede lo mismo con los minutos. Sea AB

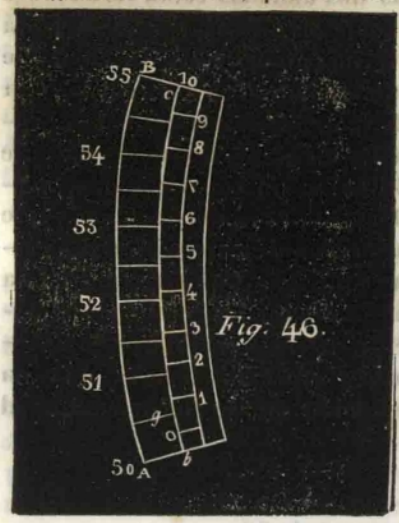


Fig. 46.

(fig. 46) la porcion del limbo empleada en medir el ángulo YEJ, y *ob* el *vernier* ajustado á la alidada móvil. Si el 0 del *vernier* correspondiese exactamente á la diferencia Ab del 50°, se contarían 50° para la medida del ángulo. Si por el contrario cayese sobre el punto *g* de los semi-grados, leeriamos 50° y 30′; pero si el 0 del vernier cae sobre una porcion de semi-grado que la vista no pueda apreciar con exactitud, es necesario buscar hasta que la señal de los minutos 1, 2, 3, 4, 5, 6, etc., corresponda á una señal de grados ó semi-grados del limbo. Aqui es la señal 1.ª de minutos que corresponde á la señal 55°, de donde se sigue que la medida buscada del ángulo es 50° y 10′. Cuando en vez de partir de

UNIVERSIDAD DE HUELVA 2010

0° sobre el limbo, se procede desde 180° para estimar los grados, los minutos se cuentan á la inversa.

5. Para levantar una perpendicular sobre una recta dada AB (figura 47) se coloca el grafómetro en el punto C; se dirije la alidada inmóvil segun la direccion AB, y basta entonces dirijir la alidada móvil por el grado 90 del limbo para obtener la direccion CD que es la perpendicular pedida.



Fig. 47.

Para bajar una perpendicular del punto D, sobre AB, se coloca la alidada móvil sobre el grado 90 del limbo; se dirije la alidada inmóvil en la alineacion AB, y se busca por medio de tanteos un punto sobre la línea AB tal que las pínulas de la alidada móvil correspondan al jalon colocado de antemano en D. El punto C que corresponde á la direccion de las dos alidadas es el punto buscado; y DC será por consiguiente la perpendicular bajada de D sobre AB.

6. Luego que por medio del grafómetro, se ha calculado la amplitud numérica de los ángulos de un polígono, solo resta medir sus lados con la cadena métrica, y trazar en seguida el plano, segun el croquis y las medidas tomadas sobre el terreno.

7. Se puede, con el grafómetro, medir alturas inaccesibles porque por medio de la rodilla es fácil darle una situacion vertical.

Supongamos que se haya de medir la altura de una torre BD (fig. 48).

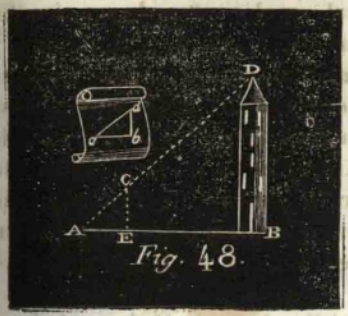


Fig. 48.

Despues de tomada la base AB se mide el ángulo BAD; se tira en seguida la línea *ab* que contenga tantas partes iguales de la escala, como estadales contiene AB; se forma con el semi-círculo graduado el ángulo *dab* igual al ángulo DAB, y finalmente se levanta en el punto *b* la perpendicular *bd*: su punto de interseccion con *ad* determinará la altura BD.

Si la base no fuese horizontal se colo-

UNIVERSIDAD DE HUELVA 2010

ca el instrumento en el punto A, tomado arbitrariamente (fig. 49); se miden los ángulos CAD y DAB; se tira en seguida sobre el papel la línea *ab* que contenga tantas partes iguales como estadales tenga la base AB; se forman en el punto los ángulos *cad* y *dab*, iguales á los ángulos CAD y DAB; finalmente del punto *b* se tira una perpendicular *bc* á *ad*: la lonjitud comprendida entre los puntos *b* y *c*, llevada á la escala, nos dará la altura BC.



Fig. 49.

§. 4. *Del levantamiento de planos con la brújula.*

1. Qué es la brújula del agrimensor?—Su descripcion —2. Sobre qué propiedad está fundado el levantamiento de planos con la brújula?—3. Y cuáles son las ventajas é inconvenientes de las brújulas?—5. Qué precauciones deben tomarse en el uso de la brújula?—6. Cómo se orienta un plano?

1. La *brújula del agrimensor* es una caja cuadrada y chata (figura 50) que se coloca horizontalmente sobre un pie. En esta caja está encerrada una aguja imantada que gira libremente sobre un quicio vertical en el centro de un círculo. Su circunferencia está graduada y cubierta con un cristal que permite leer los diversos grados en que se detiene la aguja, segun la direccion dada al instrumento.—En uno de los bordes de la caja, paralelo al diámetro que va de 0° á 180° está unida una *alidada*, y para dirigirse hácia cualquier objeto, es necesario hacer girar la brújula entera al rededor del eje central colocado sobre un trípode. La alidada es ademas móvil sobre un eje en medio de su lonjitud y puede moverse en sentido vertical.

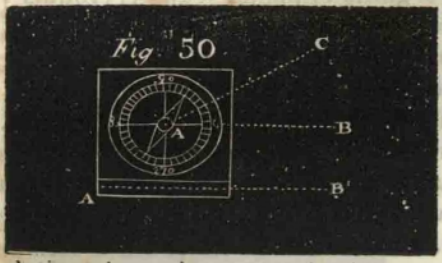


Fig. 50

2. El levantamiento de planos por medio de la brújula está fundado sobre la propiedad que tiene la aguja magnética de tomar una direccion próximamente constante hácia el norte, por manera que trasportando la brújula á un paraje cualquiera, la aguja toma en él una posicion paralela á la precedente.

3. Para medir con la brújula un ángulo CAB (fig. 50) se coloca horizontalmente el instrumento en el vértice A, y se tiran visuales con la alidada á uno de sus puntos B, que determinan los lados del ángulo. Como

UNIVERSIDAD DE HUELVA 2010

este punto B está distante, la direccion visual A'B' es sensiblemente paralela á AB, y la aguja sedetendrá en un punto del limbo cuya graduacion leerémos por ejemplo 24°. — Se muda en seguida la caja para dirigir al otro punto C; en este movimiento la aguja permanecerá fija en el espacio, ó á lo menos, despues de algunas oscilaciones volverá á tomar su direccion primitiva. Ahora bien, esta posicion no corresponderá ya al mismo punto del arco graduado, leyendo, por ejemplo, 88° La diferencia de 24° á 88° ó 64° es la cantidad angular en que la caja ha girado sobre su eje, y por consecuencia el ángulo pedido BAC.

4. El agrimensor halla en la brújula las ventajas de no tener que tirar dos visuales para cada estacion, de obrar por esta misma razon con mayor rapidez, y de residir horizontalmente como con la plancheta, cualquier ángulo de un terreno inclinado.—Por otra parte tiene el inconveniente de no dar la medida exacta de los ángulos, puesto que no pueden obtenerse sino aproximados hasta un cuarto de grado. No pueden por consiguiente levantarse con este instrumento planos de terrenos muy extensos.—Es sin embargo muy útil para levantar planos de las sinuosidades de un sendero, de un arroyo, de una calle de un bosque, etc. especialmente cuando no es posible en cada estacion percibir mas que el punto donde debe estacionarse en seguida.

5. La brújula debe nivelarse en cada estacion, ya por el golpe de vista, ya por el nivel del aire. Es necesario colocar el centro en el punto preciso de la estacion, y antes de contar los grados, apartar la cadena, los piquetes, ó cualquier otro instrumento de hierro que pueda atraer la aguja en una direccion falsa.

6. Para orientar un plano, se observa, al levantar los ángulos del terreno, el ángulo que forma la aguja imantada de la brújula con la alidada inmóvil del grafómetro sobre una base de operacion: este ángulo da el *norte*.

La aguja imantada se separa aproximadamente 22.° de la línea que va de *norte á sur;* y esta desviacion se llama *declinacion*. Es necesario, pues, al trasladar el ángulo de la meridiana, dar à su abertura 22 ° de menos al dirigirse del lado noroeste. Asi, si el ángulo ha sido 145.°, se contará de 123.°

La parte superior del plano, debe siempre en cuanto sea posible designar el norte.

UNIVERSIDAD DE HUELVA 2010

§. *Del dibujo, copia y reduccion de planos.*

1. Qué se entiende por dibujar un plano, y á que se llama relacion de un plano?—2. Qué instrumentos son necesarios para levantar un plano-croquis? — 3. Cómo debe hacerse la delineacion?—4. De cuántos modos puede copiarse un plano?—5. Cómo se reduce un plano.

1. *Dibujar un plano* es trazar todas las líneas que contiene, y figurar, segun las convenciones, los diferentes detalles, como los caminos, edificios, fosos etc. — Esta operacion se llama *relacion del plano.*

2. El dibujo ó relacion de un plano exige, no únicamente destreza, sino tambien el uso de varios instrumentos, como una *mesa, papel para lavar*, una *escuadra* de cobre ó boj, un *semicírculo graduado* de cobre ó asta, una *escala de proporcion*, una *regla* de nogal, *lapices*, un *compás* y un *tira-líneas.*

3. La *delineacion* debe formarse enteramente en lapiz para poder hacer todas las correcciones necesarias. Luego se reemplazan las líneas de lapiz por otras de tinta de china.—Las curvas de los caminos, rios, etc. y los árboles, se dibujan con la pluma, usando al efecto de las de cuervo, que son susceptibles de cortarse muy finas.

4. Ocurre frecuentemente tener que *copiar un plano*, por ejemplo, cuando despues de levantado por la plancheta, el plano-minuta no conserva toda la frescura necesaria.

De dos modos podemos *copiar un plano*: ó *picándole*, ó por medio del calcado.

Picar un plano.—Para esta operacion se coloca debajo del plano que se quiere copiar, el pliego que debe recibirle; se estiende con cuidado, y luego por medio de un instrumento llamado *picador*, se pica cada punto extremo de las líneas que han de servir para su construccion. Se delínea en seguida el plano con una pluma y tinta de china, teniendo siempre cuidado de consultar el plano para no cometer errores.

Calcar un plano.—Se calca un plano al cristal, colocando en un papel blanco, y siguiendo la de lineacion con la punta fina de un lapiz. Pero siendo muy cansada esta operacion puede reemplazarse por la siguiente.

Colócase el plano en una mesa bien lisa; se aplica sobre él un pliego de papel trasparente y muy fino, llamado *papel vejetal*, ó á falta de este otro papel muy fino dado de aceite y bien limpio; luego se copia co-

UNIVERSIDAD DE HUELVA 2010

mo al cristal el plano cuyos delineamientos permite distinguir la trasparencia del papel.

5. La reduccion de un plano se hace como hemos visto en el *dibujo lineal*.

SECCION SEGUNDA.

Lavado de los Planos.

1. A qué está reducido el lavado de un plano?—2. De qué manera se considera la luz en un plano?—3. Cómo se conoce la buena calidad de la tinta de China? — 4. Qué colores se necesitan para el lavado de los planos?—5. Por qué medio se conoce la buena calidad de los pinceles?—6. De qué manera se lavan la tierra de labor, las viñas, las praderas, los bosques, los sotos, los arbolados? las huertas, los estanques, los rios, y arroyos? —los páramos?—los arenales?—los peñascos y canteras?—las montañas? los edificios?

1. El *lavado* es el arte de dar á cada especie de terreno el colorido mas análogo á su naturaleza con el objeto de distinguir perfectamente todas sus desinencias.

2. Los planos se consideran iluminados por un rayo de luz que va á herir los objetos bajo un ángulo de 45.° en la direccion de izquierda á derecha. La parte por la que reciben los objetos la luz, se da con un trazo muy delgado, y mas grueso por el lado opuesto. La sombra se da con la tinta de China.

3. Es de la mayor importancia para el trazado y para las sombras, una tinta de China de buena calidad. La mala tinta de China forma grumos, no tiene lustre y da un color negro muy sucio al paso que la buena es muy dura, quebradiza y lustrosa, si se frota una barrita con la uña mojada, se deslie con mucha facilidad, produce un color muy brillante y las líneas que con esta tinta se tiran, no sufren alteracion alguna, cuando despues de secas, se procede al lavado por medio del pincel.

4. Los colores necesarios para el lavado de los planos, son *la tinta de China*, la *sepia*, la *gutagamba*, el *azul de Prusia* ó *añil*, el *carmin* y el *verde de vejigas*.

5. Los pinceles son de marta cebellina, y serán de buena calidad si despues de mojados presentan una punta muy afilada, cuya elasticidad resista á los esfuerzos que con la mano hagamos para destruirla. Se necesitan por lo menos dos, de los cuales el uno sirve para coger la tinta, y el agua el otro á fin de dar con ella la aguada conveniente.

Cuando hayan de mezclarse dos colores, se tomará cada uno de ellos

UNIVERSIDAD DE HUELVA 2010

con distinto pincel, y luego se extenderán hasta que hayan adquirido la tinta conveniente.

6. Los diversos objetos que puede contener un plano, se lavan de la manera siguiente.

Para las *tierras de labor* se emplean dos tintas ligeras, la una muy clara de carmin y gutagamba, y de verde claro la otra, señalando los sulcos con puntos de un color subido y análogo á su cultivo, bien sea verde, etc.

Las *viñas* se representan delineando con la tinta de China unas estaquillas envueltas en un trazo parecido á una S, y se lavan con una mezcla de tinta de China, de carmin, sepia y añil.

El lavado de las *praderas* se da con una tinta verde compuesta de una poca gutagamba y mayor cantidad de azul.

Para los *bosques*, y *solos* se emplean dos tintas, de bastante gutagamba y algun carmin la una, y la otra de verde mezclado con la primera.

Se figura la elevacion de los *árboles* por medio de su tallo y hojas á fin de imitar su naturaleza y poder distinguir con la vista un chopo, por ejemplo, de una encina ó de un árbol frutal. Se representan echados hácia el lado opuesto á aquel por donde viene el rayo luminoso, y se lavan con verde de vejiga bastante espeso.

Las *huertas* se lavan con una tinta verde muy clara.

Para los *estanques*, *rios* y *arroyos* se emplea el azul de Prusia muy claro, figurando las ondulaciones por medio de algunas líneas de color mas subido é indicando su corriente con una flecha cuya punta señala su direccion.

El lavado de los *pantanos y lagunas* se da con una tinta azul y algunas pinceladas verdes en las orillas.

En los *eriales* se emplea una tinta verde menos subida que en los prados.

Los *matorrales* se lavan matizándoles de verde y color de rosa: el primero se compone de gutagamba y azul, y de carmin y agua el segundo.

Los *páramos* reciben el lavado con dos tintas, de verde mate la una, y de carmin y gutagamba la otra.

En los *arenales* se emplea la gutagamba y un poco de carmin; y luego se les señala con puntos.

Los *peñascos* y *canteras* se delinean procurando que esten bien caracterizados. La parte de sombra se lava con una tinta compuesta de carmin, tinta de China y gutagamba, y se indican las hendiduras con

UNIVERSIDAD DE HUELVA 2010

BIBLIOTECA HUELVA

el mismo color algun tanto mas subido. Se dan algunas pinceladas de color azul en la parte que figura estar iluminada.

Como en los peñascos, se modifica en las *montañas* la tinta de arriba á abajo; el lado opuesto á la luz es mas intensa y las faldas se representan por medio de unas rayitas cruzadas que constituyen la sombra.

Los edificios se dibujan con tinta colorada señalando las partes que están en sombra por medio de una línea de carmin y el espesor de sus paredes con una tinta igual y muy clara de carmin. Lo propio se verifica en todas las demas construcciones.

UNIVERSIDAD DE HUELVA 2010

UNIVERSIDAD DE HUELVA 2010

CAPITULO IV.

FISICA.

PRELIMINARES.

1. Objeto de la física.— Explicacion de la palabra naturaleza. Qué es física?— 2. En qué acepcion se toma la palabra naturaleza?— 3. Cómo puede definirse hoy la física y cuál es su objeto?— 4 A qué llamamos cuerpo ó materia?— 5. Qué entendemos por espacio?— 6. Qué es extension?— 7. Qué dice Pouillet acerca del espacio, la extension y la impenetrabilidad?— 8. En cuántos grupos pueden subdividirse los cuerpos? 10. Qué se entiende por fenómeno?— 11. Qué es fuerza ó ajente? 12. En cuántas partes pueden dividirse los fenómenos naturales?— 13. Qué se entiendo por teoría física?— 15. Qué se entiende por sistema en física?

1. **Objeto de la física.— Explicacion de la palabra naturaleza.** La *física*, segun la etimología de esta voz, es la ciencia de la *naturaleza*.

2. Esta palabra presenta diversas acepciones. Unas veces expresa el poder jeneral productor de cuanto existe, ó el mundo físico ó la reunion de los séres que constituyen el universo; otras veces la progresion de las cosas y el órden con que los séres nacen y se suceden; ya el principio interior del movimiento del individuo animal ó vegetal: ya la esencia particular de una cosa, ya en fin la ley fundamental establecida por la suprema inteligencia para la perpetuidad del universo.

3. El estudio de la física con los adelantos de las ciencias naturales se ha limitado, y hoy dia puede definirse la física, diciendo que es *la ciencia que trata de las propiedades de los cuerpos, y de las acciones que ejercen los unos sobre los otros sin alterar su naturaleza intima.* La *física*, pues, tiene por objeto el estudio de la *materia*, esto es, de todo lo que es *extenso* é *impenetrable*.

UNIVERSIDAD DE HUELVA 2010

4. **Del cuerpo.** Llamamos *cuerpo* á todo lo que puede producir en nosotros un conjunto de sensaciones, esto es, toda sustancia dotada de propiedades que la distinguen del espacio que la rodea, y que la hacen sensible.

5. **Del espacio y la extension.** Si nos figuramos una esfera de un diámetro cualquiera que se aniquila instantáneamente dejando vacío el lugar que ocupaba; si esta esfera la agrandamos en nuestra imajinacion hasta suponerla igual al globo de la tierra, y la suponemos aniquilada como la primera; si agrandamos aun mas esta esfera hasta suponer que abraza no solo nuestro sistema planetario sino todos los sistemas imajinables, y que esta esfera se aniquila y deja vacío el lugar que ocupaba, podrémos formarnos idea de lo que entendemos por *espacio.*—Los metafísicos le llaman *espacio puro,* los físicos *espacio vacío.*

6. Una porcion limitada del espacio es lo que llamamos *extension.*

7. «La idea del espacio, dice Pouillet, es una idea completa, puesto que nosotros podemos concebir el espacio enteramente vacío, sin que por esto sea una idea exclusiva en la cual nada podamos asociar. En el espacio podemos concebir la *impenetrabilidad,* y la impenetrabilidad es la materia. No hay pues razon para decir que la materia tiene dos propiedades esenciales: la *extension* y la *impenetrabilidad:* pues estas no son propiedades, sino una definicion. Concebimos la impenetrabilidad y la llamamos *materia:* hé aqui todo.»

8. Los *cuerpos* pueden subdividirse en dos grupos: 1.° cuerpos pesados llamados por esta razon *ponderados*; 2.° cuerpos que no son pesados ó por lo menos que no sehan logrado hasta ahora pesar, llamados por esta razon *imponderados.* Estos se llaman tambien *flúidos* y son los siguientes:

El flúido *calórico* ó el *calor.*
El flúido *lumínico* ó la *luz.*
El flúido *eléctrico* ó la *electricidad.*
El flúido *magnético* ó el *magnetismo.*

Los cuerpos ponderados son todos los demas de la naturaleza.

9. Esta distincion de los cuerpos ha servido de base á la clasificacion de la física en dos partes: la 1.ª comprende el estudio de los cuerpos ponderados; la 2.ª el de los imponderados.

Antes de entrar en el estudio de estas dos partes, definirémos para mayor claridad algunas palabras que deberémos emplear.

10. **Fenómeno.** En el lenguaje de la ciencia, se llama *fenómeno* á un cambio de la naturaleza de estado ó de las propiedades de un cuerpo, como *la caida de una piedra, el rocio, la lluvia,* etc.

UNIVERSIDAD DE HUELVA 2010

11. **Fuerzas, ajente.** Todo lo que puede obrar sobre los cuerpos, hacerles sufrir modificaciones, en una palabra, producir *fenómenos*, se denomina *fuerza* ó *ajente*.

12. Los ajentes naturales pueden dividirse en tres grandes clases, á saber:

1.° Las fuerzas vitales ó de organizacion.

2.° La atraccion universal, ó la accion de la materia sobre la materia, que comprende: la *gravitacion*, la *pesantez* ó *gravedad*, y la *atraccion molecular*.

3.° Los flúidos imponderados, causa de todos los fenómenos *caloríficos*, *magnéticos*, *eléctricos* y *luminosos*.

13. **Ley.** Una *ley* física es la relacion necesaria que existe entre un fenómeno y la causa de que depende.

14. **Teoría.** Una *teoría* física es la relacion coordinada de las leyes relativas á una misma clase de fenómenos, las cuales sirven para explicar la dependencia que existe entre todos sus efectos y sus causas.

15. **Sistema.** Llámase *sistema* una hipótesis formada sobre la naturaleza de los ajentes para encadenar todos los hechos dependientes de una misma causa, y todas las leyes que los rijen á un principio único cuyas leyes parciales se deduzcan todas como corolarios.

UNIVERSIDAD DE HUELVA 2010

PRIMERA PARTE.

Cuerpos ponderados.

NOCIONES PRELIMINARES.

§. 1. *De los cuerpos materiales.— Sus diversos estados.— Propiedades generales que los caracterizan.*

1. Cómo definimos generalmente los cuerpos materiales?– 2. **Formacion de los cuerpos y sus tres estados.**– De qué están formados los cuerpos?– 3. Cómo suponen los físicos que están constituidas las partículas de los cuerpos?– 4. Está admitida la existencia de los átomos? Está probada?– 5. Cómo se llama el ajente que une entre sí las moléculas de los cuerpos?– 6. Por qué causas está combatida la cohesion?– 7. Cuál es una de las mas activas fuerzas repulsivas?– 8. Cuándo presentan los cuerpos el estado sólido? 9. Y el líquido?– 10. Y el aeriforme? 11. Cuál es el cuerpo que se nos presenta diariamente en estos tres estados?– 12. Cómo se llaman jeneralmente los cuerpos que se nos presentan en el estado aeriforme?– 13. **De las propiedades generales de los cuerpos.**– A qué se llaman propiedades generales de los cuerpos? Cuáles son las principales?– 14. **Extension.**– Qué es extension?– 15. **Pruebas y aplicaciones.** Cuáles son las pruebas y aplicaciones de la extension?– 16. **Impenetrabilidad.**– Qué es impenetrabilidad?– 17. **Pruebas y aplicaciones.** Cuáles son las pruebas y aplicaciones de la impenetrabilidad?– 18. **Divisibilidad.** –Qué es divisibilidad?– 19. **Pruebas y aplicaciones.** Cuáles son las pruebas y aplicaciones de la divisibilidad?– 20. **Porosidad.**– Qué es porosidad?– 21. **Pruebas y aplicaciones.**.– Cuáles son las pruebas y aplicaciones de la porosidad.– 22. **Compresibilidad.**– Qué es compresibilidad?– 23. **Pruebas y aplicaciones.** –Cuáles son las pruebas y aplicaciones de la compresibilidad?– 24. **Elasticidad.** –Qué es elasticidad?– 25. **Pruebas y aplicaciones.**– Cuáles son las pruebas y aplicaciones de la elasticidad?– 26. **Dilatabilidad.**– Qué es dilatabilidad?– 27. **Pruebas y aplicaciones.**– Cuáles son las pruebas y aplicaciones de la dilatabilidad.

1. Definimos generalmente los cuerpos materiales, diciendo que se comprende bajo este nombre todo lo que es extenso, impenetrable y pesado.

2. **Formacion de los cuerpos y sus tres estados.** Los cuerpos están formados de una reunion de partículas similares mas ó menos distantes entre sí, que constituyen masas mas ó menos densas.

3. Los físicos suponen que estas partículas de los cuerpos están á su vez constituidas por una reunion de *átomos*, es decir, por porciones de materia inseparable. Una reunion de átomos se llama *molécula*.

4. Está admitida y es probable la existencia de los átomos; pero no está probada, porque la extremada pequeñez que se les supone, no nos deja los medios de observacion.

UNIVERSIDAD DE HUELVA 2010

5. Puesto que las moléculas ó partículas que constituyen los cuerpos son porciones de materia separadas, todos los cuerpos se nos presentarían como polvo sino hubiese una fuerza que las uniera entre sì. A este ajente misterioso que aproxima las moléculas de los cuerpos, se llama *cohesion*.

6. La *cohesion* está combatida en todos los cuerpos por otras fuerzas de naturaleza enteramente distinta que tienden á separar las partículas unas de otras, y por cuyos motivos se les denominan fuerzas *repulsivas*.

7. Una de las mas activas es el *calórico*.

8. Cuando la fuerza elástica del calórico separa poco las moléculas de los cuerpos, de manera que su distancia respectiva sea menor que el radio de su esfera de actividad sensible, la cohesion mantiene los cuerpos en estado *sólido*. Las *piedras*, los *metales* y los *tejidos órganicos*, son *sólidos*.

9. Cuando el calórico separa las moléculas de su esfera de actividad de cohesion, de manera que dichas moléculas puedan moverse libremente en todos sentidos, los cuerpos se nos presentan en estado *líquido*. El *agua*, el *mercurio*, el *espíritu de vino*, son *cuerpos líquidos*.

10. Finalmente cuando la fuerza repulsiva del calórico anula totalmente la de cohesion, de manera que las moléculas de los cuerpos tratan de separarse mas y mas, los cuerpos se nos presentan en un estado *aeriforme*; tal es el aire.

11. Hay un cuerpo muy conocido en la naturaleza que se nos presenta diariamente en estos tres estados, y este es el *agua* que de continuo vemos en la forma sólida constituyendo el hielo, en la forma líquida y en la de *vapor* ó *aeriforme*.

12. Los cuerpos que se nos presentan en este estado se denominan generalmente *gases*, voz alemana que equivale á espíritu ó alma para designar sin duda lo sútil de estos cuerpos.

13. **De las propiedades generales de los cuerpos.** Llámanse propiedades generales de los cuerpos aquellos hechos uniformes que observamos en ellos en cualquiera de sus estados. Las principales y mas importantes son:

1.° La extension.
2.° La impenetrabilidad.
3.° La divisibilidad.
4.° La porosidad.
5.° La compresibilidad.
6.° La elasticidad.
7.° La dilatabilidad.

14. 1.° **Extension.** La extension es la porcion del espacio univer-

UNIVERSIDAD DE HUELVA 2010

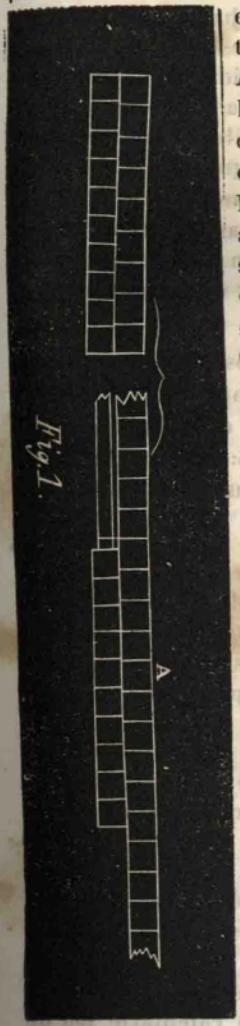
sal que un cuerpo ocupa. De esta propiedad dependen su forma y su volúmen.

15. **Pruebas y aplicaciones.** La unidad fundamental usada en España para medir la extension es el pie, segun hemos visto pág. 460 de esta obra. Los franceses toman por unidad el *metro* (1). Para evaluar una lonjitud se coloca la unidad lineal sobre lo que se quiera medir tantas veces como quepa; pero si el número de veces no es exacto resultará una fraccion y para apreciar esta, están generalmente subdivididas las unidades lineales de todos los países. Nosotros subdividimos el *pie en pulgadas, líneas y puntos*, y los franceses el *metro* en *decímetros, centímetros* y *milímetros*; pero como esta subdivision no puede prolongarse mas, se emplea un medio mas exacto con el auxilio del instrumento llamado *vernier*.

(1) Tiene la explicacion del sistema métrico francés y su equivalencia con los pesos y medidas españolas, pág. 472 y siguientes del tomo 1.º de esta obra.

UNIVERSIDAD DE HUELVA 2010

Vernier. Consiste este en una reglita graduada del modo siguiente. Supongamos que la regla que empleamos para la medicion, está subdividida en *milímetros* y que tomamos en otra reglita una extension de 9 milímetros que subdividimos en 10 partes iguales: cada una de estas subdivisiones equivaldrá á 0,9 de milímetro. Ahora bien: si colocamos la reglita pequeña sobre la grande de manera que dos de sus signos de division coincidan en A (fig. 1) no volverá á haber nueva coincidencia hasta la novena division de la regla grande contando desde A: las divisiones intermedias estarán mas adelante que las del mismo órden en la regla pequeña; la primera una décima de milímetro; la segunda, dos etc., por manera que la novena estará separada *n* décimas de milímetro. Fácilmente se concibe que para valuar una lonjitud dada aproximada hasta menos de una décima de milímetro es suficiente colocar la regla mayor sobre el objeto, la que dará un número entero N de milímetros, colocar en seguida el cero de la regla pequeña ó *vernier* en la extremidad de la longitud propuesta y juntar el número *n* de divisiones que separan este punto de aquel en que una de sus señales divisorias coincide con otra de la regla mayor. La lonjitud buscada será entonces N $\times$ $n/10$ milímetros.



16. 2.ª **Impenetrabilidad.** Llámase asi la propiedad en virtud de la cual dos cuerpos no pueden ocupar á un mismo tiempo un mismo lugar ó espacio.

17. **Pruebas y aplicaciones.** Que los sólidos y líquidos son impenetrables no necesita comprobarse. La impenetrabilidad de los gases se comprueba tambien fácilmente. Si metemos un vaso boca abajo en un líquido, este no penetra en él ¿y por qué? porque el aire de que está lleno es impenetrable.

En esta propiedad está fundada la *campana nudinatória* ó de los *buzos*, hombres que bajan en lo interior de dicha campana, muchos brazos abajo del agua.

18. 3.ª **Divisibilidad.** Propiedad general de los cuerpos de poder subdividirse en pequeñas porciones distintas entre sí.

19. **Pruebas y aplicaciones.** Si subdividimos un pedazo de madera hasta el punto de reducirle á polvo, cada porcion de esta madera podrá aun subdividirse puesto que es madera, y como tal compuesta de partes que por

UNIVERSIDAD DE HUELVA 2010

la combustion pueden reducirse á humo, ceniza, etc., etc. Un grano de carmin ó de indigo tiene una gran porcion de agua, y esperimentos hechos sobre el particular comprueban que se subdivide en mas de 15 millones de partes. Si nos paseamos por un jardin, el aire está perfumado en bastante extension, ¿cuál no deberá ser la divisibilidad de las partículas odoríferas de las flores? Wallaston consiguió hacer hilas de plátano de 1/1200 de milímetros de grueso necesitándose mas de 140 de estas hilas para formar un haccecillo del grueso de un hilo de seda: un grano de oro se extiende hasta presentar dos millones de partes visibles, y cuando se le emplea en la fabricacion de galones, dos onzas y aun menos se extienden entre los rollos del laminador hasta convertirse en un hilo largo de 90 leguas. El cristal puede hilarse como la seda. Wolf ha observado en un grano de polvo 500 huevos de que han nacido animales parecidos á los peces. Un grano de arena puede tener 300 billones de animales organizados; finalmente, una decoccion de plantas expuestas al aire libre presenta al microscopio tantos animalillos que en un espacio de un centímetro cúbico podrian contenerse cincuenta trillones; y en la punta de una aguja muchísimos miles.

20. 4.ª **Porosidad.** Llamamos *porosidad* á los pequeños vacíos ó intersticios que las moléculas de los cuerpos dejan entre sí. Estos vacíos se denominan *poros*, de cuyo nombre se deriva el de la porosidad. Si esta varía, cambia tambien la *densidad* del cuerpo: pero no la cantidad de materia que encierra; pues esta es siempre igual aun cuando los poros se disminuyan ó aumenten.

21. **Pruebas y aplicaciones.** El azúcar metido en agua se cubre de burbujas de aire que se escapan de sus poros. El carbon deja penetrar en los suyos los gases. Una piedra silícea llamada *hidrófano* traslucida en su estado ordinario, no solo deja escapar burbujitas de aire así que se la sumerje en agua, sino que adquiere la trasparencia del cristal por medio del agua que se ha apropiado. *Sanctorius* demostró la porosidad de la piel. El mercurio comprimido en una piel de *gamuza* se escapa por sus poros. El agua introducida en una esfera de oro aparece en la superficie á manera de gotitas de rocío cuando se le hace variar de forma por la compresion, esperimentos hechos por la academia de Florencia. El agua ó la humedad introducida en los poros de las puertas y ventanas las hincha é impide se cierren y abran con facilidad. Por el contrario el calor evaporando los liquidos hace que los poros de las maderas se compriman, y las puertas y ventanas se ponen entonces flojas.

Este efecto desune á veces los toneles que se imponen con solo meterles en agua. Para hacer curvo un palo cualquiera basta calentarle por un lado y mojarle por otro: ambos efectos concurren al objeto: el primero, ensanchando los poros, y el segundo, comprimiéndolos. Para escribir de relieve en madera se grava con un punzon: se bate luego la superficie hasta

UNIVERSIDAD DE HUELVA 2010

que no se distingue la señal del instrumento y se pone la madera en agua, con lo cual se hinchan las partes comprimidas y aparecen las letras en relieve. Es muy comun el método de hendir las piedras, haciendo en ellas incisiones é introduciendo en ellas cuñas de madera tierna secada al fuego y remojándolas uego con agua: esta hincha la madera, cuya fuerza hiende el pedernal. Para conservar los huevos frescos por largo tiempo se disminuye la porosidad de su cáscara dándole un ligero baño de aceite de olivo.

22. 5.ª **Compresibilidad.** La compresibilidad es la propiedad general que tienen los cuerpos de reducirse á un menor volúmen aparente cuando se les comprime por todas partes.

La extension ocupada por un cuerpo constituye su *volúmen aparente*; y la extension que ocuparía la sustancia propia de un cuerpo, haciendo abstraccion de sus poros ó intersticios es lo que se llama *volúmen real.*

23. **Pruebas y aplicaciones.** Todos los cuerpos son compresibles; pero los liquidos lo son menos que los sólidos, y estos menos que los gases.

La compresibilidad de los líquidos se comprueba perfectamente por medio del piezometro. Diariamente vemos egemplos de la compresibilidad de los sólidos. La de los gases se comprueba con la escopeta de viento y otros muchos experimentos. Los gases tienen otra propiedad y es la de comprimirse todos igualmente. Boyle, segun los ingleses, y Mariotte segun los franceses descubrió la ley que lleva su nombre, de suma importancia, como luego verémos.

24. 6.ª **Elasticidad.** La elasticidad es la facultad que tienen los cuerpos de recobrar su estado primitivo cuando cesa la causa que le alteraba.

25. **Pruebas y aplicaciones.** Los gases son perfectamente elásticos, propiedad que se puede demostrar fácilmente comprimiendo una vejiga llena de aire, que recobra su primitivo estado luego que cesa la compresion. Por esta razon son llamados los gases, *flúidos elásticos.* Los líquidos tienen muy poca elasticidad. Los sólidos no lo son tanto como los gases, aunque hay algunos como la goma elástica y el márfil que gozan de una gran elasticidad. Dejando caer una bola de marfil sobre un plano liso y bañado ligeramente de aceite, se nota una señal tanto mayor, cuanto mas vivo haya sido el choque; lo que prueba de una manera evidente que la bola no ha saltado, sino despues de haberse aplanado.

A la elasticidad de que están dotados los cuerpos se debe que las sillas y collares no lastimen á los caballos; que los asientos rellenos, las camas de pluma y los colchones conserven su blandura; que el ayunque haga saltar los martillos; que una bala de cañon haga rebotes ya en la mar ya en la tierra; que una bola de marfil sobre un tapiz impele á otra y que ambas cambien de direccion despues de haber tocado á la baranda; que el aire comprimido en unos fuelles ó en una escopeta de viento salga con ímpetu

UNIVERSIDAD DE HUELVA 2010

para recobrar su primitivo volúmen, que las láminas de acero de que se componen los resortes de los coches, relojes y otros instrumentos se doblen fuertemente sin romperse.

26. 7.ª **Dilatabilidad.** Es la propiedad que tienen los cuerpos de cambiar de volúmen bajo la influencia del calor.

27. **Pruebas y aplicaciones.** Un tubito de cristal lleno de aire, cuya comunicacion al exterior está interceptada por una columnita de líquido coloreado, prueba la dilatabilidad de los gases, pues aplicándole la mano, el calor hace subír la columna de líquido y vuelve á bajar luego que se quita la mano y se enfría el aire.

Un líquido se derrama en una vasija llena cuando sufre la accion del calor. El que produce la mano aplicada á unos matracitos de cristal llenos de líquidos espirituosos, les hace elevarse en el tubito inmediatamente y vuelve á su primitivo nivel á poco rato de quitada la mano.

Es muy sencillo medir la prolongacion de una barra metálica que se haya calentado fuertemente.

De esta propiedad, de la cual nos ocuparémos en otro lugar con alguna mas extension, se deduce, que como la temperatura varía sin cesar, los cuerpos de la nateraleza no están jamás en un reposo contínuo.

§. 1.º *De la inercia y del movimiento.—Consideraciones generales sobre el equilibrio y el movimiento.—Fuerzas.*

1. **Inercia.**—A qué se llama inercia?—2. Que es movilidad?—3. Que son el reposo y el movimiento si les consideramos absolutos?—4. Movimientos.—Cuándo se dice que un movimiento es absoluto ó relativo?—5. Cómo se llama la línea que recorre un punto en el espacio?—6. Qué se entiende por movimiento uniforme y variado?—7. Qué es movimiento acelerado y retardado?—8. **Velocidad.**—Qué es velocidad?—9 Cuál es generalmente la unidad de tiempo?—10. Cómo se mide la velocidad de un cuerpo y que consecuencias se deducen de aquí?—11 Cómo se mide la velocidad angular de un cuerpo?—12. Cómo se presentan en mecánica la velocidad, los espacios y los tiempos?—13. Cómo se representa la direccion é intension del movimiento?—14 Leyes de Newton.—15. Pruebas y aplicaciones.—16. Qué son fuerzas?—17. Qué son fuerzas contínuas é instantáneas?—18. Qué ciencia tiene por objeto la determinacion de los movimientos?—19. Cuándo se dice que un cuerpo está en reposo y cuándo en equilibro?—20. Cuántas partes comprende la mecánica?—21. Qué es estática?—22. Qué es dinámica?—23 Cuántas cosas deben distinguirse en las fuerzas?—24. Cómo se representan la direccion é intensidad de las fuerzas?—25. Principios de las fuerzas—26. Composicion y descomposicion de las fuerzas que obran sobre un punto.—27. Aplicaciones.—28. Fuerzas paralelas.—Principios.—29. Composicion de las fuerzas paralelas.—Condiciones generales del equilibrio.

1. **Inercia.** Llámase asi la falta de accion de los cuerpos inanimados para variar su estado.

2 La facultad que poseen de poder ser trasladados de un lugar á otro es lo que se llama *movilidad* ó *locomocion*.

UNIVERSIDAD DE HUELVA 2010

3. *Reposo y movilidad*, concepciones de nuestra mente si consideramos el reposo y el movimiento absoluto: todo es absoluto y condicional: nada hay absoluto en el mundo. Lo que creemos mas inmóvil solo conserva su reposo relativo. Los árboles, dice Pouillet, están en reposo con relacion á las montañas, y estas lo están con respecto al suelo y á la masa del globo; pero asi los árboles como las montañas son llevados con nosotros en la vasta órbita de nuestro planeta, y todos juntos recorremos en un segundo diez veces mas espacio que el que recorre una bala salida del cañon. Sin embargo, recorriendo tan de prisa los espacios celestes, nosotros no podemos juzgar de nuestro movimiento absoluto, porque seria preciso saber si el sol está inmóvil en el centro del Universo. Mas tan lejos de esto, todo parece anunciar que el sol lleva consigo todos los planetas, como la tierra lleva consigo su atmósfera y sus nubes, sus árboles y sus montañas. El mismo sol no es mas que un planeta imperceptible con relacion á otro sol al rededor del cual gira, y este otro sol es sin duda elevado él mismo en el espacio, sin que pueda asignarse ni imaginarse un centro fijo, á cuyo alrededor se efectuen todas estas revoluciones.»

4. **Movimientos.** Sin embargo se dice que el movimiento es *absoluto* ó *relativo*, segun que se le compara con un espacio absoluto ó relativo.

5. La línea que recorre un punto en el espacio se llama la *trayectoria* de este punto. Cuando el movimiento es *rectilíneo*, la trayectoria se dice *rectilínea*; y *curvilínea*, si el movimiento es *curvilíneo*.

6. Cuando un cuerpo recorre en tiempos iguales espacios iguales, el movimiento se llama *uniforme*; y cuando en tiempos iguales recorre espacios desiguales, el movimiento es *variado*.

7. Si los espacios van creciendo progresivamente, el movimiento se llama *acelerado*; y si los espacios decrecen del mismo modo, el movimiento toma el nombre de *retardado*.

8. **Velocidad.** La *velocidad* es el espacio recorrido por un cuerpo en la unidad de tiempo.

9. El instante dado, ó unidad de tiempo es generalmente el *segundo*.

10. Por consiguiente se mide la velocidad de un cuerpo por el espacio andado uniformemente en la unidad de tiempo. Segun esto, el espacio recorrido uniformemente por un cuerpo durante un tiempo dado es igual á la velocidad repetida tantas veces como unidades hay en el número que expresa el tiempo, ó lo que es lo mismo, el espacio crece proporcionalmente al tiempo. De esto se deduce igualmente que la velocidad es igual al espacio recorrido dividido por el tiempo. Ahora bien, llamando V la velocidad del móvil, y E el espacio recorrido durante un

UNIVERSIDAD DE HUELVA 2010

tiempo T, tendremos la fórmula: $V=\frac{E}{T}$. Asi como en un quebrado aumentando el numerador crece el quebrado; y aumentando el denominador disminuye el quebrado, del mismo modo tenemos que la *velocidad está en razon directa del espacio é inversa del tiempo*, puesto que E espacio representa el numerador de un quebrado y T tiempo, es el denominador.

Siendo la fórmula que acabamos de poner una division indicada, siempre que se nos den dos cosas conocidas vendrémos en conocimiento de la tercera. Asi dados el *tiempo* y *la velocidad*, averiguarémos el *espacio* multiplicando aquellos entre sí, esto es: $E=T\times V$. Dados el *espacio* y *la velocidad*, conocerémos el tiempo, dividiendo aquellos entre sí, esto es $T=\frac{E}{V}$. Y finalmente, dados el *espacio* y *el tiempo*, conocerémos la *velocidad*, dividiendo aquellos entre sí, segun hemos dicho al sentar la fórmula $V=\frac{E}{T}$

11. Cuando un cuerpo se mueve circularmente, su *velocidad angular* se mide por la curva del arco descrito: la *velocidad angular está, pues, en razon inversa del rádio de este arco.*

12. En mecánica, las velocidades, los espacios, los tiempos, etc. se representan por números, y solo de este modo pueden compararse estas cantidades heterogéneas.

13. La direccion del movimiento se representa por la direccion de una recta y su intensidad por la longitud de otra recta.

14. **Leyes de Newton.** Al inmortal genio de *Newton* se debe el descubrimiento de las tres leyes siguientes, que llevan su nombre y que son el fundamento de la ciencia del movimiento.

1.ª Un cuerpo inmóvil persiste en su estado de reposo, y un cuerpo móvil en el de movimiento uniforme y en línea recta hasta que una fuerza motriz cambie su estado.

2.ª La fuerza es igual al producto de la masa por la velocidad del cuerpo puesto en movimiento.

3.ª Cuando dos cuerpos obran uno sobre otro, sus acciones y reacciones son siempre iguales.

15. **Pruebas y aplicaciones.** La 1.ª parte de la 1.ª ley es obvia y está al alcance de todos; para concebir la segunda parte de la misma es ne-

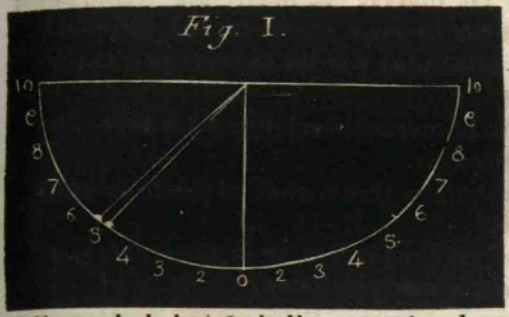
UNIVERSIDAD DE HUELVA 2010

cesario hacer abstraccion de la resistencia del aire, del frote, etc., causas por las cuales los cuerpos puestos en movimiento se paran; por el contrario, una vez comunicado aquel seguirían moviéndose indefinidamente.

Una simple multiplicacion nos demuestra la verdad de la 2.ª ley. En virtud de ella, una pequeña piedra que cae de una gran altura puede tener tanta fuerza como una piedra mayor que caiga de una altura corta.

Para comprobar la 3.ª ley se usa un semicírculo graduado hasta 10 por uno y otro extremo, colocando 0 en el punto intermedio (fig. I). Suspendiendo una bola pendiente de un hilo sostenido en un punto en lo alto de la direccion del centro del semicírculo, elevándola hasta el grado 10 por un extremo y dejándola caer, recorre todos los grados hasta el 10 del lado opuesto, en cuyo movimiento seguiría contínuamente, sino lo estorbaran los obstáculos consiguientes. Pero si al llegar la bola á 0° hallase otra igual pendiente de otro hilo, el choque de ambas la llevaria hasta el grado 5.° opuesto. De lo cual se deduce que la primera habrá perdido 5°; y comunicado otros 5° á la bola que estaba en reposo.

Fig. I.



De estas leyes se deduce la causa, por qué cuando comienza á andar un barco la gente que hay en él suele caerse en direccion opuesta á la del rumbo que toma el barco; por qué cuando se para de repente un coche se caen hácia delante los que en él van; por qué un buen ginete suele caerse si su caballo rompe instantáneamente un escape; por qué cuando una liebre acosada por un galgo muda de direccion, aquel continúa por algun tiempo la direccion que traía y se ve forzado á formar un arco para cambiarla; por qué los mozos de café hacen este mismo arco al poner los líquidos que sirven sobre la mesa etc.

16. **Fuerzas.** Llámase así cualquier causa de movimiento. Existen en la naturaleza un gran número de causas de movimiento, independientes de la fuerza de voluntad de los seres animados: tal es por ejemplo, las fuerzas magnéticas, el calor, la gravedad, etc.

17. Las *fuerzas son continuas* é *instantáneas*. Las primeras ejercen su accion en todos los momentos como la gravedad de que nos ocuparémos luego; las segundas son las que ejercen una accion pasagera.

18. Hay una ciencia que solo tiene por objeto la determinacion de los *movimientos* de los cuerpos en virtud de las *fuerzas* que pueden solicitarles: esta ciencia se llama *mecánica*.

19. Se dice que un cuerpo está en *movimiento* cuando ocupa sucesi-

UNIVERSIDAD DE HUELVA 2010

tiempo T, tendremos la fórmula: $V=\frac{E}{T}$. Asi como en un quebrado aumentando el numerador crece el quebrado; y aumentando el denominador disminuye el quebrado, del mismo modo tenemos que la *velocidad está en razon directa del espacio é inversa del tiempo*, puesto que E espacio representa el numerador de un quebrado y T tiempo, es el denominador.

Siendo la fórmula que acabamos de poner una division indicada, siempre que se nos den dos cosas conocidas vendrémos en conocimiento de la tercera. Asi dados el *tiempo* y *la velocidad*, averiguarémos el *espacio* multiplicando aquellos entre sí, esto es: $E=T\times V$. Dados el *espacio* y *la velocidad*, conocerémos el tiempo, dividiendo aquellos entre sí, esto es $T=\frac{E}{V}$. Y finalmente, dados el *espacio* y *el tiempo*, conocerémos la *velocidad*, dividiendo aquellos entre sí, segun hemos dicho al sentar la fórmula $V=\frac{E}{T}$

11. Cuando un cuerpo se mueve circularmente, su *velocidad angular* se mide por la curva del arco descrito: la *velocidad angular está, pues, en razon inversa del rádio de este arco.*

12. En mecánica, las velocidades, los espacios, los tiempos, etc. se representan por números, y solo de este modo pueden compararse estas cantidades heterogéneas.

13. La direccion del movimiento se representa por la direccion de una recta y su intensidad por la longitud de otra recta.

14. **Leyes de Newton.** Al inmortal genio de *Newton* se debe el descubrimiento de las tres leyes siguientes, que llevan su nombre y que son el fundamento de la ciencia del movimiento.

1.ª Un cuerpo inmóvil persiste en su estado de reposo, y un cuerpo móvil en el de movimiento uniforme y en línea recta hasta que una fuerza motriz cambie su estado.

2.ª La fuerza es igual al producto de la masa por la velocidad del cuerpo puesto en movimiento.

3.ª Cuando dos cuerpos obran uno sobre otro, sus acciones y reacciones son siempre iguales.

15. **Pruebas y aplicaciones.** La 1.ª parte de la 1.ª ley es obvia y está al alcance de todos; para concebir la segunda parte de la misma es ne-

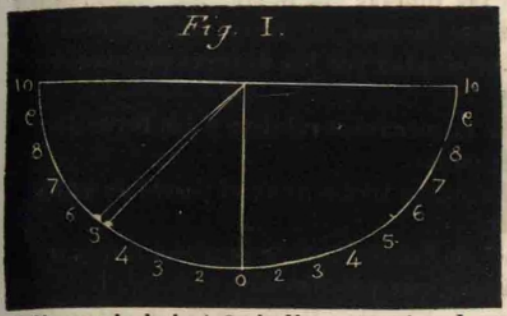
UNIVERSIDAD DE HUELVA 2010

cesario hacer abstraccion de la resistencia del aire, del frote, etc., causas por las cuales los cuerpos puestos en movimiento se paran; por el contrario, una vez comunicado aquel seguirían moviéndose indefinidamente.

Una simple multiplicacion nos demuestra la verdad de la 2.ª ley. En virtud de ella, una pequeña piedra que cae de una gran altura puede tener tanta fuerza como una piedra mayor que caiga de una altura corta.

Para comprobar la 3.ª ley se usa un semicírculo graduado hasta 10 por uno y otro extremo, colocando 0 en el punto intermedio (fig. I). Suspendiendo una bola pendiente de un hilo sostenido en un punto en lo alto de la direccion del centro del semicírculo, elevándola hasta el grado 10 por un extremo y dejándola caer, recorre todos los grados hasta el 10 del lado opuesto, en cuyo movimiento seguiría contínuamente, sino lo estorbaran los obstáculos consiguientes. Pero si al llegar la bola á 0° hallase otra igual pendiente de otro hilo, el choque de ambas la llevaria hasta el grado 5.° opuesto. De lo cual se deduce que la primera habrá perdido 5°; y comunicado otros 5° á la bola que estaba en reposo.

Fig. I.



De estas leyes se deduce la causa, por qué cuando comienza á andar un barco la gente que hay en él suele caerse en direccion opuesta á la del rumbo que toma el barco; por qué cuando se para de repente un coche se caen hácia delante los que en él van; por qué un buen ginete suele caerse si su caballo rompe instantáneamente un escape; por qué cuando una liebre acosada por un galgo muda de direccion, aquel continúa por algun tiempo la direccion que traía y se ve forzado á formar un arco para cambiarla; por qué los mozos de café hacen este mismo arco al poner los líquidos que sirven sobre la mesa etc.

16. **Fuerzas.** Llámase asi cualquier causa de movimiento. Existen en la naturaleza un gran número de causas de movimiento, independientes de la fuerza de voluntad de los seres animados: tal es por ejemplo, las fuerzas magnéticas, el calor, la gravedad, etc.

17. Las *fuerzas son continuas* é *instantáneas*. Las primeras ejercen su accion en todos los momentos como la gravedad de que nos ocuparémos luego; las segundas son las que ejercen una accion pasagera.

18. Hay una ciencia que solo tiene por objeto la determinacion de los *movimientos* de los cuerpos en virtud de las *fuerzas* que pueden solicitarles: esta ciencia se llama *mecánica*.

19. Se dice que un cuerpo está en *movimiento* cuando ocupa sucesi-

UNIVERSIDAD DE HUELVA 2010

vamente diversas posiciones en el espacio; en *reposo* cuando su posicion no varía, y en *equilibrio* cuando es solicitado por dos fuerzas iguales y contrarias. De lo que se infiere que los cuerpos en *equilibrio* estan siempre en reposo, y los en reposo en equilibrio.

20. La *mecánica* comprende dos partes principales: la *estática* y la *dinámica*.

21. La *estática* es la parte de la mecánica que considera únicamente las condiciones del *equilibrio* de las fuerzas, es decir, las condiciones necesarias para que los cuerpos solicitados por las fuerzas permanezcan en reposo.

22. La *dinámica* es la parte de la mecánica relativa á las leyes de los movimientos producidos por las fuerzas.

23. En las *fuerzas* deben distinguirse tres cosas: *el punto de aplicacion*, la *direccion* y la *intensidad*.

24. La *direccion* é *intensidad* de las fuerzas se representan por líneas, lo mismo que los movimientos que producen.

25. **Principios.** 1.° Un punto material solicitado por dos fuerzas iguales opuestas entre sí sobre una misma línea recta, permanecen en equilibrio.

2.° Si las fuerzas son desiguales, el cuerpo se mueve como si fuese solicitado únicamente en la direccion de la mayor, y con una intensidad igual á su diferencia.

3.° Si las dos fuerzas obran en un mismo sentido, el cuerpo se mueve como si estuviese solicitado por una fuerza única y con una intensidad igual á la suma de las dos fuerzas.

4.° Si dos fuerzas que obran sobre un punto material forman un ángulo, este punto seguirá la diagonal del paralelógramo que tenga por lados las dos rectas que representan las direcciones é intensidades de las fuerzas primitivas. Ademas el punto material será movido como si estuviese solicitado por una fuerza única, representada en intensidad por la diagonal del paralelógramo — Esta fuerza se llama *resultante*, puesto que proviene de las otras dos que se denominan *componentes*.

UNIVERSIDAD DE HUELVA 2010

26. **Composicion y descomposicion de las fuerzas que obran sobre un punto.** De este último principio se deduce: 1.° que podemos sustituir á la consideracion de dos fuerzas que obran sobre un mismo punto material, la de una fuerza única que sea su resultante (fig. II). Asi podemos sustituir á las fuerzas P Q que obran sobre el punto *A*, su resultante R.

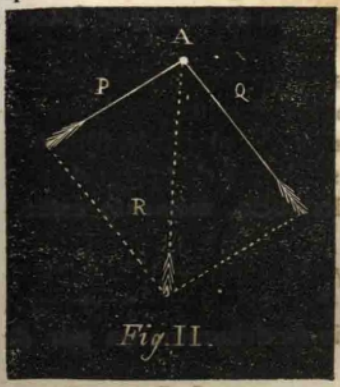


Fig. II.

2.° Recíprocamente cuando un punto está pu esto en movimiento en virtud de una sola fuerza, se puede sustituir á la consideracion de esta fuerza única la de otras dos fuerzas que se miren como componentes de la primera. Efectivamente, podemos sustituir á la fuerza R sus componentes P Q (figura II).

3.° Finalmente, cuando un punto material está solicitado por un gran número de fuerzas, podemos sustituir á la consideracion de todas ellas la de una fuerza única que sea la resultante de todas las demas combinadas sucesivamente. En efecto, supongamos al cuerpo A solicitado por las fuerzas P, Q, N; la resultante de P, Q será S, y la resultante de S y N, T, que será la resultante final (fig. III).

Fig. III.


27. **Aplicaciones.** De esta teoría se vencontínuas aplicaciones. Si un barquero desde la orilla de un rio se dirije hácia un punto determinado en la orilla opuesta, no parte desde un punto situado frente á donde camina, sino que rompe su camino desde un punto mas alto, ó dirije el barco en línea mas alta, para que combinadas la fuerza de los remos y la de la corriente formen la diagonal ó resultante que le ha de conducir á su destino.—La resultante de las fuerzas combinadas nos explica tambien por què dos embarcaciones impelidas por el mismo viento pueden navegar en direcciones diametralmente opuestas, y otros fenómenos de esta especie.

28. **Fuerzas paralelas. Principios** 1.° La resultante de dos fuerzas paralelas es igual á su suma, cuando obran en un mis-

UNIVERSIDAD DE HUELVA 2010

mo sentido; é igual á su diferencia cuando obran en sentido contrario.

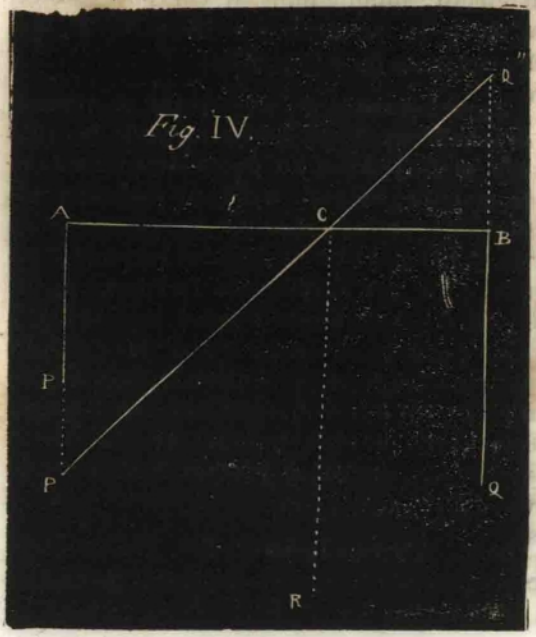
2.° La resultante de dos fuerzas paralelas es paralela á las componentes.

3.° Esta resultante está aplicada á un punto tal, que su distancia al punto de apoyo de las fuerzas está en razon inversa de la mayor intensidad de estas.

Este punto de aplicacion de la resultante se llama *centro de las fuerzas paralelas*; y es el punto en que la distancia encuentra la direccion de la fuerza. A la menor distancia de esta direccion al punto fijo, ó al eje á cuyo alrededor puede un cuerpo girar, se llama *distancia de una fuerza*; y el producto de una fuerza por su distancia, *momento estático*, ó simplemente *momento de una fuerza*.

Cuando dos fuerzas paralelas son iguales y obran en sentido contrario, su resultante es igual á *cero*, y su punto de aplicacion situado en el infinito. Un sistema de fuerzas de esta especie se denomina *un par de fuerzas*.

29. **Composicion de las fuerzas paralelas.** Segun los principios propuestos, resulta: 1.° Que si tenemos dos fuerzas paralelas aplicadas á las extremidades de una recta inflexible, y obrando en un mismo sentido, obtendrémos su resultante sumando dichas fuerzas y buscando su *centro*. En efecto, sean P y Q las fuerzas paralelas que obren en un mismo sentido sobre la recta inflexible *A B* (fig. IV), su resultante será CR igual á su suma, esto es, P + Q = CR. Esta resultante pasará por el punto C, puesto que, segun el tercer principio, el punto de aplicacion C divide la recta AB en la razon recíproca de P á Q; por manera que tenemos la proporcion:



$$P : Q :: BC : AC$$

y tambien

$$P \times AC = Q \times BC :$$

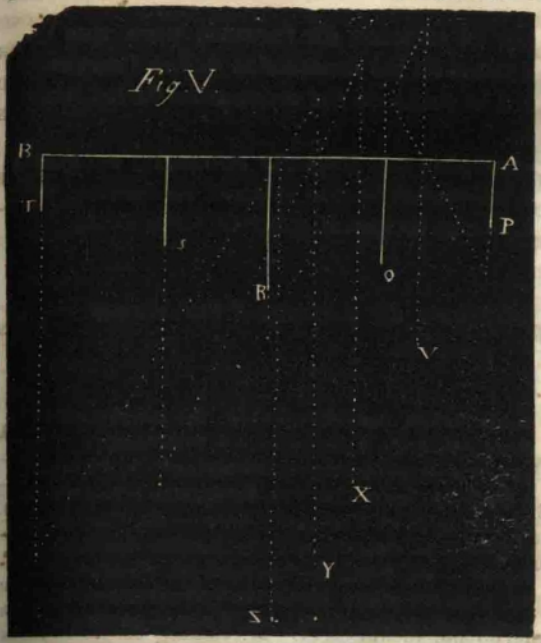
cuya ecuacion nos dice que *una fuerza multiplicada por su distancia al punto de apoyo ó centro de las fuer-*

UNIVERSIDAD DE HUELVA 2010

zas, es igual á la otra fuerza multiplicada por su distancia al mismo punto.

Por consiguiente si las rectas AP y BQ representan la intensidad de las fuerzas P Q; para hallar el punto de aplicacion C de su resultante, bastará prolongar QB en una cantidad BQ'=AP, tomar AP'=BQ, y tirar P'Q', que cortará la recta AB en el punto buscado.

2.° Que para hallar la resultante de un sistema de fuerzas paralelas, es suficiente buscar la resultante de las dos primeras, y hallar luego la resultante de esta resultante combinada con la tercera, y asi de las demas. En efecto, sean las fuerzas P Q R S T (fig. V) las que obran en un mismo sentido sobre la recta A B, *V* seria el resultante de P Q. X de *V* R, Y de X S, Z de Y T. Por manera que Z seria la resultante final.



3.° Del mismo modo hallaríamos la resultante final de un sistema de fuerzas paralelas que obrasen sobre una recta en diversos sentidos, cuya resultante sería igual á la diferencia de las sumas de las que obrasen en uno y otro sentido.

30 **Condiciones generales del equilibrio.** Un cuerpo libre solicitado por una sola fuerza no puede estar en equilibrio.

Un cuerpo libre solicitado por dos fuerzas solo estará en equilibrio, si estas fuerzas son iguales, si obran en sentido contrario y siguiendo una misma recta. Un cuerpo suspendido de un hilo está en este caso.

Si las dos fuerzas iguales que obran en sentido contrario son paralelas, no podrá establecerse jamás el equilibrio.

Para que pueda establecerse el equilibrio por una sola fuerza en un cuerpo libre sobre el cual obran otras varias en sentidos contrarios, es necesario que estas fuerzas admitan una resultante única.

Un cuerpo estará en equilibrio cuando la resultante de todas sus fuerzas se reduzca á cero.

Cuando la resultante de las fuerzas pasa por el punto fijo á que está

UNIVERSIDAD DE HUELVA 2010

sujeto el cuerpo, hay equilibrio; pero en el caso contrario el cuerpo jira al rededor de este punto, como por ejemplo, la aguja de una brújula.

Tambien habrá equilibrio siempre que la resultante de las fuerzas pase por el eje determinado por los dos puntos fijos á que el cuerpo está sujeto, ó sea paralela al mismo eje: en el caso contrario los cuerpos jiran al rededor del eje, como las *balanzas*, las *poléas*, etc.

Cuando se establece el equilibrio en virtud de dos fuerzas, el momento de la fuerza que tiende á hacer jirar el cuerpo en un sentido, debe ser igual al momento de la fuerza que tiende á hacerle jirar en el sentido opuesto.

En general, sea cual fuese el número de fuerzas, para que haya equilibrio, es necesario que la suma de los momentos de las fuerzas que obran en un sentido, sea igual á la suma de los momentos de las fuerzas que obran en sentido opuesto.

Finalmente, otro de los principios que importa conocer, es que se pierde siempre en tiempo ó en velocidad lo que se gana en fuerza, y recíprocamente que se pierde en fuerza lo que se gana en velocidad.

§. 3.º *Aplicaciones de los principios de estática á las máquinas mas simples.*

1. Qué son máquinas?– 2. Cuántas cosas deben considerarse en las máquinas?– 3. A cuántas pueden reducirse las máquinas simples?– 4. Palanca.– 5. Condiciones de equilibrio en las palancas.– 6. Cuántos géneros de palancas se distinguen?– 7. Poléa.–Poléa fija.– Poléa móvil.– 8. Cuál es la teoría de las poléas ?–9. Polipastro ó tróculas.–10. Usos del polipastro.–11. Torno.– Cabrestante.– 12. Teoría del torno.– 13. Usos del torno.– 14. Ruedas dentadas.–15. Condiciones de equilibrio en las ruedas dentadas.– 16. Usos de las ruedas dentadas.– 17. Rueda.– 18. Plano inclinado.– 19. Condiciones de equilibrio en el plano inclinado.– 20. Usos del plano inclinado y determinacion de la fuerza necesaria para subir un cuerpo por medio de él.– 21. Cuña.– 22.Condiciones de equilibrio en la cuña.– 23. Tornillo.– 24. Condiciones del equilibrio en el tornillo.– 25. Teoría del tornillo.–26. Tornillo sin fin.– 27. Usos del tornillo.

1. Las *máquinas* son unos instrumentos destinados á trasmitir la accion de las fuerzas, modificándolas de un modo conforme al objeto propuesto, por manera que la *máquina* es todo aparato, destinado á cambiar la direccion, la especie ó la velocidad del movimiento. Estas modificaciones se efectuan por medio de *obstáculos* que estorbando los movimientos no les permiten obrar sino en determinadas direcciones ó por lo menos dentro de ciertos límites.

2. Tres cosas deben considerarse en las máquinas: 1.ª el cuerpo que se quiere poner en equilibrio, y que se denomina *resistencia;*

UNIVERSIDAD DE HUELVA 2010

2.ª la fuerza empleada para producir el equilibrio, llamada *potencia*; y 3.ª el punto fijo por donde pasa la resultante del sistema denominado *punto de apoyo*.

3. Pueden reducirse á tres las máquinas simples segun la naturaleza del *obstáculo*: 1.ª La *palanca*; 2.ª el *torno*; 3.ª el *plano inclinado*. En la *primera*, el *obstáculo* es un punto fijo á cuyo alrededor el cuerpo puede girar en todos sentidos; en la *segunda*, el *obstáculo* es una recta ó eje fijo al rededor del cual los diferentes puntos del cuerpo solo pueden girar en planos paralelos entre sí; y en la *tercera*, el *obstáculo* es un plano inalterable contra el cual se apoya el cuerpo, y sobre el que puede deslizarse ó rodar (1).

4. **Palanca.** La *palanca* puede considerarse como una barra inflexible de cualquier forma, móvil al rededor de un punto fijo que la divide en dos *brazos* desiguales, solicitado cada uno de ellos por una fuerza. Para el equilibrio es necesario que estas dos fuerzas estén en un mismo plano con el punto de apoyo; que sus *momentos* respecto á este punto sean iguales, y que tiendan á hacerla girar en sentido contrario.

Mas generalmente, si la palanca está solicitada por un número cualquiera de fuerzas, es necesario para el equilibrio, que todas ellas tengan una resultante única que pase por el *punto de apoyo*; y que la suma de los *momentos* que hacen jirar la máquina en un sentido, sea igual á la suma de los *momentos* que tienden á hacerla girar en el opuesto.

6. En el caso en que la palanca esté solo solicitada por dos fuerzas, puede considerarse la una como la *potencia* y la otra como la *resistencia*. Se distinguen entonces *tres géneros* de *palancas*, segun el lugar que ocupe el *punto de apoyo*, relativamente á estas dos fuerzas.

Primer género. En la *palanca* del *primer género* (fig. VI) el *apoyo* A cae entre la *potencia* P y la *resistencia* R; y la potencia está tanto mas aventajada cuanto mayor sea el brazo de la palanca sobre que ejerza su accion. Ejemplos: las *tijeras*, las *tenazas*, las *despaviladeras*, las *balanzas*, las *romanas*, etc.

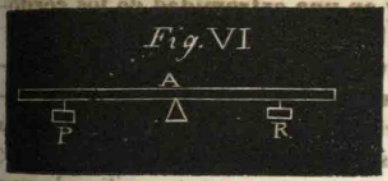
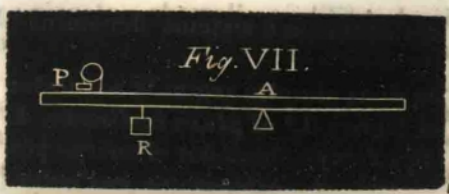


Fig. VI

Segundo género. En la *palanca* del *segundo género* (fig. VII)

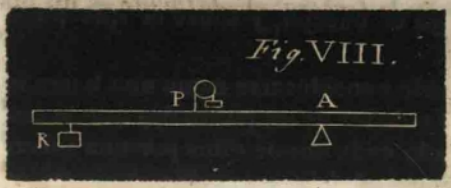
(1) En todo cuanto digamos acerca de las máquinas simples, haremos abstraccion de las circunstancias físicas que pueden influir en el equilibrio de los cuerpos.

UNIVERSIDAD DE HUELVA 2010



la *resistencia* R está colocada entre el *apoyo* A y la *potencia* P, la cual tiene siempre la ventaja puesto que esta aumenta á proporcion de su distancia al punto de apoyo. Ejemplos: los *remos*, los *fuelles*, el *timon* de los barcos, las *puertas*, etc.

Tercer género. Finalmente, en la palanca del *tercer género* (fig. VIII) la *potencia* P obra entre la *resistencia* R y el *punto de apoyo* A. En este género la resistencia está siempre aventajada. Ejemplos, las *pinzas*, los *cuchillos*, el *antebrazo*, etc.

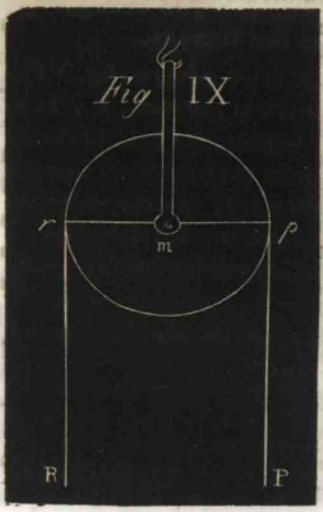


7. **Poléa.** Esta maquina se compone de tres partes: 1.ª una rueda circular cuyo contorno presenta una cavidad igual ó carril, propio para recibir una cuerda; 2.ª un eje á cuyo alrededor jira la rueda; y 3.ª una *chapa* ó *armazon* que abraza toda la máquina y donde se apoya el eje.

Cuando la *chapa* está unida á un punto fijo, la poléa solo puede jirar sobre sí misma sin cambiar de lugar, y se llama *poléa fija*.

Cuando una extremidad del cordon está unida á un punto fijo y la resistencia á la chapa, la poléa jira no solo sobre sí misma, sino que sube y baja por efecto de la potencia, y la poléa se llama *móvil*.

8. La teoría de las poléas es la misma que la de las palancas. Los dos *cordones* tendidos PR (fig. IX) son unas tanjentes á la circunferencia de la poléa é indican la direccion de las fuerzas; los *rádios p r* de la poléa que terminan en los dos puntos de tanjencia, son los dos brazos de la palanca, cuyo punto de apoyo está en *m* si la poléa es fija, y en una extremidad de los cordones si es móvil.



Por consiguiente la poléa fija queda reducida á una palanca del primer género. Para obtener equilibrio es necesario que los *momentos* de las fuerzas sean iguales; y en efecto P × pm=R × rm; pero pm=rm por radios de una misma circunferencia, luego P=R. De aquí se infiere que la potencia nada adelanta en fuerza con el servicio de esta máquina; pero proporciona la ventaja de actuar de un modo mas favorable á la direccion de la gravedad, fuerza de que luego nos ocuparémos.

UNIVERSIDAD DE HUELVA 2010

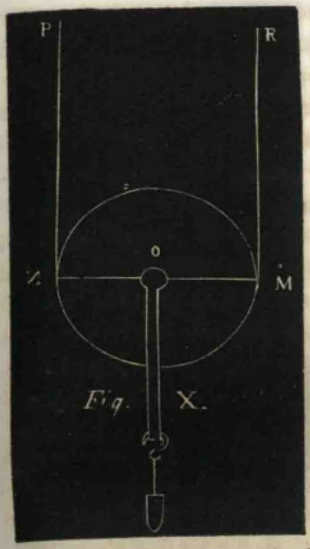


Fig. X.

La *polea móvil* es una palanca de segundo género. El punto de apoyo se halla fijo en la extremidad de la cuerda *r* (fig. X) y podemos concebirle trasladado al punto de tanjencia M: la potencia á la extremidad de la cuerda P y por consiguiente en el punto de tanjencia N: la resistencia se halla en el centro O entre la potencia y el punto de apoyo pendiente de la *chapa* ó *armazon* sostenido en el eje de la poléa. Por tanto resuelto que P × NM =R × OM, se deduce que la potencia en esta máquina se halla doblemente aventajada que la resistencia, puesto que NM=2 OM.

9. **Polipastro ó tróculas.** Sistema de poléas reunidas en un mismo armazon ó sobre ejes particulares ó sobre uno mismo.

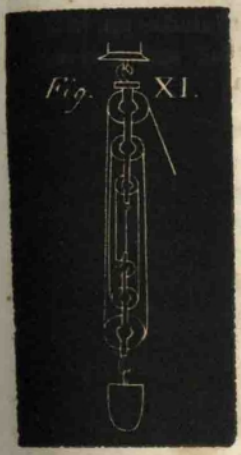


Fig. XI.

La figura XI representa un polipastro fijo.

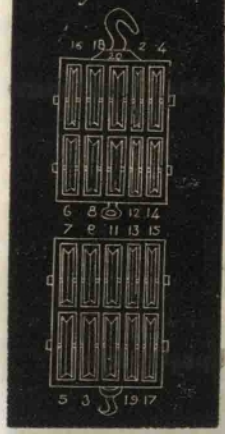
UNIVERSIDAD DE HUELVA 2010



Fig. XII.

La figura XII uno móvil.

Fig. XIII.



La figura XIII representa, visto de lado y sin cuerdas, el sistema de polipastro del ingeniero ingles *Smeaton*. Las poléas están señaladas en la figura por los números 1, 2, 3....segun el órden con que están ceñidas por las cuerdas.

UNIVERSIDAD DE HUELVA 2010



La máquina de *While*, representada por la figura XIV, se compone de dos polipastros, cuyas poléas están abiertas en la misma pieza, y cuyos diámetros están calculados de manera que las velocidades de rotacion de todas ellas son iguales.

Aplicando los principios sentados, es fácil concebir, considerando los cordones sensiblemente paralelos, que la *potencia* sea á la resistencia como la unidad es al número de *cordones* que sostienen el aparato.

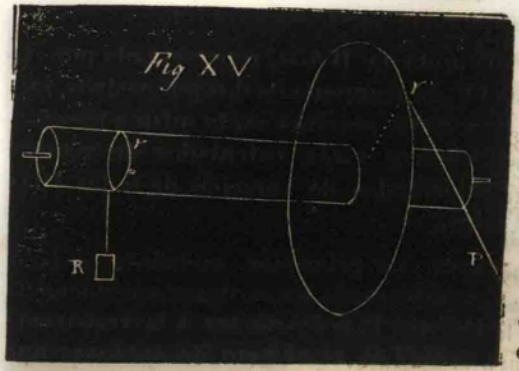
10. **Usos.** Vemos ejemplos frecuentes del uso de los polipastros en los aparejos de los buques, y en las construcciones para subir grandes piedras, etc.

11. **Torno.** Consiste en un árbol ó cilindro en cuyas bases se adaptan generalmente dos cilindros de menor diámetro, que descansan sobre dos apoyos fijos. A veces sustituyen estos cilindros unos *manubrios*, y otras unas ruedas provistas de palancas.

El eje del torno puede ser horizontal ó vertical: en este último caso se llama mas particularmente *cabrestante*.

12. El cilindro girando sobre los otros dos cilindros se halla en el mismo caso que si girase sobre un eje considerado como una línea fija. La *resistencia* que hay que vencer, está aplicada á una cuerda que se enrosca en el cilindro, y la *potencia* le hace girar, obrando, ya tangencialmente á la rueda perpendicular al eje de este cilindro é invariablemente unida á él, ya á la extremidad de una barra fija en ángulo recto sobre el eje del cilindro, ya por medio de un manubrio ó palanca codada rectangularmente, uno de cuyos brazos está fijo perpendicularmente al eje del cilindro.

UNIVERSIDAD DE HUELVA 2010

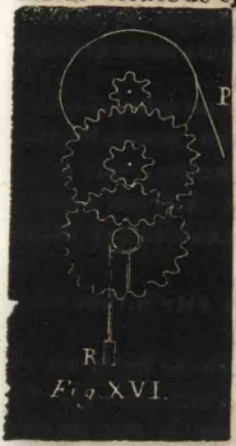


Para obtenèr el equilibrio de esta máquina es necesario que la *potencia* sea á la *resistencia* como el rádio del *cilindro* es al *rádio de la rueda*, (figura XV); esto es:

P : R : : r : r' ; de donde P × r' = R × r.

13. **Usos.** Esta máquina está destinada á levantar grandes masas á grandes alturas.

14. **Ruedas dentadas.** Estas ruedas ofrecen el ejemplo de un sistema de tornos de ejes paralelos. El cilindro del primero á que está aplicada la *potencia* P, (fig. XVI) se hace entonces tanjente á la rueda del segundo, y el cilindro de este tanjente á la rueda del tercero y asi de los demas. La *resistencia* R obra tangencialmente al árbol del último torno. Las ruedas y los cilindros están provistos de una série de dientes igualmente espaciados de manera que cada una de estas ruedas no puede jirar sobre su eje sin que el cilindrito jire al propio tiempo sobre el suyo.



15. La condicion del equilibrio en estas *ruedas* es que la *potencia* sea á la *resistencia* como el producto de los *radios* de los *cilindros* es al producto de los rádios de las ruedas.

Usos. Las ruedas de los reloges nos ofrecen aplicaciones injeniosas de las ruedas dentadas.

17. **Ruedas.** En una rueda colocada sobre un plano horizontal perfectamente liso, se puede considerar el rádio sobre el cual se ejerce la presion, como una palanca; el punto de apoyo está contra el terreno, y la potencia y la resistencia están aplicadas á la otra extremidad del rádio. Las asperezas contínuas de los caminos impiden que la resistencia pase contínuamente por el punto de apoyo de la rueda, por manera que la palanca sobre que obran las fuerzas, no puede considerarse como perpendicular al suelo. Al subir una cuesta las ruedas altas facilitan la potencia proporcionalmente al cuadrado de su diámetro; pero la perjudican en igual proporcion al bajar.

18. **Plano inclinado.** Es un plano que forma un ángulo agudo con el horizonte. A proporcion que este ángulo sea mas ó menos agudo, el plano será mas ó menos inclinado.

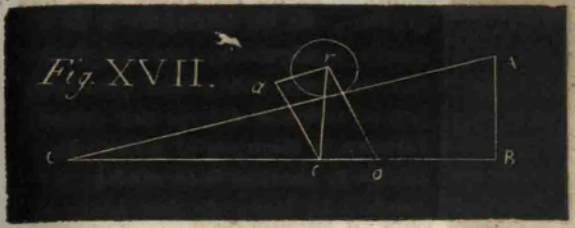
19. Un cuerpo colocado sobre un plano inclinado permanecerá en

UNIVERSIDAD DE HUELVA 2010

equilibrio si la resultante de todas las fuerzas que obran sobre él, es perpendicular al plano y pasa por la base en que se apoya el cuerpo.

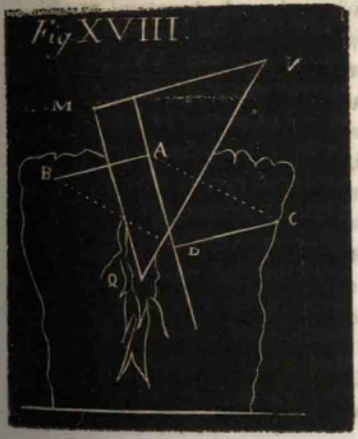
Cuando un cuerpo no puede permanecer en equilibrio por sí mismo, es necesario para conseguirlo, que la *potencia*, obrando *paralelamente* al *plano*, sea á la *resistencia* como la *altura* del plano es á su *lonjitud*. Si la *potencia* obra *paralelamente* al *horizonte*, es necesario para conseguir el equilibrio, que la *potencia* sea á la *resistencia*, como la *altura* del plano es á su *base*. La direccion mas ventajosa á la potencia es la paralela á la lonjitud del plano inclinado.

20. **Usos.** Se emplea el plano inclinado para subir grandes fardos con pocas fuerzas. Podemos determinar de un modo exacto la necesaria para subir un cuerpo por este medio. Supongamos el cuerpo M (fig. XVII) que se quiere subir por el plano inclinado A B C. Hay una fuerza que solicita el cuerpo al descenso llamada de gravedad, que representaremos por *r c*. Pero podemos descomponer esta en otras dos *r a* paralela al plano, y *r o* perpendicular al mismo. Esta queda destruida por el plano, y por consiguiente solo tenemos que vencer la *r a* en la proporcion que dejamos sentada.



Fundados en las propiedades del plano inclinado se hacen los caminos cuando hay que subir una pendiente, no en línea recta, sino en una poligonal ó quebrada que jira por lo regular al rededor de las montañas que se quieren pasar.

21. **Cuña.** La *cuña* es un prisma triangular que la fig. XVIII representa visto por una de sus bases M N Q, y que se introduce por una de sus aristas Q entre dos obstáculos, para ejercer lateralmente dos fuerzas que tiendan á separarlos. La arista Q se llama la *cortante* de la cuña; las caras adyacentes MQ, NQ se denominan los *lados* y la cara MN la *cabeza*. Sobre este último se ejerce el golpe ó presion.



22. La condicion de equilibrio de la *cuña* se deduce evidentemente de la relativa á un cuerpo solicitado por dos fuerzas sobre un plano inclinado, y consiste en que la *potencia*, estando representada por la *cabeza* de la cuña, las dos fuerzas que resultan perpendi-

UNIVERSIDAD DE HUELVA 2010

cularmente á los *lados* estan representadas por estos mismos lados. Por consiguiente cuando la cuña se emplea para hendir un cuerpo, habrá equilibrio, si la *potencia* es á la *resistencia* como la mitad del *lomo* de la cuña es á la lonjitud de uno de sus *lados*. Cuando la cuña se emplea para separar dos cuerpos, habrá equilibrio si la *potencia* es á la *resistencia* como la lonjitud del *lomo* es al *doble* de la altura de la *cuña*. De cuyo principio se deduce que la potencia tiene tanta mayor ventaja cuanto menor sea el lomo de la cuña, y cuanto mas haya penetrado esta.

23. **Tornillo.** El *tornillo* es un cilindro recto (fig., XIX y XX) revestido de un *filete* saliente enjendrado por el plano de un paralelógramo, de un triángulo ó de una figura cualquiera, que apoyándose por su base sobre una generatriz, jira al rededor del eje del cilindro, formando siempre el mismo ángulo con la seccion *intermedia*, y bajando á lo largo de una *hélice* trazada en su superficie.

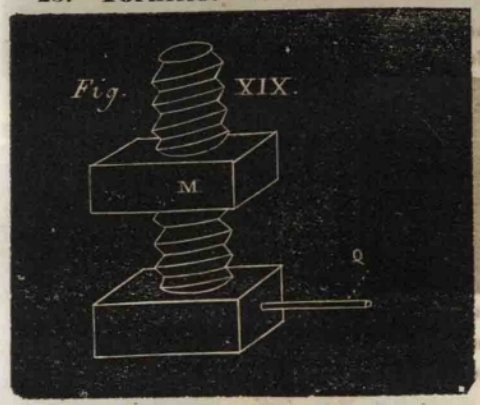


Fig. XIX.

Todos los puntos del *filete* del tornillo pertenecen á hélices del mismo paso, llamadas *paso del tornillo*, descritas en cilindros de un mismo eje, pero de rádios diferentes. La *tuerca* es el molde que obtendríamos rodeando el cuerpo del tornillo de materia elástica. En las figuras XIX y XX la *tuerca* está colocada en lo interior de la pieza M.

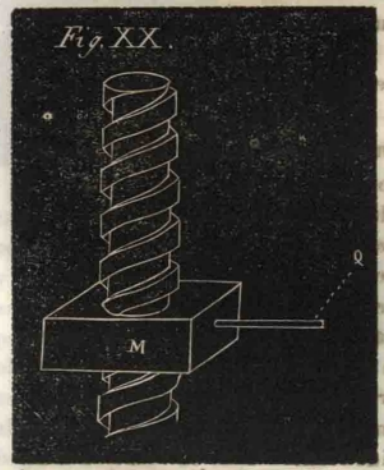


Fig. XX.

Si el *tornillo* es fijo (fig. XX), la *tuerca* que es únicamente inmóvil, está solicitada por dos fuerzas solamente, la una paralela al eje que tiende á hacerla bajar girando al rededor del mismo eje, la otra en su plano perpendicular al propio eje y que tiende á hacerle subir en sentido contrario.

24. La condicion de equilibrio es que la *potencia* sea á la resistencia ejercida en el sentido del eje, como el *paso del tornillo* es á la *circunferencia* que tiende á describir la potencia; cuya condicion no se altera cuando la tuerca es fija y el tornillo móvil (fig. XX). Unicamente en el primer caso la *tuerca* adelanta en el sentido en que suben las espirales del tornillo

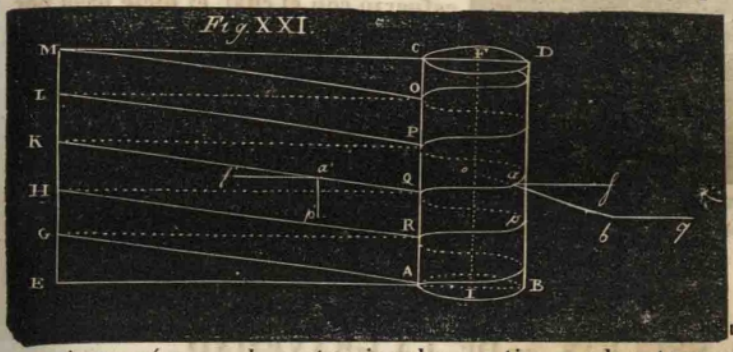
UNIVERSIDAD DE HUELVA 2010

y que marcha en sentido contrario, es decir, hácia la cabeza del tornillo en el segundo caso.

25. La teoría del *tornillo* es igual á la del plano inclinado. En efecto, el *filete* desarrollado es un plano inclinado que tiene por altura el paso del tornillo y por base la circunferencia desarrollada del cilindro.

La *potencia* está aplicada á la palanca de que está provista la cabeza del tornillo, y la *resistencia* obra paralelamente al eje del tornillo.

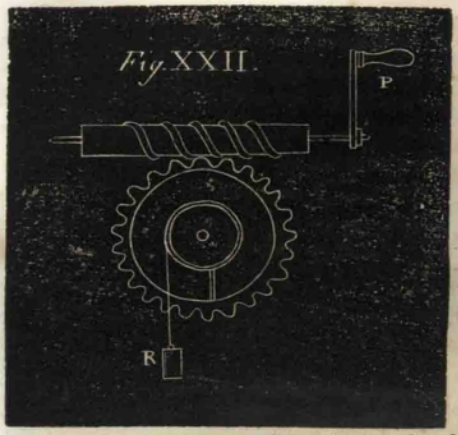
Para la mayor intelijencia de lo que acabamos de exponer, consideremos un cilindro recto A B C D (fig. XXI) cuya superficie convexa se desarrolle en un plano segun el rectángulo A E M C. Dividamos las alturas A C, E M en un mismo número de partes iguales, y tiremos las trasversales AG, RH, QK, etc. Si doblamos de nuevo el rectángulo A E M C sobre el cilindro, dichas trasversales trazarán sobre él una curva contínua que se llama *helice*. Cada una de aquellas determina una *espiral* de A á R, de R á Q, de Q á P, etc. etc. Las porciones de una generatriz cualquiera del cilindro comprendidas entre varias espirales consecutivas son iguales, y este intérvalo constante es el *paso de la helice*. La propiedad fundamental de esta es de estar por todas partes igualmente inclinada á las diversas generatrices de la superficie cilíndrica.



Esto supuesto podemos comparar la posicion de un punto *á* situado sobre la helice y solicitado por varias fuerzas, á la de un punto *a* situado sobre un plano inclinado Q K, teniendo por base Q K, lonjitud desarrollada de la circunferencia del cilindro recto y por altura H K paso de la helice. Si el punto *á* está en equilibrio bajo la influencia de dos fuerzas, la una *p* vertical y la otra *f* horizontal, y obrando á la extremidad de un brazo de palanca *o b*, la relacion entre dos fuerzas será igual á la de la circunferencia que tiende á describir la potencia *q* al paso de las helices, siendo por consiguiente independiente del rádio del cilindro.

26. **Tornillo sin fin.** Es una máquina compuesta de un *tornillo comun* que engrana con una rueda dentada, llevando sobre su eje un tambor ó cilindro.

UNIVERSIDAD DE HUELVA 2010



El *tornillo sin fin*, representado en la fig. XXII es móvil al rededor de su eje y conduce los dientes sucesivos de una rueda, á la cual se presenta siempre su filete de un modo uniforme.

En el caso de equilibrio la potencia P aplicada en el manubrio, es al esfuerzo con el cual el filete pasa por el diente de la rueda como el *paso del tornillo* es á la circunferencia que tiende á describir la potencia.

27. **Usos.** Los usos del tornillo son muy comunes en las artes: las camas y otras muchas piezas de ebanisteria se arman con tornillos; y el encuadernador y otros muchos artistas le emplean tambien en sus respectivos oficios.

1.ª SECCION. = DE LA GRAVEDAD.

§ I. *De los efectos generales de la gravedad.*

1. Qué es gravedad?— 2. Cómo se considera la gravedad ?— 3. Cómo se llama la gravedad cuando obra á grandes distancias ?—4. Qué elementos se necesitan conocer en la gravedad considerada como fuerza ?

1. La *gravedad* ó *pesantez* es la fuerza que hace caer los cuerpos, y se define diciendo que es el *esfuerzo que ejerce un cuerpo para precipitarse hácia el centro de la tierra.*

2. Se considera la *gravedad* como el efecto de una atraccion ó de una fuerza que tiende á aproximar todos los cuerpos entre sí.

3. Cuando esta fuerza obra á grandes distancias se le da mas perfectamente el nombre de gravitacion.

4. La gravedad considerada como fuerza tiene tres elementos que se necesitan conocer : su punto de aplicacion, su direccion y su intensidad.

1.° **Puntos de aplicacion.** La gravedad está aplicada á todos los átomos de los cuerpos , puesto que un cuerpo tiene exactamente el mismo peso reducido á polvo , que cuando sus moléculas están unidas por la cohesion.

UNIVERSIDAD DE HUELVA 2010

2.° **Direccion.** La direccion de la gravedad es la línea recta, segun la cual caen los cuerpos libremente abandonados á sí mismos; y se denomina *vertical*. La direccion de un punto está determinada por la plomada en equilibrio, que se llama su línea de reposo. Puede decirse tambien que es perpendicular á la superficie de las aguas tranquilas.

Observacion. Siendo la tierra proximamente esférica, todas las verticales concurren hasta su centro, de lo que resulta que las verticales de dos puntos lejanos forman entre sí un ángulo sensible, pero en los diferentes puntos de un mismo cuerpo y aun en cuerpos poco separados, las verticales pueden considerarse como paralelas porque la distancia á que se encuentra, es infinita relativamente á la distancia que las separa.

3.° **Intensidad.** Siendo la gravedad una fuerza contínua, su medida depende de la naturaleza del movimiento que imprime á los móviles. Estudiemos, pues, las leyes de la caida de los cuerpos.

§. II. *Leyes de la caida de los cuerpos.*

1. A quién se debe el conocimiento de las leyes de la caida de los cuerpos?—2. Primera ley.—Experiencia.—3. Segunda ley.—4. Medio de comprobar la segunda ley—5. Plano inclinado de Galiléo.—6. Máquina de Atwood.—7. Comprobacion de la ley de los espacios por la máquina de Atwood.—8. Comprobacion de la ley de las velocidades por la máquina de Atwood.—9. Intensidad de la gravedad.—10. Disminucion de la intensidad de la gravedad con la elevacion.—11. Resúmen de las leyes de la gravedad.—12. Fórmulas de las leyes de gravedad y medios de deducirlas.—13. Cuál es la medida de la gravedad en Madrid y Paris?—14. Aplicaciones.

1. El conocimiento de las leyes de la caida de los cuerpos se debe á Galiléo.

2. 1.ª Todos los cuerpos caen en el vacío con la misma velocidad. La desigualdad que se observa en la caida de los cuerpos, solo se debe á la resistencia del aire.

Experiencias. Para demostrar esta ley se hace el vacío en un tubo de cristal de cinco ó seis pies de largo, que contenga cuerpos de diferentes densidades, como balas de plomo, de corcho, de papel..... Invirtiendo el tubo rápidamente, todos estos cuerpos llegan al fondo á un mismo tiempo; pero si se deja entrar en el tubo un poco de aire, los cuerpos mas lijeros comienzan á quedarse atrás, y cuando el tubo está enteramente lleno de aire, los cuerpos caen en tiempos muy desiguales.

3. 2.ª La gravedad, á poca distancia del globo, es una fuerza aceleratriz constante, que imprime á los cuerpos por ella solicitados un movimiento uniformemente variado, es decir, en el cual la *velocidad crece proporcionalmente al tiempo, y el espacio recorrido proporcionalmente al cuadrado del tiempo.*

UNIVERSIDAD DE HUELVA 2010

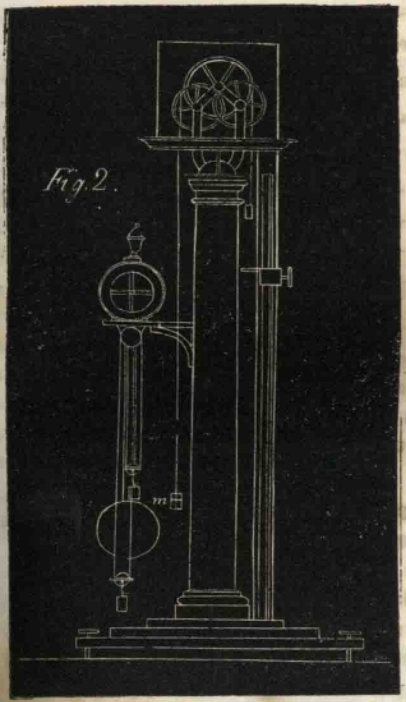
4. **Experiencias.** Para demostrar estos hechos, es necesario hallar el medio de retardar la velocidad del móvil sin alterar las leyes del descenso, para lo cual podemos valernos de dos medios.

5. 1.° **Plano inclinado de Galiléo.** Concibamos una bola metálica que en lugar de caer verticalmente, ruede sobre un plano inclinado (fig. XVII) Sea cual fuere la posicion de este móvil, su peso, que está aplicado verticalmente á su centro r, podrá descomponerse en dos fuerzas: la una $r\,o$ perpendicular al plano y destruida por su resistencia; la otra $r\,a$ paralela al plano, y que es la única efectiva. Ahora bien, los dos triángulos rectángulos y semejantes A B C, $a\,r\,c$ dan la proporcion $a\,r : r\,c :: A\,B : A\,C$. De donde se sigue que la gravedad efectiva $a\,r$ es á la gravedad real $r\,c$, como la altura del plano inclinado es á su lonjitud.

El plano inclinado de Galiléo consiste en una cuerda muy lisa de 10 metros de largo, tendida entre dos puntos fijos uno mas bajo que el otro, sobre la cual se hace rodar una poléa convenientemente dispuesta. Observando, pues, el descenso de esta poléa, se ha comprobado que los espacios parciales recorridos por la poléa en cada unidad de tiempo siguen la relacion de los números 1, 3, 5, 7..... y los espacios totales la del cuadrado de los tiempos empleados en correrlos. De lo que se deduce que la *gravedad* es una fuerza *aceleratriz constante*.

UNIVERSIDAD DE HUELVA 2010

6. **Máquina de Atvvood.** Esta máquina llena el mismo objeto que el plano inclinado, pero de una manera mas satisfactoria (fig. 2). Compónese de una poléa muy lijera que jira con una perfecta movilidad al rededor de un eje horizontal. En el carril de la poléa se enrosca un hilo de seda muy fino, á cuyas extremidades están suspendidos dos pesos iguales. Estos dos pesos se equilibran mútuamente en todas las posiciones posibles. Pero si sobre uno de estos pesos se coloca una pequeña masa adicional *m*, el equilibrio se romperá y la masa *m* arrastrará todo el sistema con un movimiento comun. Un cálculo sencillo nos demostraria la relacion en que está disminuida la velocidad de los cuerpos pesados sin cambiar la naturaleza de su movimiento. Esto supuesto, para servirse del aparato se dispone en el tránsito de la masa *m* una regla vertical dividida en partes iguales, sobre la cual se mueve un anillo destinado á detener el móvil despues de un tiempo dado.



Se adapta tambien á la máquina un reloj de segundos.

7. **Comprobacion de la ley de los espacios.**—Supongamos ahora que se haya marcado 0 y 1 á las extremidades del espacio que recorre el peso móvil en un segundo.—Colocando sucesivamente el *obstáculo* fijo á las distancias 4, 9, 16.... se reconoce que el peso choca con dicho obstáculo al cabo de 2, 3, 4... segundos, lo que demuestra la ley enunciada.—Se vé tambien que el móvil habiendo recorrido una division en el primer segundo, recorre tres en el segundo, cinco en el tercero, etc.

8. **Comprobacion de la ley de las velocidades.** Con este objeto se fija sobre la escala dividida una especie de anillo, de un diámetro suficiente para dejar pasar el peso sin tocarle, pero sus bordes detienen la masa adicional que tiene una forma prolongada. A contar desde este instante el movimiento se hace uniforme. Ahora bien: la experiencia prueba que dejando entonces al móvil moverse durante un tiempo igual al trascurrido hasta sacarle el peso adicional, recorre un espacio doble del recorrido antes. Segun esto podrá formarse la tabla siguiente.

UNIVERSIDAD DE HUELVA 2010

TIEMPOS DE LA CAIDA.	ESPACIO RECORRIDO CON UN MOVIMIENTO VARIADO.	ESPACIO RECORRIDO UNIFORMEMENTE EN UN TIEMPO IGUAL.	VELOCIDAD ADQUIRIDA AL FIN DE CADA UNIDAD.
1v.	. . . 1	. . . . 2 . . .	. . . . 2 . . .
2v.	. . . 4	. . . . 8 . . .	. . . . 4 . . .
3v.	. . . 9	. . . . 18 . . .	. . . . 6 . . .
4v.	. . . 16	. . . . 32 . . .	. . . . 8 . . .

9. **Intensidad de la gravedad.** Puesto que la gravedad imprime á los cuerpos que obedecen libremente á su accion un movimiento uniformemente variado, debemos concluir que es una fuerza aceleratriz constante, y que tendrá por medida la velocidad que comunica en un segundo á la unidad de la masa.

10. **Disminucion de la gravedad por la elevacion.** La intensidad de la gravedad solo es constante á muy cortas distancias de la superficie del globo. Cuando la distancia es comparable al radio terrestre, la gravedad decrece en razon inversa del cuadrado de la distancia. En la cumbre de las altas montañas, esta disminucion es ya sensible.

11. Reasumiendo lo dicho, podemos inferir las leyes siguientes. 1.ª En un mismo punto del globo la fuerza de gravedad es constante, y el movimiento que resulta para el cuerpo que está libremente sometido á ella, es *uniformemente acelerado*; 2.ª la velocidad de este cuerpo es proporcional al tiempo; 3.ª los espacios recorridos son proporcionales á los cuadrados de los tiempos; 4.ª si la accion de la gravedad cesase, el cuerpo movido uniformemente en virtud de su velocidad adquirida, describiría en un tiempo igual al de su caida un espacio doble del que hubiese recorrido.

12. Estas leyes están comprendidas en fórmulas muy sencillas.

Para deducirlas llamemos g la velocidad que comunica al cuerpo la fuerza de la gravedad en cada unidad de tiempo: estas velocidades sucesivas serán g, $2g$, $3g$, etc. y al cabo de un número de *segundos* ó unidades de tiempo que expresarémos por t, la velocidad adquirida será g tomada tantas veces como unidades hubiese en t, de modo que será $g\,t$: Luego si llamamos V á la velocidad que adquiere el cuerpo en el tiempo t tendremos $V=gt$.

Para deducir la fórmula del espacio, supongamos que el cuerpo recibiere una impulsion a independiente de la fuerza de la gravedad, para hallar la ley de este movimiento seria suficiente añadir á los términos de esta progresion dicha cantidad a, $a+g$, $a+2g$, $a+3g$ y en el general $a+gt$ —Por consiguiente el espacio total recorrido por el cuerpo sería igual á la suma

UNIVERSIDAD DE HUELVA 2010

de esta progresion, esto es, $E = (a + a + g\,t)\frac{t}{2} = (2\,a + g\,t)\frac{t}{2}$; si suponemos $a = 0$, tendríamos la fórmula $E = \frac{1}{2}\,g\,t^2$; y como $V = g\,t$ sería $E = \frac{1}{2}\,V\,t$; lo que nos dice: que *el espacio es igual á la mitad del producto de la velocidad por el tiempo.*

13. En Madrid se ha comprobado que un cuerpo recorre en su caida libre 17,58 pies lo que dá 35,16 pies para la velocidad del cuerpo durante el primer segundo. Esta última cantidad es la *medida de la gravedad.* En el observatorio de París se ha obtenido $g = 9^m.\ 80896$.

14. **Aplicaciones.** La fuerza aceleratriz de la gravedad es la causa de que una piedrecilla que cae de grande altura produzca un efecto mucho mas temible que una mucho mayor que caiga de una elevacion corta. Por la misma razon es muy peligroso saltar de grandes alturas, y son generalmente mortales las caidas de puntos elevados.—La medida de la gravedad nos proporciona tambien el medio de medir una altura cualquiera sabiendo el tiempo que ha invertido el cuerpo en correrla.

§ III.— *Peso. — Centro de gravedad. — Equilibrio de los cuerpos.— Balanza.*

1. Qué es peso?—2. Cuál es la medida de la presion que el cuerpo ejerce en el vacio sobre un plano horizontal? —3. Cómo pueden considerarse las acciones de la gravedad? —4. Qué se infiere de lo dicho?—5. Cuál es la fórmula del peso absoluto de los cuerpos?—6. Qué es masa?—7. Encierran los cuerpos bajo un mismo volúmen la misma masa?—8. Qué es densidad ó peso especifico?—9. Deducir la fórmula de la densidad, de la masa y del peso—10. Equilibrio de los cuerpos pesados.— 11. Determinacion del centro de gravedad—12. A qué se llama linea de direccion de la gravedad en los cuerpos en equilibrio.—13. Equilibrio instable y estable.—14. Qué son balanzas? 15. Qué es pesar un cuerpo?—16. Qué es la balanza comun?—17. Cómo se pesa un cuerpo?—18. Método de Borda.—19. Qué es la romana?

1. **Peso.** Llámase peso de un cuerpo la resultante de las acciones que la gravedad ejerce sobre todos sus elementos materiales.

2. Esta resultante mide la presion que el cuerpo ejerce en el vacío sobre un plano horizontal que se oponga á su caida.

3. Las acciones que la gravedad ejerce sobre los cuerpos, pueden considerarse como paralelas.

4. De lo dicho se infiere:

1.° Que el peso de un cuerpo es igual á la suma de las fuerzas elementales que le componen.

2.° Que el peso de un cuerpo es una fuerza vertical.

3.° Que el peso de un cuerpo es una fuerza que pasa siempre por un mismo punto interior, sea cual fuere la posicion del cuerpo relati-

UNIVERSIDAD DE HUELVA 2010

vamente al horizonte. Este punto recibe el nombre de *centro de gravedad*.

5. **Peso absoluto de los cuerpos.** Designando por g el peso de la unidad de masa de un cuerpo, por M su masa y por P su peso absoluto, tendrémos $P=Mg$; puesto que la cantidad g es igual en todos los cuerpos, sea cual fuese su naturaleza.

6. **Masa. Densidad. Peso específico.** La *masa* de un cuerpo es la cantidad de materia que le compone.

7. Todos los cuerpos, bajo un mismo volúmen, no encierran la misma masa y por consiguiente no tienen el mismo peso.

8. Llámase *densidad* ó *peso especifico* de un cuerpo la masa ó la cantidad de materia que contiene bajo la unidad de volúmen, ó bien lo que es lo mismo, la relacion de su masa á su volúmen.

9. **Fórmula.** Designando el volúmen por V, la densidad por D, tendrémos $D=\frac{M}{V}$ ó $M=VD$, y por consiguiente $P=VDg$, fórmula cuya aplicacion verémos luego.

10. **Equilibrio de los cuerpos pesados.** Para que un cuerpo pesado esté en equilibrio es necesario que su centro de gravedad esté sostenido por un punto, un eje ó un plano fijo, porque entonces el peso del cuerpo quedará destruido por la resistencia del punto, del eje ó del plano fijo.

11. **Determinacion del centro de gravedad.** La determinacion del centro de gravedad pertenece á la *Estática*. Se halla mecanicamente el centro de gravedad en el punto de interseccion de dos líneas de direccion.

12. Llámase *linea de direccion* la vertical que pasa por el centro de gravedad.

13. Cuando un cuerpo está en equilibrio, su centro de gravedad se halla siempre ó mas alto ó mas bajo posible. En el primer caso el equilibrio se dice *instable*; en el segundo *estable*.

14. **Balanzas** Llámanse así ciertos aparatos destinados á pesar los cuerpos.

15. *Pesar un cuerpo* es comparar el peso de este cuerpo á otro peso arbitrario tomado por unidad.

16. **Balanza comun.** La *balanza comun*, consiste en una palanca de primer género, móvil al rededor de un eje horizontal. Los dos brazos de la palanca son iguales en peso y en lonjitud y á sus extremos están suspendidos dos platillos de igual peso, destinados á sostener los cuerpos que se

UNIVERSIDAD DE HUELVA 2010

quieren pesar y el peso que debe equilibrarlos. La palanca se llama *fiel*; y cuando está *vacio* se mantiene por sí mismo horizontal, porque el centro de gravedad se halla entonces en la vertical del punto de apoyo.

17. Para pesar un cuerpo se coloca en uno de los platillos y en el opuesto el peso necesario para conseguir el equilibrio. Entonces el peso del cuerpo es igual á la carga del platillo opuesto; porque estos dos pesos son dos fuerzas paralelas que se equilibran en las extremidades de dos brazos de palanca iguales.

18. **Método de las dobles pesadas.** Como es muy dificil conseguir una exactitud rigurosa en estos aparatos, en los casos delicados se emplea el *método de las dobles pesadas* debido á *Borda*. Este método consiste en lo siguiente; se coloca en uno de los platillos el cuerpo que se quiere pesar, en el platillo opuesto granos de municion hasta obtener el equilibrio. Entonces se quita el cuerpo colocado en el primer platillo, y se colocan en su lugar pesos conocidos hasta conseguir de nuevo el equilibrio. Obtenido este resultado es evidente que los pesos conocidos representarán exactamente el peso del cuerpo, puesto que obrando en las mismas circunstancias, equilibran las mismas fuerzas. La pesada será, pues, rigurosamente buena apesar de la inexactitud posible de la balanza.

19. **Romana.** La balanza *romana* consiste en una palanca recta del primer género, de brazos desiguales, en la cual se pesan los cuerpos por medio de un peso único, móvil á lo largo del brazo del *fiel*, de manera que pueda colocarse á diferentes distancias del punto de suspension.

§. IV. *Del movimiento de rotacion y de la fuerza centrífuga.*

1. Qué es movimiento de rotacion?—2. Ejemplos?—3. Qué es fuerza centrifuga?—4. De qué nace y se desarrolla la fuerza centrifuga?—5. Intensidad de la fuerza centrifuga?—6. Leyes de la fuerza centrifuga?—7. Cómo se comprueban por la experiencia las leyes y efectos de la fuerza centrifuga?—8. Para que una masa liquida de forma esférica animada del movimiento de rotacion, esté en equilibrio, qué circunstancias son precisas?—9. Qué aparato sencillo comprueba esta verdad?—10. Qué consecuencia se deduce del hecho anterior para la tierra y cuerpos planetarios?

1. Llámase *movimiento de rotacion* al que se efectua al rededor de un eje que pase por el centro de gravedad, mediante un impulso impreso á un cuerpo libre que no pasa por este centro.

2. *Ejemplos.*—Una bola de billar chocada segun una direccion que no pase por el centro de gravedad, gira sobre sí misma al paso que recorre el tapiz.—La tierra describe una elipse al rededor del sol y gira al rededor de su propio eje.

3. Llámase *fuerza centrífuga* la que tiende á alejar el móvil del centro de su movimiento, obrando segun la prolongacion del radio

UNIVERSIDAD DE HUELVA 2010

del círculo.—Tal es la que resulta del movimiento de rotacion de la tierra.

4. La *fuerza centrífuga* nace, pues, y se desarrolla del movimiento circular.—En efecto, supongamos un punto material sin gravedad, unido á la extremidad de un hilo inextensible que jira al rededor de un punto fijo C (fig. 3) formando el círculo cuyo centro es C y CM el radio. Este punto debe experimentar necesariamente á cada instante y en la direccion del hilo un impulso que le obligue á abandonar la tanjente al círculo en que se mueve en virtud de su inercia.—La suma de estas impulsiones será una fuerza aceleratriz constante; y puede considerarse como destruyendo las impulsiones de otra fuerza contraria que solicita al cuerpo á alejarse del centro.—Tal es la *fuerza centrífuga*.

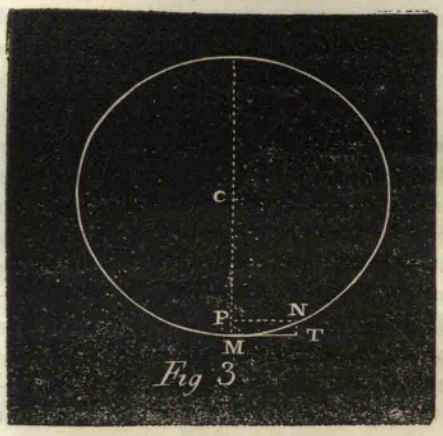


Fig 3.

La intensidad de esta fuerza puede deducirse por la fuerza central que es igual á aquella en valor absoluto. En efecto si el cuerpo al llegar á M con su velocidad sobre la curva, cesase de estar unido al punto fijo, describiría sobre la tanjente al círculo durante un tiempo muy corto T, un espacio MT. Por otro lado, si el cuerpo al llegar á M, sin velocidad adquirida, experimentase la accion de la fuerza central, recorrería un movimiento variado sobre el radio CM, en el mismo tiempo T, un espacio MP. Luego resulta de la ley de la proporcionabilidad de las fuerzas á las velocidades, que dada la existencia simultánea de la velocidad adquirida y de la fuerza central, el cuerpo debe describir en su movimiento compuesto, y siempre en el tiempo T, un elemento circular MN, tal que MP sea su proyeccion sobre el radio CM, suponiendo como lo hacemos aqui, que el arco MN sea bastante pequeño para que puedan considerarse las direcciones de los impulsos centrales como paralelos á CM cuando obran sobre el cuerpo yendo de M á N en el tiempo T.

5. **Intensidad de la fuerza centrífuga.**—Segun lo dicho, suponiendo la masa móvil igual á la unidad, r al radio del círculo, y V á la velocidad de rotacion, tendremos $f = \frac{V^2}{r}$ —Y desiguando por T el tiempo de una revolucion completa, tendrémos $V = \frac{2\pi r}{T}$ y $f = \frac{4\pi^2 r}{T^2}$

UNIVERSIDAD DE HUELVA 2010

6. **Leyes.**—1.ª La primera fórmula prueba que en el mismo círculo la fuerza centrífuga crece como el cuadrado de la velocidad del móvil.

2.ª La segunda fórmula prueba que si varios círculos de radios diferentes, se describen en tiempos iguales, la fuerza centrífuga será proporcional al radio del círculo descrito.—Lo cual sucede en los cuerpos terrestres cuya fuerza centrífuga decrece desde el ecuador en que está en su máximun hasta los polos en donde es nula.

3.ª Si un cuerpo de una masa cualquiera m, jira en un círculo de un radio r con una velocidad v, la fuerza centrífuga de que estará animado, ó la presion que ejercerá sobre la circunferencia del círculo de rotacion será m veces mayor que la unidad de la masa lo que dará $f = \frac{m v^2}{r}$

Efectos.—Los efectos y las leyes de la *fuerza centrífuga* pueden comprobarse por la experiencia.

El aparato destinado al efecto consiste en una barra horizontal AB móvil sobre un quicio vertical CD. (fig. 4.) Los dos extremos AA' BB', sostienen la barrilla metálica A' B' destinada á recibir unas esferitas de marfil.—Hè aqui los diferentes experimentos que pueden hacerse con este instrumento.

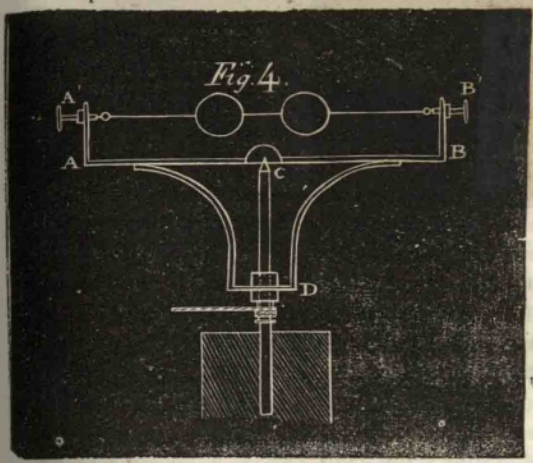


Fig. 4.

1.ª Una bola de marfil colocada en el centro del eje de rotacion permanece inmóvil.—En efecto sus diferentes puntos estando solicitados por fuerzas centrífugas iguales y contrarias, no pueden permitir el movimiento en ningun sentido.

2.ª Si dos bolas iguales unidas por un hilo de seda están colocadas á diferentes distancias del eje de rotacion, la mas distante del centro arrastra á la otra. (2.ª ley).

3.ª Dos bolas iguales, colocadas á igual distancia del centro de rotacion, adquieren fuerzas centrífugas iguales, rompen el hilo que las une y ambas van á chocar con los dos extremos verticales A A' B B'.

4.ª De dos bolas desiguales unidas por un hilo de seda y colocadas á igual distancia del centro de rotacion, la mayor adquiere mayor cantidad de movimiento y arrastra la menor (3.ª *ley*).

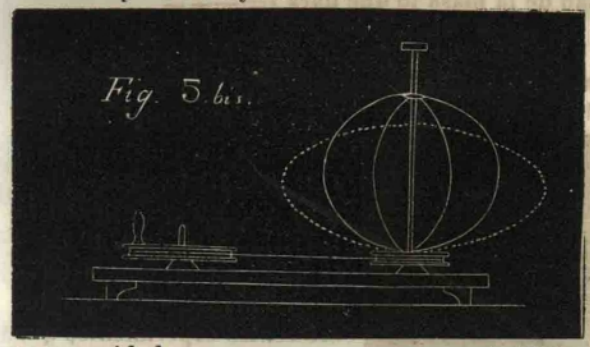
5.ª Colocando los centros de dos bolas desiguales unidas por un hilo á

UNIVERSIDAD DE HUELVA 2010

distancias del eje de rotacion inversamente proporcionales á sus masas, las fuerzas centrífugas desarrolladas son diferentes; pero las cantidades de movimiento son iguales y en sentido contrario, por lo cual las bolas rompen el hilo y van á chocar contra los extremos verticales.

8. Suponiendo que una masa líquida de forma esférica esté animada de un movimiento de rotacion al rededor de un eje que pase por su centro, sus diferentes puntos estarán solicitados por fuerzas centrífugas de intensidad diferente, y será necesario para conseguir el equilibrio, que la esfera líquida se hinche en las partes ecuatoriales y se achate en los polos en una cantidad tanto mayor, cuanto mas rápida sea la velocidad de rotacion.

9. Un aparato muy sencillo hace sensible esta verdad. Consiste (fig. 5 *bis*) en dos círculos de acero cruzados en ángulos rectos y reunidos por dos anillos. El inferior está fijo á un eje de rotacion y el superior está libre. Haciendo jirar el aparato al rededor de un eje, los círculos de acero se hinchan en el ecuador y se achatan en los polos en una cantidad tanto mayor, cuanto mas rápida sea la velocidad de rotacion.



10. La tierra y todos los cuerpos planetarios son unos esferoides achatados en los polos de rotacion, cuyo hecho indica de una manera positiva que todos los globos estuvieron originariamente en estado flúido, y que no se solidificaron por el enfriamiento, sino despues de haber recibido el movimiento de rotacion de que estan dotados.

§. V. *Del péndulo y sus aplicaciones.*

1. Cuántas especies de péndulos pueden concebirse?—2. Qué son oscilaciones?—3. Cómo se demuestra el isocronismo de las oscilaciones?—4. Cuáles son las leyes del movimiento del péndulo?—5. En qué fórmula sencilla están encerradas estas leyes?—6. Péndulo compuesto y sus leyes.—7. Qué es centro de oscilacion?—8. Péndulos isócronos.—9. Advertencia.—10. Consecuencia.—11. Aplicaciones del péndulo.

1. Se conciben dos especies de péndulos: el *péndulo simple ó geométrico*, y el *compuesto ó físico*.

El *péndulo simple* es ideal, y su existencia consistiría en un punto material pesado, suspendido de un hilo inextensible, sin gravedad, y móvil al rededor de un punto fijo. El *péndulo compuesto* es un cuerpo

UNIVERSIDAD DE HUELVA 2010

de cualquier forma y dimension, susceptible de moverse al rededor de un eje horizontal.

2. **Oscilaciones del péndulo simple.** Si la direccion del hilo de que se supone suspendido el péndulo simple, fuese vertical, el péndulo permaneceria en reposo; porque la accion de la gravedad estaría destruida por la resistencia del punto de suspension. Pero si apartamos el péndulo de su posicion vertical, bajaría para tomar su posicion primitiva, ejecutando á su alrededor *idas y vueltas* que se llaman *oscilaciones*, y que en el vacío recorren espacios iguales en tiempos iguales.

3. **Demostracion del isocronismo de las oscilaciones.** Efectivamente, la gravedad que solicita al punto material, es una fuerza vertical que puede descomponerse en dos: la una dirijida segun la prolongacion del hilo, está destruida por la resistencia del punto fijo: la otra perpendicular al hilo que arrastra el móvil. Llegado este á su direccion vertical, la gravedad que le solicita, está completamente destruida; pero el péndulo en virtud de su velocidad adquirida pasa esta posicion de equilibrio y sube al lado opuesto. Desde este instante la gravedad obra de otra vez sobre él y disminuye gradualmente su velocidad hasta que al llegar á la misma altura del lado opuesto la aniquila totalmente, y el péndulo baja de nuevo ejecutando una segunda oscilacion enteramente semejante á la primera. Luego suponiendo que el péndulo se mueve en el vacío, y exento de toda especie de roce, las oscilaciones tendrán instantáneamente la misma duracion, recorrerán el mismo espacio y se perpetuarán indefinidamente.

4. **Leyes del movimiento del péndulo.** 1.ª Las oscilaciones del péndulo son isócronas; esto es, se ejecutan en tiempos iguales.

2.ª La duracion de una oscilacion está en razon directa de la raiz cuadrada de la lonjitud del péndulo. Asi un péndulo cuatro veces mas largo que otro, tardará doble tiempo en ejecutar una oscilacion.

3.ª La duracion de una oscilacion está en razon inversa de la raiz cuadrada de la gravedad, es decir, que si la gravedad tuviese 4, 9, 16.... veces mas intensidad, el péndulo oscilaría 2, 3, 4... veces mas aprisa.

5. **Fórmula.** Estas tres leyes están sencillamente encerradas en la fórmula $t = \pi \sqrt{\frac{l}{g}}$; en la cual t representa el tiempo de una oscilacion, π la relacion de la circunferencia al diámetro, l la lonjitud del péndulo y g la intensidad de la gravedad.

6. **Péndulo compuesto y sus leyes.** Los *péndulos compuestos*, usados en las ciencias y las artes, están generalmente formados por una vara metálica cilíndrica ó prismàtica á la cual está suspendida una lenteja

UNIVERSIDAD DE HUELVA 2010

de platino ó cobre, que descansa por medio de un cuchillo de acero sobre dos planos pulimentados de acero ó agata.

Centro de Oscilacion. Cuando este péndulo se pone en movimiento, es necesario que todas sus moléculas, á cualquier distancia que estén del punto de suspension, ejecuten sus oscilaciones en el mismo tiempo. Por consiguiente, si las moléculas mas próximas estuviesen libres, oscilarían mucho mas aprisa que las moléculas mas distantes; pero en virtud de la causa del sistema es forzoso que las primeras se retarden y las últimas se aceleren, y entre estos dos puntos extremos habrá otro necesariamente, cuyo movimiento no sea acelerado ni retardado. A este punto se llama *centro de oscilacion.*

8. **Péndulos menores.** De lo dicho se deduce que un *péndulo compuesto* ejecuta su oscilacion en el mismo tiempo que un *péndulo simple*, cuya lonjitud fuese la distancia del centro de suspension al de oscilacion.

9. **Advertencia.** El cálculo demuestra que, á pesar de la disminucion que experimenta continuamente el espacio recorrido en cada oscilacion en el péndulo compuesto, su duracion, cuando son muy pequeñas, permanece constante. Lo que consiste en que la resistencia del aire y el roce prolongan la *semi-oscilacion descendente* en una cantidad igual de la que estas mismas causas disminuyen la *semi-oscilacion ascendente.*

10. **Consecuencia.** De donde se deduce que la duracion de la oscilacion total permanece definitiva la misma, y todas las leyes contenidas en la fórmula $t = \pi \sqrt{\frac{l}{t}}$ son aplicables al péndulo compuesto, con tal que se entienda por l, lonjitud del péndulo, la lonjitud del péndulo simple *unícrono* con él.

11. **Aplicaciones.** 1.ª **Medida de la intensidad de la gravedad.** De la fórmula de las leyes del péndulo se deduce la siguiente: $g = \frac{\pi^2 l}{t^2}$ Lo que nos dice *que la intensidad absoluta de la gravedad es igual al cuadrado de la relacion aproximada de la circunferencia al diámetro, multiplicada por la lonjitud del péndulo, dividida por el cuadrado del tiempo de una oscilacion.* Por consiguiente para obtener la intensidad de la gravedad en cualquier punto del globo, será suficiente hacer oscilar un péndulo, medir su lonjitud para obtener l, observar la duracion de una oscilacion para hallar t, y hacer en seguida los cálculos indicados.

2.ª **Variacion de la gravedad con las latitudes.** La intensidad de la gravedad en la superficie de la tierra varía con la latitud, aumentando del ecuador á los polos. Para comprobar este hecho es suficiente trasportar sucesivamente un mismo péndulo á diferentes puntos del globo, y medir el tiempo de una oscilacion, ó el número de oscilaciones efectuadas en

UNIVERSIDAD DE HUELVA 2010

un tiempo dado. Un gran número de observaciones hechas con un *mismo péndulo* comprueban que sus oscilaciones son mas lentas en el ecuador que en las regiones polares, y como la intensidad de la gravedad aumenta cuando la duracion de la oscilacion disminuye, es evidente la variacion expresada.

3.ª **Figura de la tierra.** Las causas de la variacion indicada son dos: 1.ª El achatamiento de la tierra en los polos; 2.ª la fuerza centrífuga. Ambas causas comprueban que la figura de la tierra es un esferoide comprimido por los polos.

4.ª Los experimentos del péndulo prueban tambien · 1.° Que la gravedad es invariable en un mismo punto del globo; 2.° que todos los cuerpos adquieren por la gravedad la misma velocidad en su caida; 3.° que el espacio recorrido por un cuerpo en el primer segundo de su descenso libre es próximamente $4^m, 904$.

Estas mismas experiencias ponen tambien en evidencia el principio general de *Newton*, esto es, *que todos los cuerpos se atraen en razon directa de las distancias.* Se notó que en la proximidad de las altas montañas el péndulo está un poco desviado de la direccion de la vertical; cuya observacion se hizo en 1774 por Maskeline, que demostró por este medio que la masa del globo terrestre es próximamente cuatro veces y media mayor que la de un globo de agua de la misma dimension.

Cavendish comprobó por el mismo medio las atracciones de dos esferas metálicas entre sí.

El péndulo tiene aun otras muchas aplicaciones. El *isocronismo* de sus oscilaciones hace de él el instrumento mas exacto y precioso para la medida del tiempo.

§. VI. *Hidrostática.*

1. Cuál es el objeto de la hidrostática?—2. De qué fuerzas dependen las propiedades de los líquidos?—3. En qué principio están fundadas todas las leyes de la hidrostática?—Cómo se enuncia este principio?—4. Demostrar la igualdad de presion.—5. Condiciones del equilibrio de los líquidos.—6. Cuál es la primera condicion de equilibrio y como se demuestra?—7. Qué consecuencias se deducen de la primera condicion de equilibrio de los líquidos?—8. Cuál es la segunda condicion y como se demuestra.—9. Presiones.—Presion de arriba abajo: cómo se demuestra?—10. Presion de abajo arriba: cómo se demuestra?—12. Presiones interiores: cómo se demuestran?—12 Presiones laterales: cómo se demuestran?—13. Qué es la paradoja hidrostática?—14. Cuáles son las condiciones de equilibrio en los líquidos de diferentes densidades?.-15. Tubos comunicantes.—Equilibrio de líquidos homogéneos.—16. Equilibrio de los heterogéneos.—17. Aplicaciones de los principios de hidrostática.—Qué es hidráulica?—Ley de Mariotte sobre los saltadores.

1. La *hidrostática* tiene por objeto estudiar las leyes del equilibrio de los líquidos y las presiones que ejercen.

2. Las propiedades de los líquidos dependen de dos fuerzas: la *gra-*

UNIVERSIDAD DE HUELVA 2010

vedad que obra sobre ellas como los demas cuerpos; y la *atraccion molecular* que les constituye en estado líquido.

3. Todas las leyes de *hidrostática* están fundadas en un principio único, cuya verdad se deduce de la gran movilidad de que están dotadas las partículas de los líquidos.—Este principio es la

Igualdad de presion.—La *igualdad* de *presion* es un axioma físico.—Este axioma se enuncia así:

Los líquidos trasmiten igualmente en todos sentidos las presiones que se ejercen en un punto cualquiera de su masa ó de su superficie.

4. **Demostracion.** Para comprender el principio de la igualdad de presion, figurémonos un vaso que contiene un líquido que supondrémos sin gravedad. En este caso es evidente que aunque se horadase el vaso, el líquido no se derramaría.—Si suponemos ahora un émbolo que ajuste exactamente á la superficie del vaso, y colocamos sobre él un peso de 100 libras, esta presion se trasmitirá á la primera capa líquida, que sostenida por la segunda sufrirá la misma presion, que se trasmitirá de capa en capa íntegramente á la base; pero esta presion se trasmitiría tambien á las paredes laterales; puesto que si se horadasen, el líquido saldría con tanta masv iolencia cuanto mayor fuese la presion ejercida. Finalmente horadando el émbolo, el líquido saltaría tambien de abajo arriba con tanto mayor ímpetu cuanto mayor fuese la presion empleada, lo que prueba que la pared del émbolo estaba del mismo modo comprimida.—Luego es evidente el principio de igualdad de presion.

Si consideramos ahora un líquido pesado, trasmitirá las presiones de la misma manera; pero ademas de estas presiones extrañas ejercerá una presion correspondiente al peso y variable de un punto á otro.—Estos dos géneros de presiones, el uno igual para todos los puntos y en todos sentidos, y el otro variable con la profundidad del líquido, se añaden á cada punto para formar la presion total.

5. **Condiciones del equilibrio de los líquidos.**—Para que un líquido esté en equilibrio, son necesarias dos condiciones: La 1.ª relativa á las moléculas superficiales; la 2.ª á las moléculas interiores.

6. 1.ª **Condicion.**—*La superficie de un líquido pesado en equilibrio debe ser en cada punto perpendicular á la direccion de la gravedad; y mas generalmente perpendicular á la resultante de las fuerzas que sobre él actuan.*

Demostracion.—En efecto, si la superficie no fuese perpendicular, la gravedad que solicita una molécula cualquiera m, podria descomponerse en dos fuerzas: la una perpendicular á la superficie del líquido seria destruida por su resistencia; la otra tanjente á la superficie, no estando destruida

UNIVERSIDAD DE HUELVA 2010

por nada, haria rodar la molécula líquida á que estuviese aplicada, y el equilibrio seria imposible.

7. **Consecuencias.**—Un líquido pesado, contenido en un vaso, está siempre terminado por una superficie plana y horizontal; porque la gravedad obra sobre las moléculas segun direcciones verticales y horizontales.—La masa de las aguas que cubren la mayor parte del globo está terminada por una superficie curva, á la cual la vertical, es decir, la direccion de la gravedad efectiva, es en todas partes perpendicular.—La fuerza atractiva de las montañas influye tambien en la forma de los mares.—Por igual razon el Océano, buscando un equilibrio que no puede hallar á causa de la fuerza atractiva de la luna en su movimiento de rotacion, se eleva y deprime alternativamente, dando orígen á las oscilaciones periódicas del flujo y reflujo.

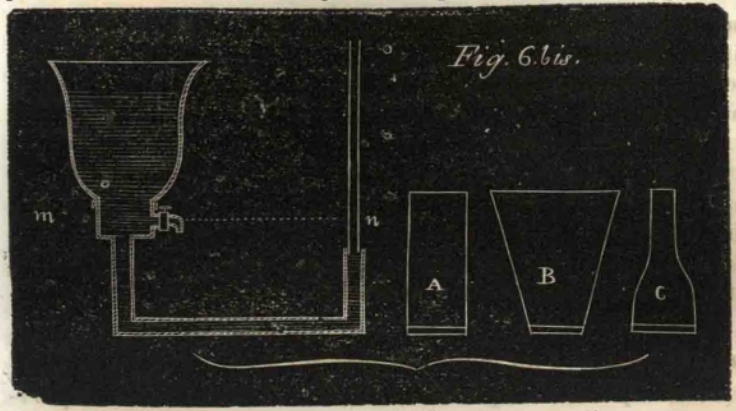
8. 2.ª **Condicion.**—*Una molécula tomada á voluntad en el interior de una masa líquida en equilibrio, debe necesariamente experimentar en todos sentidos presiones iguales y contrarias que se destruyan.*

Demostracion.—En efecto, considerando únicamente la presion que esta molécula sufre de arriba abajo en una direccion vertical, se hallará que tiene evidentemente por medida el peso líquido vertical que actúa sobre esta molécula. Lo mismo sucederá en las demas moléculas situadas en una misma presion horizontal paralela á la superficie del líquido.—Esta capa se llama superficie ó capa de nivel, y el equilibrio exige que las moléculas que contiene sufran iguales presiones.

9. **Presiones.**— **Presiones de arriba abajo.** La *presion* que un líquido pesado en equilibrio ejerce sobre el fondo horizontal de la vasija que le contiene, es independiente de la forma de la vasija; y solo depende de la extension de la pared que sufre la presion, y de la altura del líquido sobre esta pared.— *Esta presion tiene por valor el peso de una columna vertical de líquido, que tiene por base el fondo de la vasija, y por altura la distancia de este fondo al nivel.*—Su expresion es $p = bad$.

UNIVERSIDAD DE HUELVA 2010

Demostracion. El raciocinio y la experiencia demuestran este principio notable. — *Haldat* imajinó un aparato al efecto. (fig. 6 bis).



Consiste en un tubo metálico encorvado en ángulo recto por ambos extremos, á uno de los cuales se adapta otro tubo de cristal, y al otro un reservatorio cilindrico de un diámetro mucho mayor destinado a recibir tres vasijas de cristal de igual base y altura, pero de distinta forma: la una cilíndrica A, la otra ancha en la parte superior B, y la tercera estrecha hácia este mismo punto C.— Ahora bien, echando mercurio en el tubo metálico se coloca en ambos brazos en un plano horizontal; y adaptando sucesivamente al aparato, las tres vasijas llenas de agua, la presion que cada una de ellas ejerce, hace subir constantemente el mercurio una cantidad igual. Luego es evidente el principio sentado.

10. **Presion de abajo arriba.** Si suponemos un vaso de doble fondo, resultará del principio de la igualdad de presion, que el fondo superior sufre de *abajo arriba* una presion igual al peso de una columna líquida, cuya base es la superficie de la pared, y su altura el nivel del líquido sobre ella.

11. **Presiones interiores.** Si en el interior de una masa líquida concebimos una capa líquida horizontal, esta experimentará de arriba abajo una presion igual al cilindro líquido que está sobre la capa líquida que hemos considerado; pero como esta capa está en equilibrio es necesario esperimente de abajo arriba una presion vertical igual y contraria.

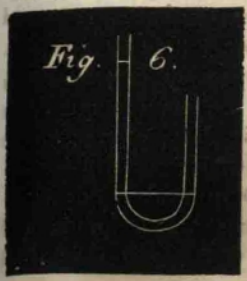
12. **Presiones laterales.** De la igualdad de presion se deduce tambien que la presion total que sufre una pared lateral, tiene por medida el peso de una columna de líquido que tiene por base la pared que sufre la presion y por altura la distancia de su centro de gravedad al nivel.

Paradoja hidrostática. Aunque el líquido contenido en las tres vasijas del aparato de *Haldat* (fig. 6 bis) ejerce la misma presion, no por esto tiene un mismo peso, porque las presiones laterales estimadas segun la vertical se añaden á las que sufre el fondo por este último caso. Por eso el primer principio recibió el nombre de *paradoja hidrostática*.

UNIVERSIDAD DE HUELVA 2010

14. **Líquidos superpuestos.** Cuando varios líquidos de naturaleza ó densidad diferentes están contenidos en un mismo vaso, estos líquidos se colocan los unos sobre los otros en capas horizontales, condicion necesaria al equilibrio, porque sino fuese asi, la presion no seria igual en todos los puntos de una misma capa de nivel.

15. **Tubos comunicantes.** Cuando dos tubos de una misma forman tamaño cualquiera comunican entre sí, pueden contener ó un líquido homogéneo ó líquidos de diferentes densidades (fig. 6.).



Primer caso. **Líquidos homogéneos.** *Para que un líquido homogéneo esté en equilibrio en dos vasos comunicantes, es necesario que el nivel del líquido en ambos tubos esté sobre un mismo plano horizontal.*

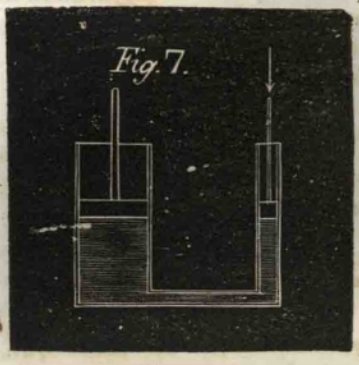
Demostracion. En efecto, consideremos en el canal de comunicacion una porcion vertical *m*. Puesto que el equilibrio subsiste, esta porcion debe sufrir por ambos lados presiones iguales. Ahora bien, la presion lateral tiene por medida la base m multiplicada por la altura: la de derecha tiene igual medida: luego los niveles deben estar en un mismo plano horizontal.

16. Segundo caso. **Líquidos heterogéneos.** *Cuando dos líquidos heterogéneos estan contenidos en dos tubos comunicantes, las alturas de las columnas líquidas que estan equilibradas, estan en razon inversa de sus densidades.*

Demostracion. Supongamos dos líquidos, agua y mercurio. Segun lo ya demostrado, tendríamos bad=b'a'd', en cuya ecuacion el primer miembro representa la columna de agua, que se equilibra con la columna de mercurio, representada por el segundo miembro; y suprimiendo *b*, tendrémos ad=a'd', de donde a : a' : : d' : d; lo que queremos demostrar.

UNIVERSIDAD DE HUELVA 2010

17. Aplicaciones. Los principios sentados tienen un gran número de aplicaciones. La *prensa hidráulica* (fig. 7) es una de ellas. Consiste en dos tubos comunicantes de diferentes diámetros, en los cuales el agua está en un mismo plano horizontal ó en equilibrio. Sobre cada tubo ajustan exactamente dos pistones resistentes. Si sobre el pequeño se ejerce una presion de 10 quintales, por ejemplo, esta presion se trasmitirá á toda la masa líquida, de manera que cada porcion de la superficie del piston grande igual á la del pequeño sufrirá una presion de abajo arriba igual á 10 quintales. Por consiguiente, si la superficie del piston grande es 100 veces mayor que la del pequeño, la presion total sufrida por el primero será de 10×100 ó de 1000 quintales.



El piston mayor tiene encima unas placas metálicas muy resistentes, entre las cuales se colocan los cuerpos que se quieren comprimir. Esta prensa se emplea en la compresion de los paños, en la fabricacion de la pólvora, del papel, de los ladrillos, y en un gran número de artefactos.

El *nivel de aire*, la conduccion de las aguas por medio de cambisas, que no son mas que una serie de tubos comunicantes, la construccion de los *pozos artesianos* y la teoría de los saltadores estan fundadas en los principios explicados. Mariotte calculó en los jardines de Versalles la altura de los depósitos por medio de los saltadores, hallando la ley siguiente: *dividiendo por 5 la altura de los saltadores expresada en pies, resulta un cociente igual al número de pulgadas en que la altura del depósito escede á la del saltador.*

UNIVERSIDAD DE HUELVA 2010

§. VII. *Cuerpos flotantes — Principio de Arquímedes — Densidades — Areometría.*

1. En qué principios descansa la teoría de los cuerpos flotantes.–2. Cuál es el principio de Arquímedes?–3. Cómo se demuestra este principio?–4. Qué consecuencias se deducen del principio de Arquímedes?– 5. Qué son cuerpos flotantes?– 6. Cuáles son los principios generales para determinar las densidades relativas de los cuerpos?–7. Qué cuerpo es el elegido como unidad para determinar el peso específico ?–8. A qué se llama peso específico?– 9. Cómo se obtiene en general el peso específico ?– 10. Cómo se determinan las densidades de los sólidos por medio de la balanza hidrostática ?–11. Y por el método del frasco ó de Klaport ?– 12. Cómo se determinan las densidades de los líquidos por el primer método ?–13. Y por el segundo ?– 14. Qué son areómetros?–15. Cuántas especies hay de areómetros ?–16. Cuáles son los de volúmen constante ?–17. Areómetro de Nicholson.–18. Modos de usarle.–19. Areómetro de Farenheit.–20. Modo de usarle.– 21. Cuáles son los areómetros de peso constante?–22. Consecuencia.–23. Areómetro de Beaume.–24. A qué se llaman volúmetros ?– 25. Cómo se gradúan los volúmetros para líquidos mas pesados que el agua ?–26. Y para los mas ligeros?–27. Alcóometro centesimal.–28. Aplicaciones.

1. Toda la teoría de los cuerpos flotantes en los líquidos descansa sobre un solo principio debido á Arquímedes, y que se enuncia así.

2. **Principio de Arquímedes.** *Todo cuerpo sumerjido en un flúido pierde una parte de su peso igual al peso del volúmen flúido que desaloja.*

3. **Demostracion.** Este principio se demuestra por el raciocinio y la experiencia.

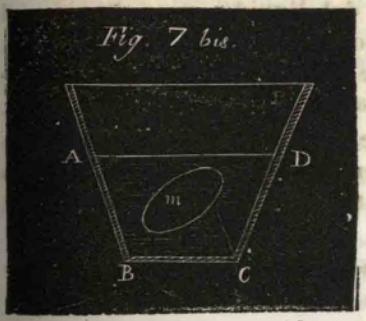


Fig. 7 bis.

1.° **Raciocinio.** Consideremos una masa líquida en equilibrio ABC (fig. 7 *bis*); aislemos con el pensamiento una porcion cualquiera *m* de esta masa, el equilibrio no se turbará, aunque supongamos que esta porcion de líquido se solidifique de repente Ahora bien, esta porcion sufrirá de parte del líquido que la rodea presiones normales, que pueden descomponerse todas en presiones horizontales y verticales. Las primeras se destruyen evidentemente por sí mismas, puesto que la masa *m* no tiende á moverse lateralmente en ningun sentido. Respecto á las verticales, su resultante es evidentemente igual al peso de la masa líquida *m*, puesto que se opone á su caida y obra de abajo arriba. Esta presion se llama la *impulsion del flúido*. Sustituyamos ahora á la masa *m* un cuerpo cualquiera que tenga exactamente la misma forma: este cuerpo sufrirá necesariamente de parte del líquido que le rodea la misma impulsion, y por

UNIVERSIDAD DE HUELVA 2010

consiguiente su peso se habrá disminuido en una cantidad igual al peso de la masa líquida cuyo lugar ocupa.

2.° **Experiencias.** Por debajo de uno de los platillos de una balanza se suspende por medio de un ganchito un cilindro hueco de cobre, debajo del cual se engancha otro cilindro sólido que ajuste exactamente al primero. Luego que se consigue el equilibrio, se sumerje el cilindro sólido en un vaso lleno de agua; al momento se altera, y la experiencia prueba que para restablecerle es suficiente llenar de agua el cilindro hueco. De donde se deduce que la pérdida de peso que el cilindro sólido ha sufrido por su inmersion en el agua, es igual al peso de un volúmen de líquido igual al suyo.

4. **Consecuencias.** Cuando un cuerpo está sumergido en un líquido, pueden suceder tres casos:

1.° *Que el cuerpo sumergido sea mas denso que el líquido.* En este caso el peso del cuerpo es mayor que la impulsion del flúido, y el cuerpo desciende al fondo de la vasija con una fuerza igual á su diferencia.

2.° *Que el cuerpo sumergido tenga el mismo peso que el flúido desalojado.* Entonces el peso del cuerpo sumergido siendo igual á la impulsion del flúido, el cuerpo permanece en equilibrio.

3.° *Que el cuerpo sumergido pese menos que el líquido desalojado.* En este caso la impulsion del flúido siendo mayor que su peso, el cuerpo sube á la superficie del líquido.

5. **Cuerpos flotantes.** En la circunstancia precedente sucede siempre que el cuerpo sale en parte del líquido, y se dice que el cuerpo *flota* en su superficie. En este caso, y luego que el cuerpo cobra su posicion de equilibrio, es evidente que el peso del cuerpo *flotante* es igual al peso del líquido desalojado por la *parte sumergida* del cuerpo.

6. **Determinacion de las densidades relativas de los cuerpos. Principios generales.** Hemos llamado *densidad absoluta* de un cuerpo la cantidad de materia que encierra bajo la unidad de volúmen.

1.er **principio.** *Si dos cuerpos tienen la misma densidad, sus pesos son proporcionales á sus volúmenes.*

2.° **principio.** *Cuando dos cuerpos heterogéneos tienen el mismo peso, sus volúmenes estan en razon inversa de sus densidades.*

3.er **principio.** *Bajo volúmenes iguales las densidades de los cuerpos son proporcionales á sus pesos.*

7. **Densidades relativas ó pesos específicos.** Para medir las densidades de los cuerpos, es necesario compararles á la den-

UNIVERSIDAD DE HUELVA 2010

sidad de un cuerpo particular que se elije por unidad. El cuerpo á cuya densidad se comparan las de los sólidos y líquidos es el agua destilada.

8. La relacion de la densidad absoluta de los cuerpos á la del agua destilada, llámase *densidad relativa ó peso específico de un cuerpo.*

9. Puesto que, bajo el mismo volúmen, las densidades de los cuerpos son proporcionales á sus pesos, para obtener la densidad ó peso específico de un cuerpo con relacion al agua, será suficiente *pesar el cuerpo y el agua destilada, bajo un mismo volúmen, y dividir el peso del cuerpo por el del agua.*

10. **Métodos experimentales para determinar el peso específico. Densidades de los sólidos. 1.er método. Balanza hidrostática.** Esta balanza tiene un ganchito debajo de cada platillo. Se halla el peso P del cuerpo sólido, cuya densidad relativa se busca, suspendiéndole por un hilo muy fino á uno de los platillos de la balanza. Se halla en seguida el peso P′ del mismo cuerpo enteramente sumergido en el agua destilada. La diferencia de los pesos P, P′ expresa el peso del volúmen de agua desalojada, es decir, de un volúmen de agua igual al del cuerpo. Luego la densidad buscada será $D = \frac{P}{P - P'}$

11. **2.° método. Método del frasco.** Se pesa un frasco lleno de agua destilada y cerrado herméticamente. Sea P su peso. Se pesa en seguida el cuerpo cuya densidad se desea determinar, sea p este nuevo peso. Se introduce cuidadosamente el cuerpo en el frasco y se pesa de nuevo. El peso P′ que se obtiene, difiere de $P+p$ una cantidad igual al peso del agua que la inmersion del cuerpo hizo salir, esto es, en un volúmen de agua igual al suyo. Luego la densidad buscada estará expresada por la relacion

$$D = \frac{p}{P + p - P'}$$

12. **Densidad de los líquidos. Primer método. Balanza hidrostática.** Supongamos que se trata de averiguar la densidad del alcohol: se suspenderá con un hilo muy fino por debajo de uno de los platillos de la balanza, un cuerpo sólido, cuyo peso hallarémos sucesivamente en el aire, en el alcohol y en el agua destilada: designemos estos pesos por P, P′ y P″. Segun el principio de Arquímedes $P-P'$ y $P-P''$, que son las pérdidas de peso sufridas por el cuerpo en el alcohol y en el agua, representan el peso de ambos líquidos bajo un mismo volúmen. Luego la densidad del alcool estará expresada por

$$\frac{P - P'.}{P - P''.}$$

UNIVERSIDAD DE HUELVA 2010

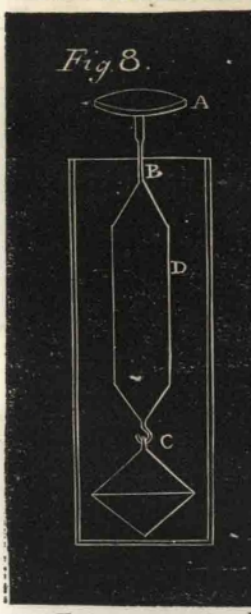
13. 2.° **Método del frasco.** Este método es independiente del principio de Arquímedes. En efecto, tómese un frasco, y 1.° pésese vacío: sea P su peso; 2.° lleno de agua destilada: sea P′; y 3.° lleno de alcohol ó del líquido cuya densidad busquemos: sea P″. Si de los últimos pesos quitamos el primero, las diferencias P′—P y P″—P representarán el peso del agua y del líquido que llenaban un mismo frasco y que por consiguiente tienen un mismo volúmen. Luego dividiendo entre sí estos pesos tendrémos la densidad buscada; esto es $D. \frac{P'-P.}{P''-P.}$

14. **Areometría.** Llámanse *areómetros* á unos aparatos flotantes destinados á dar á conocer las densidades relativas de los cuerpos, ó las proporciones en que ciertas sustancias se hallan mezcladas.

15. Se distinguen dos especies de areómetros: 1.ª Areómetros de *volúmen constante*; 2.ª areómetros de *volúmen variable* y *peso constante*.

16. **Areómetros de volúmen constante.** Son dos: el de *Nicholson*, que sirve para determinar la densidad de los sólidos y que es muy usado en mineralogia; y el de *Farenheit*, que sirve para los líquidos.

17. **Areómetro de Nicholson.** El areómetro de Nicholson se compone de un cilindro y de dos conos, cada uno de los cuales está unido por su base á una de las bases del cilindro (fig 8). El cono superior tiene un vástago muy fino, al cual está unido un platillo destinado á contener los pesos; en la parte inferior está suspendido un recipiente ó cápsula que sirve de *lastre*, y tiene una forma propia para contener los cuerpos sólidos cuyo peso específico se busca. En el vastaguito superior está señalado un punto que se llama *punto de enrasamiento*, porque en todas las experiencias el aparato debe sumergirse hasta él.

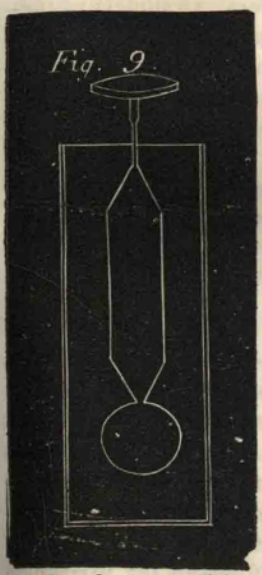


18. **Modo de usar el areómetro de Nicholson.** Se coloca en él agua destilada, se ponen en el platillo superior los pesos necesarios para enrasar el aparato: sea A este peso. Se saca del platillo en cuyo lugar se coloca el cuerpo cuya densidad se busca, añadiendo pesos conocidos hasta hacerle de nuevo enrasar: sean A′ estos nuevos pesos; por manera que A—A′ representa el peso del cuerpo. Entonces se traslada el cuerpo del platillo superior á la cápsula inferior y el areómetro vuelve á sumergirse en el agua. El aparato no enrasa ya

UNIVERSIDAD DE HUELVA 2010

y para conseguirlo es necesario añadir al platillo superior un peso que designarémos por A''. Este peso representa evidentemente la pérdida de peso que experimentó el cuerpo por su inmersion en el líquido, es decir, el peso de un volúmen de agua igual al suyo. La densidad buscada estará, pues, expresada por $D = \frac{A - A'}{A - A''}$.

19. **Areómetro de Farenheit.** Este areómetro es un cilindro de cristal terminado por un vastaguito delgado, con un platillo en su parte superior (fig. 9). El vástago tiene señalado el *punto de enrasamiento*; y un *lastre* suspendido en la parte inferior sirve para dar al aparato una posicion de equilibrio.



Modo de usar el areómetro de Farenheit. Debe conocerse de antemano su peso, que designarémos por P. Entonces se sumerge en el agua destilada, y se ve que es necesario poner en el platillo un nuevo peso P' para hacerle enrasar; de lo cual resulta que el peso del agua desalojada por el aparato es $P + P'$. Se sumerge en seguida el areómetro en el líquido cuya densidad deseamos conocer; y si designamos por P'' el nuevo peso de enrasamiento, el peso del líquido desalojado será $P + P''$.

Ahora bien, sumergiéndose el areómetro hasta un mismo punto, los líquidos desalojados tienen el mismo volúmen. Luego la densidad buscada se obtendrá dividiendo entre sí los dos pesos hallados $D = \frac{P + P'}{P + P''}$.

UNIVERSIDAD DE HUELVA 2010

21. **Areómetros de peso constante.** Estos areómetros (fig. 10) están todos formados por una bola de cristal colocada á la extremidad de un tubo y lastrados con una bola mas pequeña que contiene mercurio ó granos de plomo. El tubo tiene una graduacion, cuya divisiones corresponden á partes de igual capacidad.

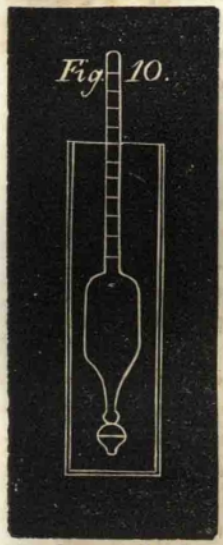


Fig. 10.

22. **Consecuencia.** Si se introduce un instrumento de esta clase en un líquido cualquiera, se sumerjirá tanto mas cuanto menos pese el líquido bajo un mismo volúmen, ó lo que es lo mismo, cuanto menor sea su peso específico; porque siendo invariable el peso del areómetro, el volúmen del líquido desalojado estará en razon inversa de su densidad.

23. **Areómetro de Beaume.** El areómetro de *Beaume* que es el mas usado en el comercio está graduado del modo siguiente. 1.° Cuando se destina á *pesa-ácidos* ó *pesa-sales*, se da al areómetro un peso tal, que introducido en el agua pura, se sumerja hasta la cumbre del tubo, en cuyo punto se señala cero. Introdúcesele en seguida en una disolucion que contenga 85 partes de agua y 15 de sal marina y se señala 15 en el punto de enrasamiento. Se subdivide el intérvalo en 15 partes iguales, llamadas *grados* y prolongando las divisiones hasta la bola. 2.° Si se destina á *pesa licores*, se le da un peso tal, que introducido en una mezcla de 90 partes de agua con 10 de sal marina, se sumerja hasta el nacimiento del tubo, en cuyo punto se señala cero. Se señalan en seguida 10° en el punto de enrasamiento en el agua destilada, y dividiendo el intervalo en 10 partes iguales, se prolongan las divisiones hasta la terminacion del tubo.

24. **Volúmetros.** M. *Gay-Lussac* llama asi á unos areómetros graduados de manera que sirvan para indicar no solo el órden sino las relaciones exactas de las densidades de los líquidos.

25. **Volúmetro para líquidos mas pesados que el agua.** El peso del aparato debe ser tal, que introducido en el agua pura, se sumerja todo el vástago. Se señala 100 en este punto. Se compone en seguida una disolucion salina, cuya densidad sea $^3/_4$. Puesto que el peso del aparato permanece el mismo, los volúmenes de los líquidos desalojados están en razon inversa de las densidades, esto es, cuando el primero 1, el segundo será $^3/_4$ ó bien siende el primero 100, el segundo será 75. Se divide el intervalo comprendido entre 100 y 75 en 25 partes iguales, que se prolongarán hasta la parte inferior del vástago. Si sumergido en un liquido el areómetro toca á la division 80

UNIVERSIDAD DE HUELVA 2010

es claro que la densidad del líquido es á la del agua :: 100 : 80, y que es por consiguiente igual á $\frac{100}{80}$ ó á 1,25.

26. **Volúmetro para líquidos mas lijeros que el agua.** El peso del instrumento debe ser tal, que introducido en el agua destilada, se sumerja solo hasta el nacimiento del tubito. Se añade luego á la parte superior del aparato un peso igual á su cuarta parte; por manera que siendo el peso primitivo 4, el nuevo peso sea 5. Igual relacion existirá entre los volúmenes de agua desalojada en ambos casos, de donde se deduce que si se ha señalado 100 en el primer punto de enrasamiento, se señalará 125 en el segundo. Este intérvalo se dividirá en 25 partes iguales, cuya division se prolongará hasta lo alto del tubo.

27. **Alcóometro centesimal.** Se gradua sumergiéndole sucesivamente en mezclas artificiales de agua y de alcool puro en diversas proporciones, y se señala 100, 95, 85, 80... en los puntos de enrasamiento en las mezclas que en 100 partes en volúmen contienen 100, 95, 85, 80... de alcool puro. Este instrumento se debe á Guy-Lussac.

28. **Aplicaciones.** La física, la química, la mineralogia, las artes y el comercio tienen necesidad de consultar muy frecuentemente las tablas de pesos específicos. Hay cuestiones muy útiles, cuya solucion depende del conocimiento de las densidades. Conocido el volúmen y la densidad de un cuerpo que no puede ponerse en una balanza, hallar su peso. La fórmula $P=VD$, nos lo dice.

Conociendo el peso y la densidad de un cuerpo, hallar su volúmen. La fórmula $V=\frac{P}{D}$ nos lo demuestra.

UNIVERSIDAD DE HUELVA 2010

§. VIII. *De los gases.*

1. Cuáles son los caracteres distintivos de los gases.—2. Demostrar estos caracteres.—3. Los gases son pesados ?— 4. Cómo se demuestra el peso de los gases ?—5. Qué consecuencias se deducen de esta propiedad ?—6. Qué es la atmósfera ?— 7. Cuál es la presion atmosférica?—8. Qué se deduce de este principio de hidrostática ?— 9. Como se llama el instrumento destinado á medir la presion atmosférica ?—10. A quién se debe la primera idea de la construccion de este instrumento y cómo se verifica la experiencia?— 11. Consecuencias de esta experiencia.— 12. Cuántas clases de barómetros se conocen ?— 12. Barómetro de cubeta.— 13. Barómetro de Fortin.— 14. Barómetro de sifon.— 15. Barómetro de Gay-Lussac.—16. Cuál es la altura media del barómetro?—17. A qué se llama tension ó fuerza elástica?— 18. A qué es igual la tension en una gran masa gaseosa como la atmósfera?— 19. Demostrar esta propiedad.—20. Qué hay que observar en esto ?—21. Qué consecuencia se deduce de lo dicho ?— 22. Cuál es la ley de Mariotte ?— 23. Demostrar la ley de Mariotte.—24. Qué se deduce de esta demostracion ?— 25. Cómo se mide la elasticidad de los gases ?— 26. Qué hay de notable en la mezcla de los gases ?— 27. Se aplica lo mismo la ley de Mariotte á las mezclas que á los gases simples ?—28. Máquina neumática.— 29. Cuál es el juego de esta máquina ?— 30. Cuál es la ley de la rarefaccion del aire ?— Puede conseguirse el vacio perfecto con la máquina neumática ?— 31. Qué perfecciones principales se invierten en ella ?—32. Qué son los hemisferios de Magdebourgo ?—33. Máquina de comprension.—34. Bombas impelentes.— 35. Fuente de comprension.— 36. Escopetas de viento.—37. A qué se extiende el principio de Arquimedes ?— 38. Qué consecuencias se deducen de esta extension ? Qué son globos aereostáticos ?— 39. Qué son mongalfieras ?—40. Qué son globos de gas hidrógeno ?—41. Cuál es el mas célebre de los viajes aereostáticos.

Gases. Su expansibilidad y compresibilidad. Los gases ó flúidos elásticos, ademas de la independencia absoluta y de la movilidad perfecta de sus moléculas, tienen por caracteres distintivos la *expansibilidad* ó *elasticidad*, y por consiguiente una *compresibilidad* muy grande, propiedad correlativa de la primera.

2. **Demostracion.** Colocando en el recipiente de una máquina neumática (1) una vejiga cerrada y llena de aire, se hincha luego que se hace el vacío, y se comprime de nuevo asi que se vuelve á permitir la entrada del aire.

3. **Peso de los gases.** Los gases son tambien pesados como los demas cuerpos.

4. **Demostracion.** Pesando sucesivamente un globo de cristal vacío y lleno de aire, ó de otro cualquier gas, se ve que el peso aumenta en este último caso.

---

(1) Véase la descripcion de esta máquina.

UNIVERSIDAD DE HUELVA 2010

5. **Consecuencia.** Resulta de las propiedades demostradas que los gases ejercen dos especies de presiones: 1.ª Las debidas á su peso; 2.ª Las debidas á su expansibilidad.

6. **Presiones de los gases en virtud de su peso atmosférico.** La *atmósfera* ó *aire atmosférico* es la capa gaseosa que circuye y envuelve nuestro globo. Su altura es próximamente de 15 leguas métricas; el aire es una mezcla de varios gases que la química nos da á conocer.

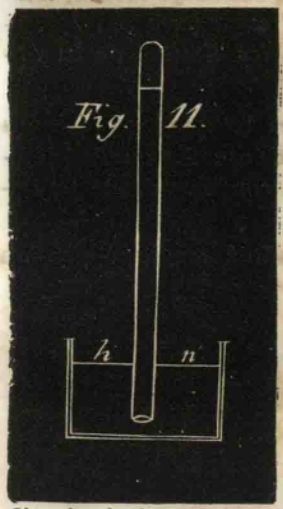
7. **Presion atmosférica.** Considerando la atmósfera como un flúido pesado en equilibrio, su presion sobre un plano cualquiera, horizontal, vertical ó inclinado de arriba abajo, y de abajo arriba, tendrá por medida *el peso de una columna de aire, cuya base sea la superficie en que se ejerce la presion, y por altura los límites de la atmósfera.*

8. De este principio de hidrostática se deduce: 1.° que las presiones de los gases se ejercen igualmente en todos sentidos; 2.° que la densidad del aire atmosférico decrece de una manera continua desde la superficie terrestre hasta el vacío.

9. **Barómetro.** El instrumento destinado á medir la presion atmosférica se llama *barómetro.*

UNIVERSIDAD DE HUELVA 2010

10. A Torricelli discípulo de Galileo se debe la primera idea de la construccion de este instrumento.—Hé aquí su experiencia.—Un tubo de cristal de tres pies de largo próximamente, cerrado por uno de sus extremos se llena exactamente de mercurio.—Se invierte el tubo tapando el otro extremo con el dedo y se sumerje en una cubeta de mercurio.—El nivel baja y se detiene á la altura de 76 centímetros, ó 32 pulgadas españolas.—Segun el modo de verificarse esta experiencia el aire no puede entrar en el tubo, el vacío es perfecto en su extremidad y por esta parte ninguna presion se ejerce sobre el mercurio. Por el contrario el de la cubeta sufre toda la presion del aire atmosférico, cuya presion sostiene la columna de las 32 pulgadas de mercurio (figura 11).— De esta experiencia se deduce: 1.° la presion atmosférica sobre una superficie dada equivale al peso de una columna de mercurio, cuya base sea la superficie sobre que se ejerce la presion, y su altura 32 pulgadas ó 76 centímetros próximamente.



2.° Si en lugar de mercurio, nos sirviésemos de otro liquido, la altura de la columna líquida que equilibrare la presion atmosférica, estaria en razon inversa de su densidad. Para el agua, por ejemplo, esta altura, seria $0^m, 76 \times 13{,}61$ $10^m, 336$ ó 32 pies próximamente.

3.° La altura barométrica es absolutamente independiente de la forma del tubo y de su diámétro con tal que no sea capilar.

4.° La altura de la columna barométrica debe disminuir á medida que uno se eleva en la atmósfera; puesto que se encuentra libre de todas las capas de aire colocadas debajo de sí.— Estos hechos han sido comprobados por la experiencia, y el último sirve de principio para medir las alturas.

11. **Clases de barómetros.** Se conocen dos clases de barómetros.

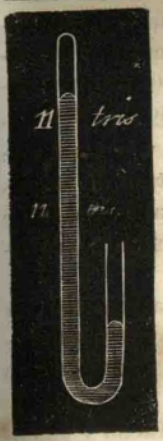
1.ª Los de cubeta; 2.ª los de sifon.

12. **Barómetro de cubeta.** El barómetro de cubeta comun consiste en un tubo unido á una tabla que eleva una escala vertical, cuyo cero corresponde al nivel del mercurio en la cubeta: el nivel superior se observa por medio de su vernier. (fig. 11).

UNIVERSIDAD DE HUELVA 2010



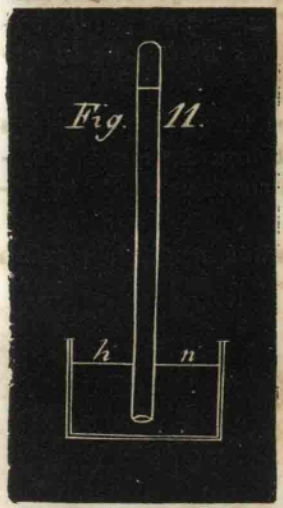
13. **Barómetro de Fortin.** (fig. 11 bis). En este barómetro, la cubeta está provista de su fondo móvil de piel de gama, que una cinta puede subir y bajar á voluntad.—La graduacion está trazada en un estuche de cobre que rodea el tubo, y el cero corresponde á la extremidad de una punta de marfil fija que penetra por el cobertizo en la cubeta.—En cada observacion se debe alzar el fondo móvil hasta que el nivel del mercurio envase con la extremidad de la punta marfil.



14. **Barómetro de Sifon.** (fig. 11 tris). El tubo de este barómetro es encorbado y con dos brazos desiguales. El mas corto, que está abierto, hace veces de cubeta. La altura de la columna mercurial que equilibra la presion exterior de la distancia vertical. La altura barométrica se mide por medio de una escala vertical, cuyo cero puede colocarse ya entre ambos niveles, ya debajo del nivel inferior. En el primer caso se hace la suma; en el segundo se halla la diferencia de las dos distancias observadas.

UNIVERSIDAD DE HUELVA 2010

10. A Torricelli discípulo de Galileo se debe la primera idea de la construccion de este instrumento.—Hé aquí su experiencia.—Un tubo de cristal de tres pies de largo próximamente, cerrado por uno de sus extremos se llena exactamente de mercurio.—Se invierte el tubo tapando el otro extremo con el dedo y se sumerje en una cubeta de mercurio.—El nivel baja y se detiene á la altura de 76 centímetros, ó 32 pulgadas españolas.—Segun el modo de verificarse esta experiencia el aire no puede entrar en el tubo, el vacío es perfecto en su extremidad y por esta parte ninguna presion se ejerce sobre el mercurio. Por el contrario el de la cubeta sufre toda la presion del aire atmosférico, cuya presion sostiene la columna de las 32 pulgadas de mercurio (figura 11).— De esta experiencia se deduce: 1.° la presion atmosférica sobre una superficie dada equivale al peso de una columna de mercurio, cuya base sea la superficie sobre que se ejerce la presion, y su altura 32 pulgadas ó 76 centímetros próximamente.



2.° Si en lugar de mercurio, nos sirviésemos de otro liquido, la altura de la columna líquida que equilibrare la presion atmosférica, estaria en razon inversa de su densidad. Para el agua, por ejemplo, esta altura, seria $0^m, 76 \times 13,61$ $10^m, 336$ ó 32 pies próximamente.

3.° La altura barométrica es absolutamente independiente de la forma del tubo y de su diámetro con tal que no sea capilar.

4.° La altura de la columna barométrica debe disminuir á medida que uno se eleva en la atmósfera; puesto que se encuentra libre de todas las capas de aire colocadas debajo de sí.—Estos hechos han sido comprobados por la experiencia, y el último sirve de principio para medir las alturas.

11. **Clases de barómetros.** Se conocen dos clases de barómetros.

1.ª Los de cubeta; 2.ª los de sifon.

12. **Barómetro de cubeta.** El barómetro de cubeta comun consiste en un tubo unido á una tabla que eleva una escala vertical, cuyo cero corresponde al nivel del mercurio en la cubeta: el nivel superior se observa por medio de su vernier. (fig. 11).

UNIVERSIDAD DE HUELVA 2010



13. **Barómetro de Fortin.** (fig. 11 bis). En este barómetro, la cubeta está provista de su fondo móvil de piel de gama, que una cinta puede subir y bajar á voluntad.—La graduacion está trazada en un estuche de cobre que rodea el tubo, y el cero corresponde á la extremidad de una punta de marfil fija que penetra por el cobertizo en la cubeta.—En cada observacion se debe alzar el fondo móvil hasta que el nivel del mercurio envase con la extremidad de la punta marfil.



14. **Barómetro de Sifon.** (fig. 11 tris). El tubo de este barómetro es encorbado y con dos brazos desiguales. El mas corto, que está abierto, hace veces de cubeta. La altura de la columna mercurial que equilibra la presion exterior de la distancia vertical. La altura barométrica se mide por medio de una escala vertical, cuyo cero puede colocarse ya entre ambos niveles, ya debajo del nivel inferior. En el primer caso se hace la suma; en el segundo se halla la diferencia de las dos distancias observadas.

UNIVERSIDAD DE HUELVA

15. **Barómetro de Gay Lussac** (fig. 12 bis). Es un barómetro de sifon, cuyos brazos están reunidos por un tubo capilar. El brazo corto está cerrado, y solo comunica con el aire exterior por un orificio cónico muy estrecho *o*, cuya punta es reentrante. El aparato está encerrado en un estuche metálico provisto de dos hendiduras longitudinales paralelas, destinadas á permitir la vista de los dos niveles. Dos correderas móviles haciendo veces de vernier permiten calcular muy aproximadamente la distancia de los niveles.



16. **Altura media.** La altura media del barómetro en el nivel del mar es de $0^{m},76$. La presion de esta columna de mercurio á la de una columna de agua de $10^{m},336$, lo que da una presion media de $103^{cil.},36$ por cada decímetro cuadrado, ó próximamente un kilógramo por centímetro cuadrado. Calculando la presion que el aire ejerce sobre un hombre de mediana estatura, hallamos que sufre el enorme peso de 1800 kil.

17. **Presiones ejercidas por los gases en virtud de su expansibilidad.** Llámase *tension* ó *fuerza elástica* de un gas la presion que se ejerce igualmente y en todos sentidos al rededor de cada una de sus moléculas, en virtud de su mútua y constante repulsion.

18. En una gran masa gaseosa en equilibrio, como la atmósfera, la *tension* ó *fuerza expansiva* es en cada punto, igual á la presion producida por la pesantez de la columna de aire que está encima, puesto que la sostiene en equilibrio.

19. **Demostracion.** Si sumergimos en el agua un tubo ancho y abierto por ambos lados, el nivel del líquido será igual dentro y fuera del tubo; el nivel subsistirá asi mismo, aunque uno de los extremos del tubo se cierre; lo que prueba que la fuerza elástica del gas interior es igual á la presion de la atmósfera, con la cual estaba antes en comunicacion.

Observacion. Pero si comprimimos el aire interior, ó por el contrario lo dilatamos, cambiará su tension: en el primer caso la tension aumenta y el nivel del líquido interior baja mas que el nivel exterior; en el segundo disminuye y el nivel interior sube mas que el exterior.

21. **Consecuencia.** De lo dicho se deduce que la *fuerza elástica* de un gas es independiente de su peso; pero tiene una relacion importante con el volúmen que se le hace ocupar. Esta relacion es conocida con el nombre de *ley de Boyle*, ó de *Mariotte*.

UNIVERSIDAD DE HUELVA 2010

22. **Ley de Mariotte.** *Los volúmenes ocupados por una masa dada de gas estan en razon inversa de las presiones que sufren.*

23. **Demostracion.** Para demostrar esta ley se emplea un tubo encorvado (fig. 12 *tris*) en forma de sifon. El brazo corto está cerrado y dividido en partes de igual tamaño. El mas largo está abierto y dividido tambien en partes iguales. Se introduce mercurio en el tubo hasta que los niveles de los dos brazos se coloquen en un mismo plano horizontal. Entonces es evidente que el aire contenido en el brazo cerrado posee una fuerza elástica exactamente igual á la presion de la atmósfera. Hecho esto, se derrama mercurio en el brazo largo hasta que el volúmen del aire interior se haya reducido á la mitad. Este aire sufrirá entonces una presion atmosférica mas la presion de la columna de mercurio comprendida entre el nivel superior y la prolongacion horizontal del nivel inferior; pero se ha comprobado que esta altura es exactamente igual á la del mercurio en el barómetro, y por consiguiente que equivale á una presion atmosférica. De que se sigue que cuando la presion que sufre el gas es doble, su volúmen es dos veces menor. Del mismo modo veríamos que con una presion triple, el volúmen se reduciria al tercio, y asi sucesivamente. MM. Arago y Dulong han demostrado por la esperiencia que esta ley es cierta en el aire atmosférico hasta 27 atmósferas.



24. **Consecuencia.** En la esperiencia que precede el peso del gas no varía: luego su densidad varía en razon inversa de su volúmen. Y puesto que el volúmen varía en razon inversa de su presion, resulta: *que la densidad de los gases es proporcional á las presiones que sufren.*

25. **Medida de la elasticidad de los gases.** El medio mas exacto de medir la presion de un gas es hallar la altura de nua columna líquida á que equilibra. Cuando los gases estan muy comprimidos ó se quiere graduar las presiones que ejercen en las calderas de las máquinas de vapor, se emplean unos instrumentos fundados en la ley de Mariotte, llamados *manómetros.*

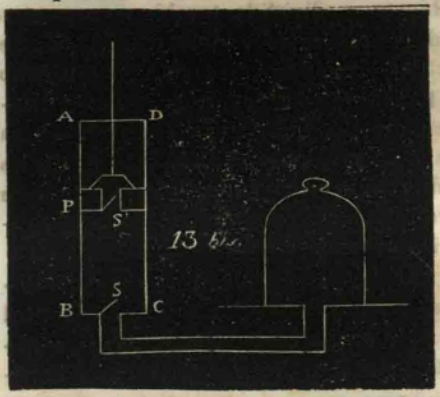
26. **Mezcla de gases.** Los gases puestos en contacto, cuando no tienen entre sí accion química, se mezclan exactamente sea cual fuere la diferencia de su peso específico. Berthollet acreditó este hecho por la esperiencia. Si la mezcla se opera á una temperatura igual y en un vaso de paredes inestensibles, la fuerza elástica de la mezcla será igual á la suma de la uerza elástica de ambos. Si el vaso es de paredes estensibles y la mezcla está sometida á la presion atmosférica, la fuerza elástica es igual á esta

UNIVERSIDAD DE HUELVA 2010

presion ; pero el volúmen de la mezcla es igual á la suma de los volúmenes mezclados.

27. La ley de Mariotte se aplica lo mismo á la mezcla que á los gases simples.

28. **Instrumentos fundados sobre las propiedades del aire. Máquina neumática.** La *máquina neumática* es un instrumento destinado á hacer el vacío en un espacio dado, ó á lo menos á enrarecer mucho el aire que contiene en el recipiente. Ha sido inventada por Otto de Guericke en 1650. Esta máquina considerada en su mayor estado de sencillez, se compone (fig. 13): 1.° de un cilindro ABCD de cristal ó metal llamado *cuerpo de bomba;* 2.° de un *piston* P ; 3.° de un tubo de aspiracion colocado á la extremidad inferior del cuerpo de bomba, cuyo tubo viene á abrirse al centro de un platillo horizontal que se llama *platino* de la máquina, y sobre el cual se colocan los vasos ó recipientes, que son generalmente unas campanas de cristal; y 4.° dos bálbulas que completan el mecanismo de la máquina, colocadas la una en el mismo piston, y la otra en el punto de union del cuerpo de bomba con el tubo de aspiracion.



29. **Juego de la máquina.** Supongamos desde luego que el piston está colocado en el fondo horizontal del cuerpo de bomba, y que levantamos el piston; formaremos debajo de él un vacío: la bálbula del piston permanecerá cerrada á causa de la epresion del aire esterior: la bálbula del tubo de aspiracion, privada de la presion del aire, se abre por la fuerza elástica del aire contenido en el tubo de aspiracion y en el recipiente. Este aire, esparciéndose uniformemente en todo el espacio que se le ofrece, aumenta por consiguiente de volúmen y disminuye de densidad. En este estado de cosas, la bálbula del recipiente se cierra por su propio peso. Si entonces bajamos el piston, el aire comprimido levanta la bálbula del piston y se lanza en la atmósfera. Si ahora volvemos á levantar el piston, produciremos una serie de fenómenos iguales, que reproduciremos á voluntad por el mismo medio.

30. **Ley de la rarefaccion del aire.** Admitiendo que el cuerpo de bomba tenga igual capacidad que el tubo de aspiracion y el recipiente de la máquina, es evidente que al primer juego de la máquina la cantidad del aire interior, que era 1 se habrá convertido en $^1/_2$, al segundo juego ó embolada en $^1/_4$, al tercero á $^1/_8$, al cuarto á $^1/_{16}$ etc.; por manera que las restas sucesivas y las cantidades de aire sustraidas formarán una progresion geo-

UNIVERSIDAD DE HUELVA 2010

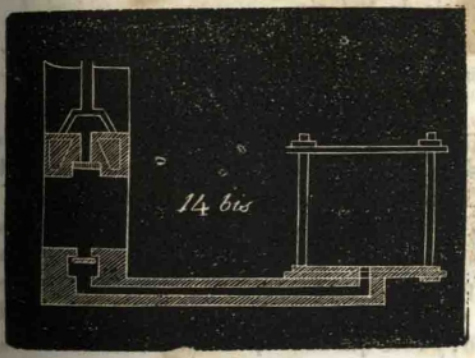
métrica decreciente á lo infinito. De que se deduce que con la máquina neumática, por muy perfecta que sea, jamás puede obtenerse un vacío perfecto.



31. **Perfecciones sucesivas de la máquina neumática.** En la máquina neumática se han hecho varias mejoras; pero la principal fue la de sustituir al cuerpo de bomba, dos que se mueven alternativamente por medio de una rueda dentada: el vacío se opera con mayor rapidez. El tubo de aspiracion, que comunica con el recipiente, se bifurca cerca de los dos cuerpos de bomba, y se termina en cada uno de ellos por una abertura única, destinada á recibir la bálbula correspondiente (fig. 13 *bis*). A la máquina se añade un pequeño barómetro de sifon, llamado *proveta*, que indica el grado de rarefaccion.

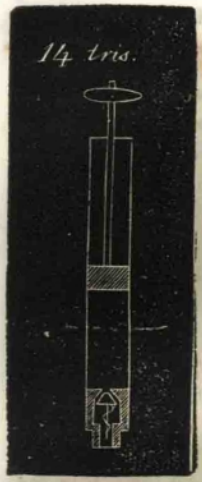
32. **Esperiencias.—Hemisferios de Magdebourg.** Entre las varias esperiencias que pueden hacerse con la máquina neumática, citaremos algunas que prueban la presion que ejerce el aire atmosférico. Otro de Guericke hizo con su máquina la esperiencia en los hemisferios de Magdebourg. Consisten en dos hemisferios de metal huecos que pueden sobreponerse exactamente (fig. 13 *bis a*). Mientras que estan llenos de aire se separan fácilmente; pero luego que se hace el vacío por medio de la máquina, se adhieren con tal fuerza que dos hombres, tirando en sentido contrario, no pueden separarlos.



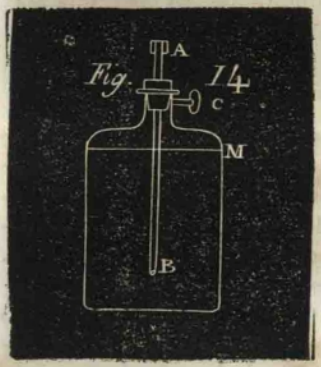


33. **Máquina de compresion.** La máquina de compresion es enteramente semejante á la máquina neumática, con la única diferencia que las bálbulas del piston y del cuerpo de bomba se abren de arriba abajo en lugar de abrirse de abajo arriba, por cuyo medio se va comprimiendo el aire en el recipiente fig. 14 *bis*).

UNIVERSIDAD DE HUELVA 2010



34. **Bombas impelentes.** El piston de estas bombas (fig. 14 *tris*) no tiene bálbula: en lo alto de la pared lateral del cuerpo de bomba, hay un orificio colocado algo mas abajo del límite hasta donde puede correr el piston. Cuando se levanta el piston se forma debajo un vacío, que se llena tan luego como el piston sube mas arriba del orificio: al bajar el piston, el aire interior se comprime, abre la bálbula inferior y pasa al recipiente.



35. **Fuente de compresion.** Por medio de una bomba impelente se comprime fuertemente el aire en una basija llena de agua próximamente hasta las tres cuartas partes de su altura, y provista de un tubo que se sumerge en el agua y que se abre al esterior, por un orificio capilar: en el momento que se abre este tubo, el agua salta con violencia y forma un surtidor tanto mas alto cuanto mayor sea la compresion.

36. **Escopeta de viento.** En esta escopeta, la culata hace veces de recipiente: está provista de una bálbula que se abre hácia dentro. Una bomba impelente sirve para comprimir el aire de la culata. Despues de cargada la bomba se sustituye por una especie de batería.

37. **Aerostatacion.—Estension del principio de Arquímedes.** Este principio es tan verdadero para los gases como para los líquidos. Examinemos sus consecuencias.

38. **Consecuencias.**—1.ª Cuando se pesa un cuerpo en el aire, no obtenemos el peso real, sino el esceso del peso del cuerpo sobre el peso del volúmen del aire que desaloja. El *baroscopo* comprueba esta verdad.

2.ª Cuando un cuerpo se halla sumergido en el aire, pueden suceder tres cosas: 1.ª que el cuerpo pese mas que el aire que desaloje. Entonces cae con una fuerza igual al esceso de su peso sobre la impulsion del flúido: 2.ª que el cuerpo pese tanto como el aire que desaloje. Entonces la impulsion del flúido equilibra el peso del cuerpo, y este queda suspendido en la atmósfera,

UNIVERSIDAD DE HUELVA 2010

y 3.ª que el cuerpo pese menos que el volúmen del aire desalojado. En este caso el cuerpo se eleva y su fuerza ascensional tiene por medida el esceso del peso del aire desalojado sobre el del cuerpo.

39. **Globos aerostáticos.** En esta última consecuencia está fundada a teoría de los *globos aerostáticos*, que siendo mas ligeros que el aire que desalojan, se elevan en la atmósfera. Los globos se componen generalmente de una cubierta de papel, y mejor de tafetan engomado, que presentan despues de hinchados una forma esferoidal: el hemisferio superior está recubierto de una red de cuerdas destinadas á sostener la barquilla que lleva el aeronauta, el lastre y los instrumentos de observacion. El globo debe llenarse con un gas mas ligero que el aire.

40. **Mongolfieras.** Los primeros globos fueron inventados por Montgolfier, por lo cual se llamaron *montgolfieras*, los cuales se llenaban con aire caliente.

41. **Globos de gas hidrógeno.** Se ha sustituido con ventajas al aire caliente el gas hidrógeno, cuerpo el mas ligero que se conoce, pues pesa catorce veces menos que el aire próximamente. En este caso el globo tiene en su parte superior una bálbula que el aeronauta puede abrir para disminuir la fuerza ascensional. Cuando por el contrario quiere aumentarla, aligera el lastre, que consiste en sacos de arena. Una especie de paraguas, llamado *paracaidas*, completa todo el aparato aerostático.

41. **Viajes aerostáticos.** El mas célebre de estos viajes fue el que hizo M. Gay Lussac en 1804, elevándose hasta 7,000 metros. En esta altura el barómetro bajó de 76cent.,52 á 32 cent.,88; el termómetro que en el momento de la subida marcaba 30°, bajo á 10° bajo cero; y la sequedad del aire era tal, que todas las sustancias higrométricas, como el papel y el pergamino, perdian su humedad, se arrugaban y ponian como si se hubiesen aplicado al fuego.

§. IX. *Hidrodinámica.*

1. Qué es hidrodinámica?—2. Salida de los líquidos: cuál es el teorema de Toricelli?—3. Cómo se demuestra este teorema?—4. En qué consiste la contraccion de la vena flúida?—5. Descripcion de la vena líquida.—6. Qué consecuencias se deducen del teorema de Toricelli?—7. En qué consiste el vaso de Mariotte?—8. En qué consiste la fuente de Héron?—9. Qué es un sifon?—10. Qué es un sifon intermitente?—11. En qué consiste una fuente intermitente?—12. Qué son las bombas? cuántas clases hay de bombas?—13. Qué es la bomba aspirante?—14. En qué consiste el juego de la bomba?—15. Cuál debe ser la altura del piston sobre el pozo?—16. Qué es una bomba aspirante é impelente?—17. Qué es una bomba impelente y en qué se emplea?

1. **La hidrodinámica** es la parte de la mecánica que trata del movimiento de los flúidos. Solo examinaremos rápidamente un solo caso particular del movimiento de los líquidos.

2. **Salida de los líquidos.** Supondremos que un líquido

UNIVERSIDAD DE HUELVA 2010

contenido en una *vasija* que se mantiene *constantemente llena* sale por un *orificio circular* y de poco grueso.

Teorema de Toricelli. En este caso la velocidad de que estan animadas sus moléculas á su salida del orificio es igual á la que hubiera adquirido un cuerpo pesado bajando en descenso libre desde el nivel del líquido al orificio de salida. Tal es el *teorema de Toricelli.*

3. **Demostracion.** Para demostrar este teorema puede añadirse al orificio un tubo encorvado hácia arriba, y se ve entonces que el líquido se lanza próximamente á la altura del nivel. Ahora bien: la velocidad inicial de una molécula lanzada verticalmente es igual á la velocidad que adquiriria volviendo á caer.

Sin embargo, calculando la cantidad de agua que corre en un tiempo dado, y la que deberia salir por la velocidad indicada en el principio sentado, se ve que la salida efectiva es solo los 0,6 ó 0,7 de la salida obtenida por la teoría. Esta diferencia no la destruye, puesto que es efecto de la *contraccion de la vena flúida.*

4. **Contraccion de la vena flúida.** Si consideramos una *vena* líquida, horizontal ó vertical, y la seguimos desde el momento en que sale del orificio hasta que comienza á separarse en gotas, veremos que á su salida su diámetro es exactamente igual al diámetro del orificio; pero luego va contrayéndose poco á poco, de manera que á una distancia igual al diámetro del orificio su seccion con su plano perpendicular á su eje no es mas que los $^{2}/_{3}$ de una seccion igual en el orificio. La causa de esta contraccion es la convergencia de los hilos líquidos que componen la vena.

5. **Descripcion de la vena líquida.** Su primera parte es siempre llena, continua, clara y semejante á una barra del mas puro cristal; mas luego se vuelve opaca, y se divide por efecto de la resistencia del aire y de la aceleracion de la velocidad que toman las moléculas entre sí.

6. **Consecuencias del teorema de Toricelli.** 1.ª La velocidad de la salida y corrida de un líquido solo depende de su altura y cantidad sobre un orificio, y de ningun modo de la naturaleza del líquido, puesto que los cuerpos, cayendo de la misma altura con el vacío, adquieren la misma velocidad. Por consiguiente, un vaso tardará igual tiempo en vaciarse, ya esté lleno de agua, ya de mercurio.

UNIVERSIDAD DE HUELVA 2010

2.ª Las velocidades de la corrida de los líquidos en cantidad y alturas distintas son proporcionales á la raiz cuadrada de sus alturas sobre el orificio. Una salida constante supone, pues, un nivel constante.

7. **Vaso de Mariotte.** Está destinado á obtener un nivel constante. Consiste en un vaso con dos orificios A y B: el primero cerrado herméticamente por un tapon atravesado por un tubo abierto por ambos lados y metido en el líquido de que está lleno el vaso. Cuando el aparato se halla en la posicion en que se ve dibujado en la fig. 15, el líquido sale por el orificio B como si cayera de una altura CD. Se ve, pues, que es suficiente introducir mas ó menos el tubo en el líquido para hacer variar la velocidad de la salida que permanece constante hasta que el nivel KK haya bajado á C.

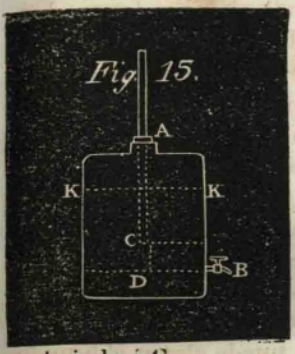


Fig. 15.

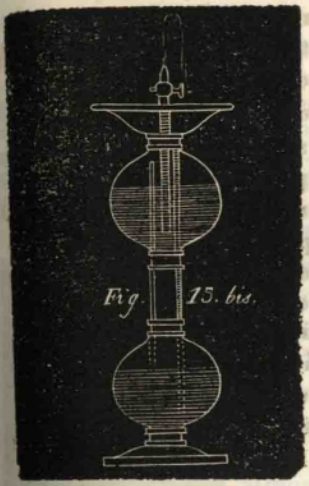


Fig. 15. bis.

8. **Fuente de Héron.** Es un aparato ingenioso destinado á hacer subir el líquido sobre su nivel exterior por medio de la elasticidad de una columna de aire comprimido. La figura 15 *bis* manifiesta la disposicion que generalmente se da á este aparato.

M. Girad ha inventado unas lámparas llamadas *hidrostáticas* en las cuales el aceite sube á la mecha por medio de una fuerza ascencional constante, que consiste en una ingeniosa modificacion de la *fuente de Héron*.

9. **Sifones.** El *sifon* es un instrumento destinado á trasvasar los líquidos. Consiste en un tubo corvo de cristal ó metal con dos brazos desiguales. Veamos su mecanismo:

UNIVERSIDAD DE HUELVA 2010

Supongamos (**fig. 15 *tris***) un líquido que deseamos trasvasar del vaso superior **A** al inferior **B** por medio de un sifon. La primera operacion será aspirar el aire por el brazo largo, formar dentro del tubo el vacío, y el líquido de la vasija **A** impelido por la presion atmosférica subirá hasta **N**, donde bajará en virtud de su propio peso por el brazo largo á la vasija inferior **B**. Es necesario que el brazo corto del sifon tenga menos altura que la columna á que la presion atmosférica puede elevar el líquido, segun su densidad; por manera que si el líquido es agua, la altura vertical debe ser menor que 32 pies, y siendo mercurio, que 76 centímetros ó 32 pulgadas. La figura está dispuesta para demostrar matemáticamente el mecanismo del sifon. En efecto, sea **P** la presion atmosférica ejercida en el punto **M**: *h* la presion ejercida en sentido contrario por la columna líquida. **MNP** la presion atmosférica que hace subir de nuevo el líquido en el punto **L** y **H** la presion de la columna líquida **L N**, que obra en sentido contrario. De que se deduce que el líquido tenderá á pasar de **A** á **B** con una fuerza **P—h**; y del **B** á **A** con una fuerza **P—H**. Por consiguiente, podrán suceder tres cosas, á saber: $H > h$, $H = h$ ó $H < h$. En el primer caso el líquido se trasladará de **A** á **B**; en el segundo quedará en equilibrio, y en el tercero retrocederá de **B** á **A**.

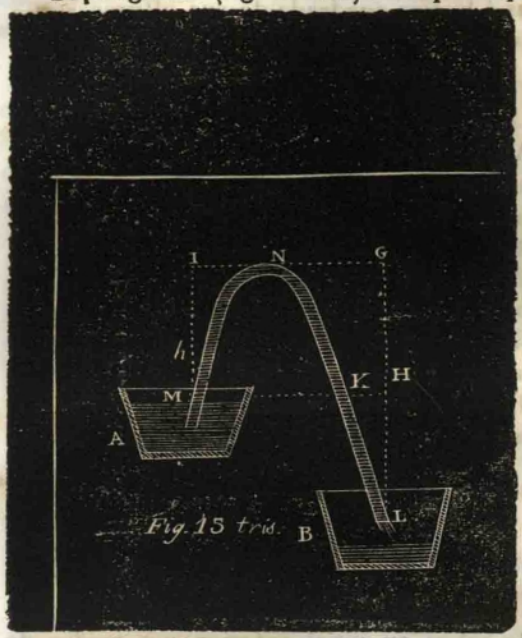


Fig. 15 tris.

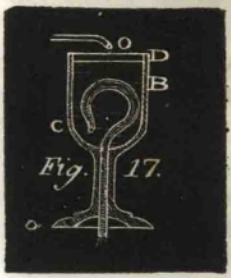
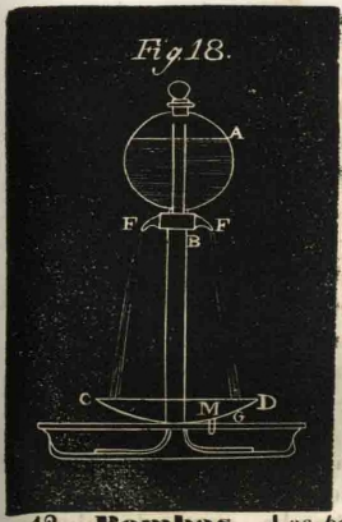


Fig. 17.

10. **Sifon intermitente.** La figura 17 manifiesta uno de esta especie. Su mecanismo es igual al de la

UNIVERSIDAD DE HUELVA 2010

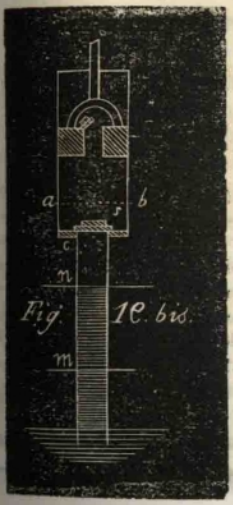


11. **Fuente intermitente.** Llámase así un aparato compuesto de un vasija A (fig. 18) con varios orificios pequeños, cuya vasija se halla sostenida por el punto B con un tubo soldado al platillo CD. Por B entra el aire destinado á reemplazar el agua que sale por D. Si se coloca el agua en CD permitiéndole salir por una aberturita G; si ademas el tubo B tiene en M un orificio, es claro que mientras haya agua en CD, la entrada del aire en el vaso A es imposible. La salida por las aberturas F se detiene luego que el agua corre por G: el aire puede entrar por M y venir á reemplazar el agua que sale por F. Esta misma teoría esplica las *fuentes intermitentes naturales.*

12. **Bombas.** Las *bombas* son unos aparatos destinados á elevar el agua. Se conocen tres especies principales, á saber: *bomba aspirante, bomba impelente, bomba aspirante é impelente.*

13. **Bomba aspirante.** Se compone de cuatro partes: 1.ª un gran cilindro llamado cuerpo de bomba; 2.ª un tubo de aspiracion sumergido en el agua del pozo; 3.ª un piston ó émbolo, y 4.º dos bálbulas que se abren hácia arriba. El espacio que media entre la parte mas inferior á que puede bajar el piston y el cuerpo de bomba se llama *espacio perjudicial.*

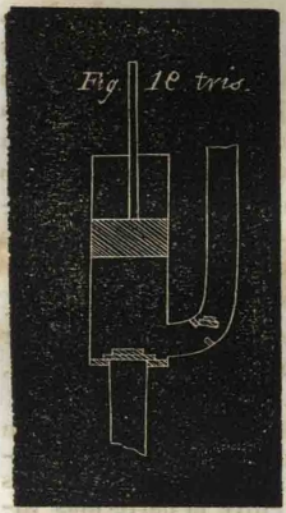
14. **Juego de la bomba.** Supongamos (fig. 19 *bis*) que alzamos el piston partiendo del límite inferior *a b*: el aire contenido en el *espacio perjudicial acb* se dilata, y la bálbula *s* se abre por el esceso de tension del aire contenido en el tubo de aspiracion, y la presion atmosférica hará subir el agua en el tubo de aspiracion hasta que la elasticidad del aire interior y el peso del agua elevada equilibre la presion atmosférica. Si luego bajamos el piston, el aire comprimido abre la bálbula superior y se incorpora á la atmósfera; y alzando de nuevo el piston se reproducen los mismos fenómenos, y el agua que se habia ya elevado hasta *m* sube hasta *n*, y asi sucesivamente hasta que penetra en el cuerpo de bomba y llena enteramente el *espacio perjudicial.* Entonces si se baja el piston, el aire que queda debajo de él es espulsado enteramente, y el agua pasa sobre el



UNIVERSIDAD DE HUELVA 2010

piston; por manera que cuando en lo sucesivo se levante este, el agua subirá con él impelida por la presion del aire esterior, elevando en cada ascension un volúmen igual al espacio que recorra.

15. **Altura del piston sobre el pozo.** No puede esceder de 32 pies ó de 10m, 336, porque es la mayor elevacion á que la presion atmosférica puede hacer subir el agua en el vacío.



16. **Bomba aspirante é impelente.** En esta bomba el piston no tiene bálbula. La parte inferior del cuerpo de bomba comunica con un tubo lateral, llamado *tubo de ascencion*. Una bálbula que se abre de dentro afuera establece ó intercepta la comunicacion entre el tubo de ascencion y el cuerpo de bomba. La teoría es la misma que la de la bomba aspirante, solo que luego que el agua llega al cuerpo de bomba, en vez de subir sobre el piston, este la impele de continuo al tubo de ascencion (fig. 19 *tris*).

17. **Bomba impelente.** Es idéntica á la que acabamos de describir, solo que carece del tubo de aspiracion; y el cuerpo de bomba se sumerge directamente en el depósito de agua. Asi son las bombas de los incendios.

SECCION SEGUNDA.—ACCIONES MOLECULARES.

§. I. *Adhesion.—Capilaridad.*

1. Qué es atraccion? Qué nombres toma la atracion?—2. Qué se entiende por esfera de actividad en las acciones moleculares?—3. Cómo se subdivide la atraccion molecular?—4. Qué es cohesion?—5. Qué es afinidad?—6. Cómo se comprueba la adhesion de los cuerpos sólidos entre sí?—7. Y la de los líquidos?—8. Y la de los gases?—9. Qué es capilaridad y sus principales hechos?—10. Cuáles son las leyes de los fenómenos capilares?—11. Cuál es la causa de estos fenómenos?—12. Cómo se demuestra?—13. Cuáles son los fenómenos de movimiento que se esplican por la capilaridad?—14. Cuál es el origen de las atracciones y repulsiones de los cuerpos flotantes?—15. Cómo se demuestra?—16. Qué hechos se esplican fácilmente por la capilaridad?

1. **Atraccion.** Todos los cuerpos de la naturaleza tienden á lanzarse unos hácia los otros en virtud de una fuerza universal, des-

UNIVERSIDAD DE HUELVA 2010

conocida en su esencia, y á la cual Newton ha llamado *atraccion*. Esta fuerza toma los nombres de

Gravitacion, cuando se ejerce entre las masas planetarias; de

Pesantez ó *gravedad*, cuando se ejerce entre las masas del globo terrestre y de los cuerpos colocados en su superficie; de

Atraccion molecular, cuando obra entre los elementos materiales de los cuerpos á distancias insensibles.

2. **Acciones moleculares. — Esfera de actividad de las moléculas.** Cada molécula de un cuerpo ejerce sobre las moléculas que la rodean una accion que solo se estiende hasta una distancia infinitamente pequeña. Si al rededor de esta molécula, como centro, describimos una esfera con un radio igual á la distancia, maximum á que se deja sentir la atraccion molecular, tendremos lo que se llama *esfera de actividad* de las moléculas.

3. La *atraccion molecular* se subdivide en *cohesion*, *afinidad* y *adhesion*.

4. **Cohesion.** La *cohesion* es la adherencia que se ejerce entre las partes homogéneas, simples ó compuestas, de un cuerpo, y que se opone á su separacion.

5. **Afinidad.** La *afinidad* es la atraccion que se ejerce entre las moléculas heterogéneas de un cuerpo compuesto.

6. **Adhesion.** La *adhesion* es la atraccion que se ejerce entre dos cuerpos separados, homogéneos ó heterogéneos, que se ponen en contacto.

7. **Adhesion de los cuerpos sólidos entre sí.** Muchos ejemplos podrian citarse. Dos balas de plomo recien cortadas y colocadas la una sobre la otra adhieren fuertemente. Dos discos de cristal bien lisos adquieren igual adherencia. En las fábricas de cristales los que se colocan unos sobre otros adhieren tan fuertemente, que muchas veces no pueden separarse sin romperse. Estas esperiencias hechas en el vacío dan los mismos resultados, de que se deduce que no son efecto de la presion atmosférica.

7. **Adhesion de los sólidos con los líquidos.** Si suspendemos al platillo de la balanza hidrostática un disco de cristal, y hacemos que su superficie toque á un líquido, veremos que se establece entre el líquido y el cristal una adherencia que solo puede vencerse poniendo en el platillo opuesto de la balanza un peso bastante notable.

8. **Adhesion de los gases con los sólidos.** Basta para hacer visible esta propiedad conocer la que tienen muchos cuerpos porosos, como el carbon, de absorber los gases.

9. **Capilaridad.** La *adhesion* de los cuerpos sólidos con los lí-

UNIVERSIDAD DE HUELVA 2010

quidos en contacto da orígen á una serie de fenómenos particulares, llamados *capilares*. Tales son los hechos siguientes:

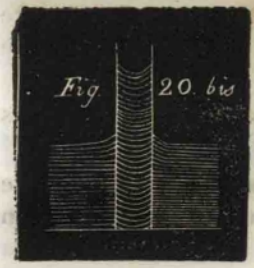
1.° Si introducimos una barrita de cristal en el agua, al retirarla queda suspendida á ella una gota de agua redondeada. Es efecto de la atraccion del cristal con la primera capa líquida y de esta con las demas.

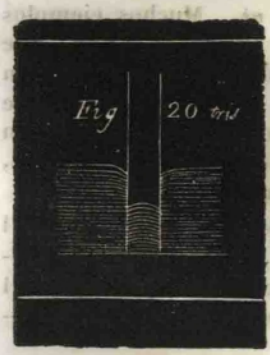
2.° Introduciendo en un líquido un cuerpo susceptible de ser mojado por él (una lámina de cristal en el agua) se nota que el líquido se eleva al rededor de la superficie esterior del cuerpo, formando una especie de anillo cóncavo.

3.° Si por el contrario, el cuerpo no es susceptible de ser mojado por el líquido (cristal y mercurio), el líquido se deprime al rededor del cuerpo.

Observacion. Los fenómenos capilares toman un carácter mas notable cuando se observan en tubos estrechos. Las primeras observaciones se hicieron en tubos tan estrechos, cuyo diámetro era poco mas que el de un cabello, y de aqui el nombre de *fenómenos capilares* con que se conocen.

4.° Si sumergimos un tubo ancho de cristal en una masa de agua, el nivel de este líquido estará en un mismo plano horizontal, asi fuera como dentro del tubo; pero si estrechamos progresivamente este, notaremos: 1.° que la parte plana de la superficie interior disminuirá poco á poco hasta desaparecer enteramente; 2.° que el nivel interior va subiendo mas y mas con la disminucion del diámetro del tubo, y 3.° que el líquido interior toma en su superficie la forma de un segmento hemisférico cóncavo, llamado *menisco cóncavo* (fig. 20 *bis*).





5.° Si por el contrario se introduce el tubo en un líquido que no le moje, como el mercurio, los fenómenos tienen lugar en un órden inverso. El mercurio se deprimirá en lo interior del tubo, y su superficie presentará un segmento esférico convexo, llamado *menisco convexo* (fig. 20 *tris*). Dos láminas de cristal planas y paralelas sumergidas en el agua ó en el mercurio, cuando se aproximan lo bastante, dan orígen á los mismos fenómenos: sin embargo, la ascension ó depresion del líquido entre las dos láminas solo es igual á la mitad de lo que seria en un tubo de igual diámetro.

10. **Leyes de los fenómenos capilares.** — 1.ª Los fenómenos capilares tienen tambien lugar en el vacio.

2.ª La elevacion y depresion de un líquido en un espacio capilar es independiente de la densidad del cuerpo en que está con contacto.

3.ª Si mojamos un tubo de un diámetro constante, sea cual fuere la na-

UNIVERSIDAD DE HUELVA 2010

turaleza del cuerpo que le forme, los líquidos de una misma naturaleza se elevan siempre igualmente.

4.ª Las alturas de las columnas líquidas elevadas ó deprimidas estan en razon inversa de los diámetros de los tubos. La esperiencia comprueba estas leyes.

11. Causa de los fenómenos capilares. La ascension y la depresion de un líquido en un espacio capilar depende de la forma de su curvatura, la cual depende á su vez de la relacion que existe entre la atraccion de las moléculas del tubo con el líquido y de la de estas entre sí.

12. Demostracion. Tómese el tubo de cristal ABCD *(fig. 21 bis)* llénese de agua el brazo pequeño hasta que la superficie cóncava de este líquido envase el borde D del tubo. El brazo mayor contendrá agua hasta la misma altura. Derrámese mas líquido por este brazo hasta que la superficie de D sea plana. Entonces el nivel del líquido en el brazo mayor subirá una cierta cantidad *mn*. Si añadimos todavía mas agua hasta que este líquido termine en D en una superficie convexa, cuya curva sea igual á la superficie cóncava primitiva, y el nivel se elevará á una cantidad *mp*, doble de *mn*. Lo que demuestra la teoría sentada.





13. Fenómenos de movimientos producidos por la capilaridad. Una gota de agua colocada entre dos láminas inclinadas de cristal forman en cada uno de sus estremos un *menisco cóncavo* y corre hácia el vertical del ángulo que forman las láminas (fig. 42).

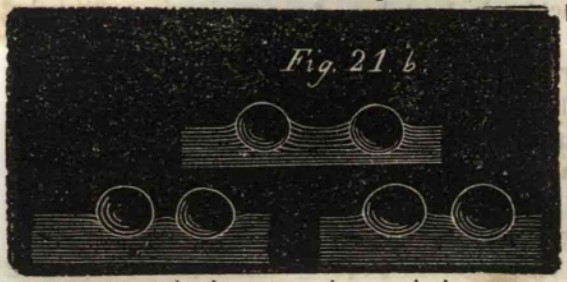
Si el líquido no moja las láminas el memisco será convexo y el líquido huirá el vértice del ángulo (fig. 42).

14. Atracciones y repulsiones. Las atracciones y repul-

UNIVERSIDAD DE HUELVA 2010

siones que esperimentan los cuerpos flotantes tienen su orígen en los fenómenos capilares.

15. **Demostracion.** Colóquense dos cuerpos esféricos (fig. 21 *bis*) en la superficie de un líquido, y observaremos los fenómenos siguientes: 1.° Si ambos cuerpos flotantes son mojados por el líquido, se atraerán fuertemente á la distancia capilar. 2.° Si el líquido no les moja se atraerán tambien á la distancia capilar. 3.° Y finalmente, si uno de los cuerpos flotantes es mojado y el otro no, habrá entre ambos una viva repulsion. En el primer caso, la superficie del líquido á la distancia capilar entre las dos esferas será cóncava; en el segundo convexa, y en el tercero, parte cóncava y parte convexa.



16. **Aplicaciones.** Se esplican fácilmente por los fenómenos capilares los hechos siguientes. Las ahujas de acero que flotan en el agua, á pesar del esceso de su peso específico. Los insectos flotantes. La imbibicion de las esponjas de la leña, del azúcar y de un poco de arena, cuyas bases toquen en un líquido. El movimiento de la savia en los vegetales. La ascencion del aceite en la mecha de una lámpara, etc.

SECCION TERCERA.—ACÚSTICA.

§. I. *Acústica.—Produccion y propagacion de los sonidos.*

1. Qué es acústica?—2. Qué es el sonido considerado con relacion al órgano que le percibe?—3. Qué es el sonido considerado ya en el cuerpo que le produce, ya en el que le trasmite?—4. Probar la primera parte de la definicion anterior.—5. Qué consecuencia se deduce de esta prueba?—6. Cuál es el límite del sonido?—7. En qué se diferencia el sonido musical del ruido?—8. Qué se entiende por intensidad y timbre del sonido?—9. Cómo se propaga el sonido?—10. Se trasmite el sonido en el vacío?—11. Se trasmite en los gases y los vapores?—12. Cuál es propiamente el vehículo del sonido?—13. Se trasmite en los líquidos?—14. Y en los sólidos?—15. Qué otros hechos ha confirmado la esperiencia?—16. Qué hay que observar respecto á la propagacion del sonido en un medio cilíndrico y en un espacio sin límites?—17. Todos los sonidos graves ó agudos se propagan con la misma velocidad en el mismo medio?—18. Cómo se mide la velocidad del sonido?—19. Qué es la reflexion del sonido?—20. Cuáles son las leyes de la reflexion del sonido?—21. Qué se entiende por resonancia y eco?—22. Qué son ecos simples y múltiplos y de qué son efecto estos?

1. La *acústica* tiene por objeto estudiar la produccion y propagacion de los sonidos, y las leyes de las vibraciones de los cuerpos sonoros.

2. El *sonido*, considerado con relacion al órgano que le percibe, es

UNIVERSIDAD DE HUELVA 2010

una sensacion excitada en nosotros por una cierta modificacion en la materia ponderable.

3. El *sonido*, considerado ya en el cuerpo que le produce, ya en el cuerpo que le trasmite, es el resultado de un movimiento vibratorio impreso á la materia ponderable.—Vamos á demostrar sucesivamente las dos partes de esta definicion.

4. **Produccion del sonido.** 1.° *El sonido es el resultado de un mo imiento vibratorio en el cuerpo que le produce.*

Demostracion. Si fijamos en un torno una larga lámina de acero, y la abandonamos á sí misma despues de separarla de su posicion de equilibrio, comenzará á oscilar tan lentamente, que la vista podrá contar sus oscilaciones, aunque el oido no percibirá ningun sonido; pero disminuyendo la longitud de la parte vibrante, haremos sus oscilaciones cada vez mas rápidas, de manera que la vista dejará de percibirlas, cuando el oido distinguirá un sonido distinto que, en un principio grave, se irá haciendo mas agudo á medida que la lámina vibrante se haga mas corta y las vibraciones mas rápidas.

5. **Consecuencia.** Dedúcese, pues, que un *sonido* es tanto mas *agudo* cuanto mas rápidas sean las vibraciones del cuerpo sonoro que le produce, y tanto mas *grave* cuanto mas lentas sean aquellas.

6. **Límites de los sonidos.** Las esperiencias de M. Savart han demostrado que el sonido mas grave que nuestros órganos pueden percibir es el de 16 vibraciones y el mas agudo el de 48,000.

7. **Sonido musical.—Ruido.** El primero exige que las vibraciones sean no solo rápidas, sino continuas, isocronas, y que vengan á afectar nuestro órgano en intervalos iguales y periódicos. El *ruido* no necesita ninguna de estas condiciones.

8. **Intensidad y timbre.** Dos *sonidos musicales* correspondientes á un mismo número de vibraciones por segundo se llaman *unísonos*; pero pueden aun distinguirse por dos calidades nuevas, la *intensidad* y el *timbre*. Un no sé qué indefinible que diferencia entre sí los sonidos unísonos constituye su *timbre*.

La *intensidad* ó fuerza del sonido parece depende del tamaño de las vibraciones.

9. **Propagacion del sonido.** 2.° *El sonido es el resultado de un movimie to vibratorio en el cuerpo que le trasmite.*

Demostracion. Si un observador se coloca á la cabeza de una hilera de soldados, colocados en una misma línea á ciento cincuenta ó doscientos pasos unos de otros, y que á una señal dada descargan todos simultáneamente sus fusiles, percibirá, no una sola detonacion, sino en intervalos iguales, primero la detonacion del fusil mas próximo, luego la del segundo, luego la del tercero, etc. De que se deduce que el sonido se propaga sucesiva é uniformemente al rededor del centro de comocion en que tuvo orígen, y que el *movimiento* es el carácter esencial de su trasmision.

UNIVERSIDAD DE HUELVA 2010

10. Dedúcese de aqui que el *sonido no puede trasmitirse en el vacío.* Y en efecto, si se hace sonar una campanilla despues de hecho el vacío con la máquina neumática, ningun sonido se percibe; que va apareciendo por grados á medida que se devuelve el aire al recipiente.

11. La esperiencia prueba igualmente que el sonido se trasmite tambien en los gases y en los vapores.

12. Aunque el aire es el vehículo del sonido, se propaga tambien en los *líquidos* y en los *sólidos.*

13. **En los líquidos.** Choquénse dos piedras en lo interior de un estanque, y el ruido se percibirá.

14. **En los sólidos.** Si dos personas se colocan á las estremidades de una larga viga, y la una rasca en ella con un alfiler, la otra oirá este ligero ruido con tal que tenga el oido aplicado al otro estremo del madero. Sustituyendo á la viga un largo cilindro metálico podrá sostenerse una conversacion entre dos personas á una voz casi imperceptible. Un golpe de martillo el otro observador percibirá dos: el primero con mas rapidez le será trasmitido por el metal; el segundo, con mas lentitud por el aire.

15. Finalmente, diremos que en virtud de nuevas esperiencias se ha comprobado:

1.° *El sonido se propaga en un medio elástico por una serie de ondas alternativamente condensadas y dilatadas.*

2.° *La longitud de una onda sonora es igual al espacio que recorre el sonido durante una vibracion del cuerpo que le produce.*

16. **Observacion.** Estas dos propiedades del sonido existen considerando la propagacion del sonido en un medio cilíndrico; pero considerando la trasmision del sonido en un espacio indefinido en todos sentidos, concluiremos que debe propagarse al rededor del centro de comocion por una serie de ondas condensadas y dilatadas, que en vez de desarrollarse en una direccion misma, se estenderán esféricamente al rededor del punto puesto en vibracion.

Cuando el sonido se propaga en el aire libre, la masa que hay que mover, haciéndose cada vez mayor, la velocidad impresa se debilita gradualmente, y la intensidad del sonido decrece con la distancia. Pero cuando la masa de aire que sirve de vehículo al sonido es cilíndrica, las ondas sonoras conservan siempre una misma estension, distancias y velocidades iguales; lo que M. Beot comprobó en los tubos de los acueductos de París sobre una columna de aire cilíndrica de 951^{m} de longitud. Las palabras pronunciadas en voz baja á uno de sus estremos se oian clara y distintamente en el otro estremo.

17. **Velocidad de la propagacion del sonido.** *Todos los sonidos graves ó agudos se propagan con la misma velocidad en un mismo medio.*

Demostracion. En efecto, es evidente que una frase musical está su-

UNIVERSIDAD DE HUELVA 2010

jeta á cierta medida que arregla exactamente el intervalo de los sonidos sucesivos. Si alguno de estos se propagara con mayor rapidez que los demas, á cierta distancia, la medida se destruiria y la melodía se alteraria horriblemente: sin embargo, sabemos que en un concierto esto no sucede nunca, luego es claro que los sonidos deben propagarse con una velocidad igual.

18. **Medida de la velocidad del sonido.** Siendo la velocidad de la luz, como luego veremos, de 80000 por segundo, el instante en que se percibirá por un observador á una distancia corta un fenómeno luminoso será en el instante mismo en que aparezca. Por consiguiente, contando en un tiro de cañon el intervalo trascurrido entre la aparicion de la luz y la audicion del ruido, tendremos rigurosamente el tiempo empleado por el sonido para llegar del paraje de la detonacion al oido del observador. Midiendo pues esta distancia, dividiéndola por el número de segundos, tendremos el espacio recorrido por el sonido en un segnndo, y por consiguiente su velocidad. Las esperiencias hechas con este objeto dieron por resultado:

1.° *Que en un mismo medio, y á una misma temperatura, el sonido se propaga uniformemente.*

2.° *Que la velocidad del sonido aumenta cuando la temperatura sube.*

3.° *Que á la temperatura de* 10.° *centígrados el sonido recorre uniformemente* 337 *metros por segundo.*

Velocidad del sonido en los líquidos. Es de 1435.m por segundo, segun las esperiencias de MM. *Sturm* y *Colladon.*

Velocidad del sonido en los sólidos. Es mayor que en los líquidos, segun lo demuestran algunas condiciones teóricas.

19. **Reflexion del sonido.** Cuando los rayos sonoros hallan un obstáculo, son *reflejados* en virtud de una ley general que se aplica á todos los movimientos de los cuerpos elásticos.

20. **Leyes de la reflexion del sonido.** 1.ª En un mismo plano el rayo incidente y el rayo reflejado son siempre perpendiculares á la superficie reflejante.

2.ª El ángulo de reflexion es siempre igual al ángulo de incidencia.

21. **Resonancias y ecos.** La reflexion del sonido da lugar á dos efectos: las *resonancias* y los *ecos.*

Es fácil convencerse que es imposible pronunciar 10 sílabas en un segundo, ó bien una sílaba en menos de una décima de segundo. Puesto que el sonido recorre 33.m, 7 en 0,1 de segundo, es claro que hallándose un observador á 17.m de distancia de un muro capaz de reflejar el sonido, si pronuncia una sílaba, tardará en ir y venir justamente el tiempo necesario para pronunciarla. Luego la sílaba reflejada llegará al oido al instante mismo en que la sílaba pronunciada dejará de oirse. Sin embargo, si el cuerpo reflejante está á menor distancia que á 17.m del observador, el sonido reflejado se confundirá con el directo y no podrán distinguirse: en este caso se producirá una *resonancia*, cuyo efecto será prolongar el sonido. Si por el contra-

UNIVERSIDAD DE HUELVA 2010

rio, es mayor que 17.m, ambos sonidos serán perfectamente distintos, y se formará entonces un verdadero *eco*. Sin embargo, á una distancia de 17.m el *eco* solo repite una sílaba, y se llama *monosílabo;* á 34.m dos, y se dice *bisílabo*, á 51.m tres, etc., y se llama polisílabo.

22. Los *ecos* se distinguen tambien en *simples* y *múltiplos*. Los primeros solo repiten una vez el sonido; los segundos los repiten varias veces de seguida. Los *ecos múltiplos* son formados generalmente por dos obstáculos opuestos, como dos muros paralelos, por ejemplo, que se envian alternativamente los sonidos, como dos espejos paralelos se envian las imágenes de los objetos.

§. II. *Leyes de las vibraciones de las cuerdas. Vibracion del aire en los tubos.*

1. Cuáles son los instrumentos destinados á comparar numéricamente los sonidos por medio de las cuerdas vibrantes?—2. Cuáles son las leyes de las vibraciones de las cuerdas?—3. Cómo se forma la escala natural?—4. Cómo se caracterizan los tonos y semitonos de la escala?—5. Qué son sostenidos y bemoles?—6. Cómo se demuestra la vibracion del aire en los tubos?

1. **Cuerdas vibrantes.—Sonometros.** Unas cuerdas metálicas tirantes y sujetas por sus estremos, y colocadas sobre una caja rectangular hueca con una clavícula destinada á disminuir su longitud, son los instrumentos llamados *sonometros*, destinados á comparar numéricamente los sonidos por medio de las *cuerdas vibrantes*.

2. **Leyes de las vibraciones de las cuerdas.** El número de vibraciones que ejecuta una cuerda en un tiempo dado, y por consecuencia el sonido correspondiente, depende de cuatro elementos, á saber: la *densidad de la cuerda*, su *diámetro*, su *tension* y su *longitud*.

El cálculo ha demostrado las cuatro leyes siguientes:

1.ª El número de vibraciones de dos cuerdas es proporcional á la raiz cuadrada de su densidad cuando los demas elementos son iguales.

2.ª Este mismo número es proporcional á su diámetro cuando los demas elementos son iguales en ambas cuerdas.

3.ª Este mismo número bajo iguales condiciones es proporcional al peso ó fuerza que estire las dos cuerdas.

4.ª Finalmente, este mismo número es proporcional á la longitud de las cuerdas que tienen todos los demas elementos iguales.

Escala. Sentado esto, la longitud de las cuerdas para producir los diversos sonidos de la *escala natural* estará representada por los números siguientes.

UNIVERSIDAD DE HUELVA 2010

Notas.	do	re	mi	fa	sol	la	si	do
Longitud de las cuerdas.	1	$^8/_9$	$^4/_5$	$^3/_4$	$^2/_3$	$^3/_5$	$^8/_{15}$	$^1/_2$

Y llamando 1 el número de vibraciones correspondientes al sonido fundamental *do*, tendremos:

Notas.	do	re	mi	fa	sol	la	si	do
Número de vibraciones.	1	$^9/_8$	$^5/_4$	$^4/_3$	$^3/_2$	$^5/_3$	$^{15}/_8$	2

5. **Tonos y semi-tonos.** Los intervalos de las notas sucesivas de la escala estan caracterizados por las razones, y toman los nombres siguientes:

$$\frac{9}{8}$$ *do-re* — *tono mayor.*

$$\frac{10}{9}$$ *re-mi* — *tono menor.*

$$\frac{16}{15}$$ *mi-fa* — *semi-tono mayor.*

$$\frac{9}{8}$$ *fa-sol* — *tono mayor.*

$$\frac{10}{9}$$ *sol-la* — *tono menor.*

$$\frac{9}{8}$$ *la-si* — *tono mayor.*

$$\frac{16}{15}$$ *si-do* — *semi-tono mayor.*

6. *Sostenidos y bemoles.* Para *sostener* una nota, esto es, elevarla un semi-tono, es necesario multiplicar el número de vibraciones que le corresponden por $^{25}/_{24}$ y por $^{24}/_{25}$ para *bemolizarla*, esto es, para bajarla un semi-tono. Lo primero se llama un *sostenido*, lo segundo un *bemol*.

7. **Vibracion del aire.** El aire no es únicamente el vehículo del sonido, sino que puede entrar el mismo en *vibraciones sonoras*. Esto se comprueba en todos los instrumentos de viento.

Demostracion. Para demostrar que en dichos instrumentos es únicamente el aire el que se pone en vibracion, y engendra el sonido, basta observar tubos de órganos de igual longitud y diámetro, pero de sustancias diferentes, como boj, metal, carton, etc., y hacerles resonar: todos dejan percibir el mismo sonido; y únicamente varía el timbre, lo que quizá sea efecto de un ligero movimiento vibratorio que se comunica á las paredes del tubo.

UNIVERSIDAD DE HUELVA 2010

PARTE SEGUNDA.

CUERPOS IMPONDERADOS.

SECCION I.—CALÓRICO.

§. I. *Efectos generales. Dilatabilidad. Termómetros. Pirómetros.*

1. A qué se llama calórico?—2. Cuáles son los efectos generales del calórico?—3. Dilatabilidad.—Demostrar esta propiedad: 1.° en los sólidos; 2.° en los liquidos; 3.° en los gases.—4. A qué se llama temperatura?—5. A que se llaman termómetros?—6. En qué está fundado el principio de la construccion del termómetro?—7. Qué cuerpo es preferible para la construccion del termómetro?—8. Descripcion del termómetro de mercurio.—9. Cómo se gradúa este termómetro.—10 Cuál es la escala centigrada?—11. Y la de Reaumur?—12. Y la de Farenheit?—13. Cómo se convierten estas escalas?—14. Cuáles son los límites del termómetro de mercurio?—15. Termómetro de alcohol y su límite.—16 y 17. Del termómetro de gas y del diferencial.—18. Termóscopo de Rumford.—19. Qué son pirómetros?—20. Pirómetro de cuadrante.—21.—Pirómetro de Wedgwood.—22. A qué grados del centígrado corresponde el cero del pirómetro, y cuántos grados centígrados vale uno del pirómetro?

1. Llámase *calórico* la causa desconocida de las impresiones de calor y frio que esperimentan nuestros órganos.

2. **Efectos generales del calórico.** Este agente, que los físicos asimilan á un flúido material, aunque irascible é imponderado, ejerce su influencia en todos los seres del reino orgánico é inórganico. Las *combinaciones y descomposiciones químicas* dan orígen á una larga serie de fenómenos de que se ocupa la ciencia química.—La *dilatacion y cambio de estado* determinan otra serie de hechos puramente del órden físico de que vamos á ocuparnos.

3. **Dilatabilidad.** *Todos los cuerpos se dilatan, es decir, aumentan de volúmen por el calórico, y se contraen, esto es, disminuyen de volúmen por el enfriamiento.*

Demostracion. 1.° Sólidos. El *pirómetro de cuadrante* sirve para verificar esta demostracion (fig. 22 *a*). Una barra metálica AB sujeta por el estremo A, y libre por el opuesto, que toca en un brazo de palanca CO, moviéndose el COD por un cuadrante graduado. Calentando la barra, si el calor es bastante fuerte, la parte OD recorre en pocos momentos todo el cuadrante.

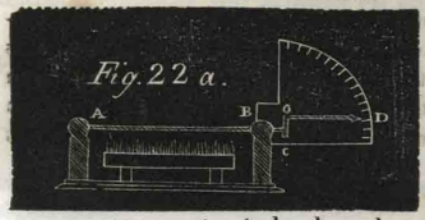


Fig. 22 a.

UNIVERSIDAD DE HUELVA 2010

Líquidos. Metiendo un tubo de cristal lleno de líquido hasta cierta altura en una vasija de agua caliente, veremos subir el líquido, dilatado por el calor del agua, hasta trasbordar.

Gases. Aplicando la mano á una bola de cristal que tiene soldado un tubo, y que está lleno de aire ó de otro gas con un índice de mercurio, veremos que el calor dilatando el aire arroja fuera del tubo el índice.

Temperatura. Llámase *temperatura* de un cuerpo los diversos estados caloríficos que le hacen variar de volúmen sin cambiar de estado.

La temperatura de un cuerpo será mas alta ó mas baja segun que haya aumento ó pérdida de calor.

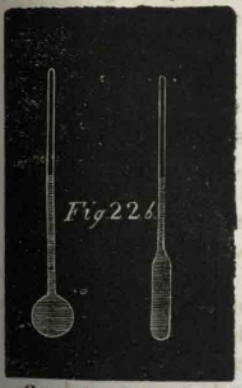
5. **Termómetros.** Llámanse *termómetros* unos instrumentos destinados á medir, es decir, á comparar las diversas temperaturas de los cuerpos, á apreciar sus variaciones y las de las cantidades de calor correspondiente.

6. **Principio de construccion de los termómetros.** En la dilatacion de los cuerpos por el calórico descansa el principio de la construccion de los termómetros comunes.

7. **Eleccion de los cuerpos.** Puesto que todos los cuerpos se dilatan, todos pueden servir para la construccion de los termómetros.

Pero los solidos se dilatan muy poco, y solo pueden destinarse á apreciar grandes variaciones de temperatura. Los gases, siendo muy dilatables, solo pueden emplearse á medir variaciones muy ligeras. Los líquidos, cuya dilatabilidad está en un término medio, se emplean con preferencia.

Eleccion del líquido. —El alcohol, ó el mercurio. El alcohol, porque resiste los mayores frios sin congelarse.—El mercurio, porque se dilata mas uniformemente que los demas líquidos, porque es bastante fácil obtenerle puro, porque no se adhiere á las paredes de los instrumentos, no se congela sino con un frio muy intenso, y no hierve sino á una alta temperatura.



8. **Termómetros de mercurio.** El *termómetro* de mercurio se compone de un tubo capilar de crista terminado en una esferita ó cilindro de mucho mayor diámetro. Este aparatito está lleno de mercurio hasta cierta altura (fig. 22 *bis*).

9. **Graduacion.** Para graduar este aparato es preciso partir de dos puntos fijos, esto es, de dos fenómenos que puedan reproducirse á volun-

UNIVERSIDAD DE HUELVA 2010

tad, y que exijan siempre una misma cantidad de calórico.—Estos dos puntos se han hallado en el *hielo derretido* y el *agua hirviendo;* porque en ambos puntos la temperatura es constante, mientras el agua subsiste en dichos estados.—El primer punto se marca con *cero.*—Para fijar el segundo se necesitan tomar muchas precauciones: 1.ª *que el agua esté destilada;* 2.ª *que hierva en una vasija metálica;* 3.ª *que se opere bajo la presion normal de* 0.m, 76.—Estas tres precauciones son necesarias, porque la temperatura del agua hirviendo varía con la naturaleza de las sustancias que tiene en disolucion, con la naturaleza de la vasija en que esté contenida, y con la presion atmosférica que se ejerce en su superficie.

Colocada la esfera del tubo termométrico sobre la superficie del agua en evullicion, el mercurio sale por el tubo, y alli donde se mantiene estacionario es el maximum de temperatura de la escala.

10. **Diversas escalas.—1.ª Centígrada.** El intervalo comprendido entre los dos puntos fijos se divide en 100 partes iguales, que se llaman grados del termómetro.—Se prolongan las divisiones sobre 100.° y bajo cero.—Las temperaturas sobre cero se marcan con el signo +, las que estan bajo cero con el signo —.

11. 2.ª **De Reaumur.** En esta escala el intervalo entre los dos puntos fijos se divide en 80 partes iguales.

12. 3.ª **De Farenheit.** Esta escala se usa mucho en Inglaterra.—El punto del *hielo derretido* corresponde al grado 32.°, el del agua hirviendo está marcado 112.°, y la distancia entre ambos es por consiguiente de 180 grados.

13. **Conversion de las escalas.** Resulta de lo dicho que 100.° C. = 80 R. = 180 F., ó lo que es lo mismo, 5.° C. = 4.° R. = 9.° F. Luego para convertir en grados de *Reaumur* un cierto número de *grados centígrados* es suficiente multiplicar este número por $^4/_5$ ó rebajar la 5.ª parte.—Recíprocamente para convertir en *grados centígrados* un cierto número de *grados de Reaumur*, multiplicaremos dicho número por $^5/_4$, ó le añadiremos la cuarta parte del propio número.—Para convertir un cierto número de *grados de Farenheit* en *grados centígrados*, comenzaremos por separar 32.° del número de grados dados, y tomaremos los $^5/_9$ de la resta, ó los $^4/_9$ si quisiésemos obtener grados de *Reaumur.*—La operacion inversa nos convertiria los *grados centígrados* ó de *Reaumur* en grados de *Farenheit.*

14. **Límites del termómetro de mercurio.** El mercurio se congela á la temperatura de 39.°, y entra en evullicion á + 360.°—Por consiguiente entre estos dos límites se encierran las indicaciones de los termómetros de mercurio.

15. **Termómetros de alcohol.** El límite superior de estos termómetros es de 76.°—Son absolutamente lo mismo que los de mercurio, y se gradúan comparándoles con un buen termómetro de mercurio.

16. **Termómetro de gas.** Nos ocuparemos de este aparato y de sus usos al tratar de la medida de la dilatacion de los gases.

UNIVERSIDAD DE HUELVA 2010

17. **Termómetro diferencial.** Este termómetro, inventado por *Leslie*, indica únicamente la diferencia de temperaturas. — Consiste en un tubo horizontal de cristal (fig. 23 *a*), con dos brazos verticales terminados en dos esferitas de bastante capacidad. — Una columna líquida llena el aparato hasta una misma altura en los brazos verticales. — Mientras que el aire contenido en las dos esferitas está á una misma temperatura, el nivel del líquido está en un mismo plano horizontal; pero aplicando calórico á una de las esferas, el aire se dilata y el líquido sube de nivel en el tubo opuesto. — Para graduar este aparato se marca cero en el punto de nivel horizontal de los dos brazos. — Se coloca una de las esferas en agua á 10.° y la otra en agua á 0.° — Se anota 10 sobre el tubo en el punto donde se detiene el índice. — Se divide el espacio entre 0.° y 10.° en 100 partes iguales, cada una de las cuales corresponde á 0,10 de grado del centígrado entre las temperaturas de las dos esferas.


Fig. 23. *a*.

18. **Termóscopo de Rumford.** Solo difiere del anterior en que el brazo horizontal es mucho mayor, pues contiene toda la graduacion, y en que los verticales son muy cortos.

19. **Pirómetros.** Los *pirómetros* son unos instrumentos destinados á medir aproximadamente temperaturas muy altas.

20. **Pirómetro de cuadrante.** Le hemos descrito al tratar de la dilatabilidad de los sólidos (fig. 22 *a*).

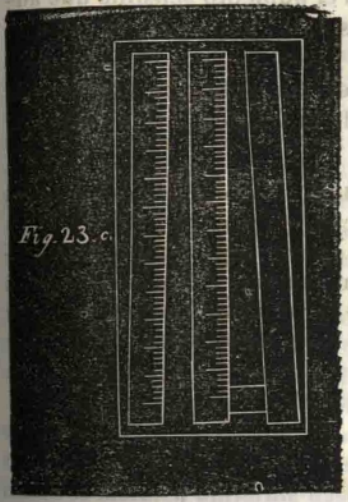


Fig. 23. *c*.

21. **Pirómetro de Wedgowod.** Es el mas usado, y está fundado en la propiedad de la arcilla de contraerse por medio del calor. Consiste (fig. 23 *c*) en una placa de cobre á que se fijan dos barras del mismo metal ligeramente reclinadas, para que formen entre sí una especie de ranura cónica. Uno de los lados de la ranura está dividido en 240 partes iguales ó grados del pirómetro. Cada cilindro de arcilla se introduce hasta cero. Para averiguar la temperatura de un horno, por ejemplo, se somete á ella un cilindro de arcilla, que se introduce luego en el pirómetro. Si se introduce, v. g., hasta el grado 60.°, esta será la temperatura del horno.

UNIVERSIDAD DE HUELVA 2010

22. **Observacion.** Se admite generalmente que el *cero* del pirómetro corresponde á 580.° del termómetro centígrado, y que cada grado del pirómetro representa 72.° del mismo termómetro.

§. II. *Medida de las dilataciones.—Aplicaciones.—Densidad de los gases.*

1. Cuántas especies de dilataciones debemos distinguir en los líquidos?—2. A qué se llama coeficiente de dilatacion?—3. Cuál es el coeficiente de dilatacion del mercurio?—Por qué medio ha sido hallada?—Puede hallarse por el mismo método la dilatacion aparente de los demas líquidos?—4. Cuál es el aparato destinado á hallar la dilatacion absoluta del mercurio? cuál es el coeficiente de esta dilatacion?—5. Hay algun otro líquido ademas del mercurio que se dilate uniformemente de 0.° á 100.°?—6. Cuál es el maximum de la densidad del agua?—7. Qué clases de dilataciones se distinguen en los sólidos?—8. Conocida la dilatacion lineal puede conocerse la cúbica?—9. Cuál es la dilatacion del cristal?—10. Qué método se emplea para medir la dilatacion de los sólidos?—11. Cuál es el medio de medir la dilatacion de los gases?—12. Cuáles son las leyes de Gay-Lussac sobre esta dilatacion?—13. Cuál es el coeficiente de dilatacion de los gases segun M. Regnault?—14. Qué es el péndulo compensador?—15. Qué es el termómetro de Breguet?—16. Y el de aire?—17. Cómo se halla la densidad de los gases?—18. Cuánto pesa un litro de aire seco á la temperatura 0.° y á la presion 0.m.,76?

1. **Dilatacion de los líquidos.** La esperiencia demuestra que debemos distinguir en los líquidos dos especies de dilataciones: 1.ª la dilatacion real ú *absoluta*, esto es, el aumento de volúmen que adquiere la masa líquida considerada independientemente del vaso que la contiene; 2.ª la dilatacion *aparente* ó sea el aumento sensible que adquiere el líquido encerrado en otro cuerpo sólido, que se dilata como él aunque en menor cantidad.

2. Llámase *coeficiente de dilatacion* el aumento que adquiere la unidad de volúmen de un cuerpo al pasar de la temperatura de *cero* á la de *un grado* del termómetro de mercurio.

3. **Dilatacion aparente de los líquidos.** Comenzaremos por la del mercurio. Segun lo ya espuesto, esta dilatacion en un tubo de cristal es siempre uniforme.—MM. Petit et Dulong han determinado por medio del *termómetro de peso* el coeficiente de la dilatacion aparente del mercurio, que es igual á la 6480 parte de su volúmen á cero.—Por el mismo método se puede hallar el coeficiente de dilatacion aparente de todos los líquidos.

UNIVERSIDAD DE HUELVA 2010

4. Dilatacion absoluta del mercurio. La fig. 19 representa un aparato destinado á hallar el coeficiente de esta dilatacion.—ABCD son dos vasos cilíndricos que comunican entre sí por el tubo horizontal BC.—Este tubo y vasos llenos de mercurio estan á igual temperatura. Pero si el brazo ó tubo AB está á una temperatura *t* y CD á la temperatura *t'* el mercurio no estará en un mismo plano horizontal en ambos brazos. Observando pues por este medio la dilatacion del mercurio de 10 en 10 grados, á partir desde cero, se halló que:

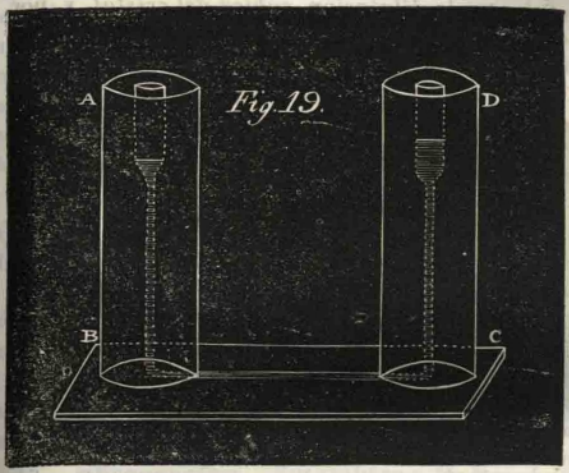


Fig. 19.

1.° De 0.° á 100.° el mercurio se dilata *uniformemente* por cada grado centígrado en 5550.° parte de su volúmen á cero.

2.° Desde 100.° la dilatacion *absoluta* del mercurio deja de ser uniforme. El coeficiente de su dilatacion *media* es $^1/_{5425}$ entre 0.° y 200.°, y $^1/_{5300}$ entre 0.° y 300.°

5. Medida de la dilatacion de otros líquidos. La esperiencia comprueba que ningun otro líquido, esceptuando el mercurio, se dilata uniformemente, ni aun de cero á 100.°.

6. Maximum de la densidad del agua. Si tomamos una masa de agua á 100.° y bajamos progresivamente su temperatura, hallaremos que hasta 4.° su volúmen disminuye y su densidad aumenta. Pero pasando este límite, el agua en vez de contraerse se dilata y disminuye en densidad, de manera que á 3.°, 2.°, 1.°, y 0.°, tiene sensiblemente el mismo volúmen y densidad que á 5.°, 6.°, 7.° y 8.° Luego el maximum de densidad del agua es á los 4.°, escepcion notable de las leyes generales de dilatacion.

7. Medicion de la dilatacion de los sólidos. Distínguense en los sólidos dos clases de dilataciones: la *lineal* ó de longitud y la *cúbica* ó de volúmen.

8. Observacion. Conocida la primera, conoceremos la segunda, puesto que se prueba matemáticamente que: *el coeficiente de dilatacion cúbica es siempre triple del coeficiente de dilatacion lineal.*

9. Dilatacion lineal.—Dilatacion del cristal. Puesto que la dilatacion absoluta del mercurio es uniforme de 0.° 100.°, la del cristal lo será tambien, puesto que la dilatacion aparente contenida en el tubo del termómetro es tambien uniforme hasta dicho límite, y esta dilatacion del cristal

UNIVERSIDAD DE HUELVA 2010

será de 38700 parte de su volúmen á cero por cada grado del centígrado. Por manera que $^1/_{38700}$ será el coeficiente de *dilatacion cúbica del cristal*, y por consiguiente $^1/_{116100}$ será su coeficiente de *dilatacion lineal*. Es decir, que una lámina de cristal al pasar de 0.° á 100.° se alargará en $^1/_{1161}$.

10. **Medios de medir la dilatacion de los sólidos.** Aunque seria fácil deducirla de la de los líquidos, se han inventado otros medios. Uno de ellos consiste en someter la barra cuya dilatacion se quiere estudiar á un calor capaz de dilatarla. A las estremidades de la barra se adaptan dos barrillas rectangulares que se aproximan ó se alejan al mismo tiempo que la barra se contrae o se dilata, y haciendo coincidir las estremidades de las barrillas con las divisiones de una regla bien graduada, se puede medir la dilatacion de los sólidos (fig. 21). La esperiencia comprueba que estos se dilatan menos que los líquidos y desuniformemente. Entre 0.° y 100.° todos los cuerpos sólidos ensayados se dilatan proporcionalmente á la temperatura evaluada en grados del termómetro de mercurio. Fuera de estos límites los coeficientes de dilatacion tienen valores sensiblemente crecientes con las temperaturas.

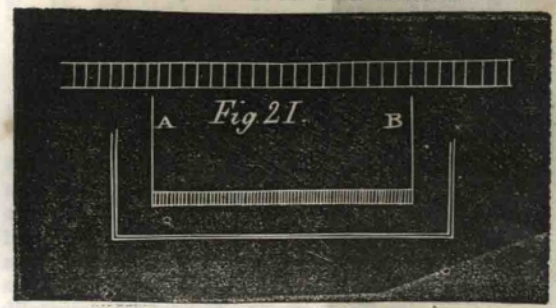


Fig. 21.

11. **Medio de medir la dilatacion de los gases.** Un tubo de cristal casi capilar terminado en una esferita, y dividido en partes iguales, es el aparato destinado al efecto (fig. 20). Por una esperiencia preliminar se gra-

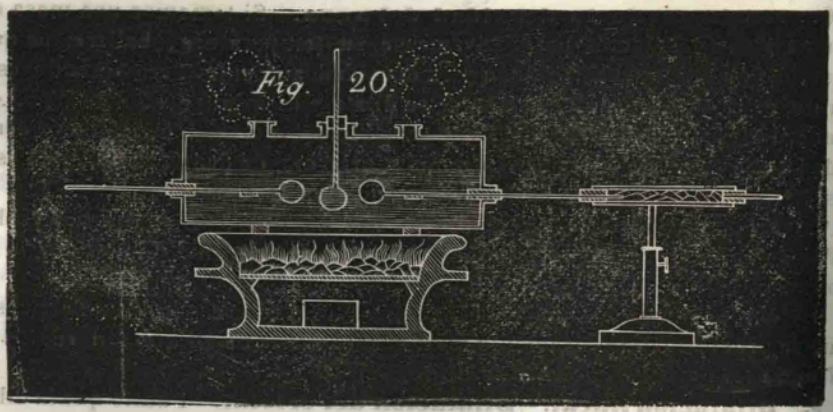


Fig. 20.

dúa á cuántas divisiones del tubo equivale la capacidad de la esfera. Llena esta y el tubo del gas cuya dilatacion se quiere estudiar, se somete á la temperatura del hielo derretido, y se mira en qué division del tubo se detiene un

UNIVERSIDAD DE HUELVA 2010

pequeño índice de mercurio que debe haber quedado en el tubo. Se coloca en seguida el aparato en una caja rectangular de hoja de lata, cuya pared lateral está perforada para dejar pasar el tubo. La caja está llena de agua y provista ademas de dos termómetros de mercurio.—Una hornilla eleva progresivamente la temperatura del líquido. Se nota asi exactamente los diversos puntos en que se detiene el índice de 5 en 5 grados, y se obtiene fácilmente los volúmenes sucesivos por que pasa la masa líquida.

12. **Leyes de Gay-Lussac sobre la dilatacion de los gases.** Operando del modo que acabamos de manifestar, M. Gay-Lussac halló las leyes siguientes:

1.ª Bajo una presion constante, el aire y todos los gases secos, simples ó compuestos, se dilatan en una misma fraccion de su volúmen por una misma elevacion de temperatura.

2.ª Su dilatacion es uniforme de 0.° á 100.°, y cada uno de ellos, por el aumento de un grado en la temperatura, aumenta un 0,00375 de su volúmen á cero.

13. **Observacion.** Sin embargo, M. Regnault en sus nuevas esperiencias halló que el coeficiente de dilatacion del aire bajo la presion ordinaria era 0,003665.

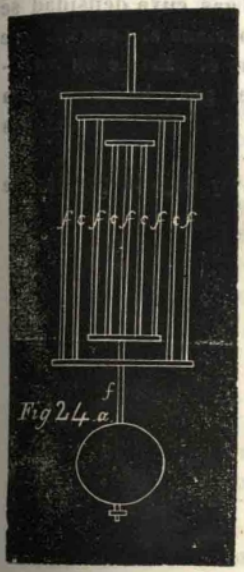
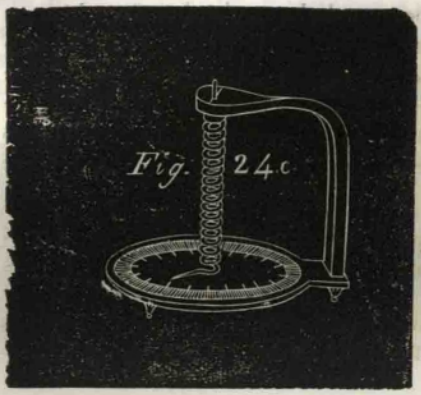


Fig 24 a

14. **Aplicaciones. 1.ª Péndulo de compensacion.** La fig. 24 *a* representa el *péndulo compensador* mas usado. Las barrillas señaladas *f* son de hierro, las señaladas con *c* son de laton. Segun su disposicion, la dilatacion de las barrillas de hierro se efectúa de arriba abajo y las de cobre de abajo arriba, y tienden á volver á hacer subir la lenteja.

UNIVERSIDAD DE HUELVA 2010



15. 2.ª **Termómetro de Breguet.** Este termómetro está formado de una cinta metálica compuesta de dos metales, plata y platino, soldados entre sí y contorneados en espiral. Cuando la temperatura sube, la plata, dilatándose mas que el platino, todas las espirales de la hélice tienden á abrirse y desenroscarse, y la aguja gira en un sentido. Si la temperatura baja, la aguja marcha en sentido contrario.—Este termómetro se gradúa por medio de un termómetro de mercurio (fig. 24 *c*).

16. 3.ª **Termómetro de aire.** El aparato descrito en la fig. 20 es un termómetro de esta clase, y puede servir para medir temperaturas mas exactamente que el de mercurio, maxime siendo mas elevadas que 100.°.

17. 4.ª **Densidad de los gases.** El conocimiento de las leyes de dilatacion era indispensable para entrar en esta nueva investigacion. En ella se toma por unidad el aire atmosférico. Se pesa primero una esfera de cristal llena de aire, luego vacía, y finalmente llena del gas cuya densidad se busca.—Restando la segunda pesada de la primera se obtiene el peso del aire que llena la esfera, y restándole de la tercera se obtiene el peso de un volúmen igual de gas. Dividido el peso del aire por el del gas, hallaremos la densidad buscada. Sin embargo, es necesario ademas de otras precauciones tener en cuenta la temperatura y presion atmosférica.

18. Un litro de aire seco á la temperatura de 0.° y bajo la presion de 0.m,76 pesa 1.gr, 3.

UNIVERSIDAD DE HUELVA 2010

§. III. *Propagacion del calor.—Calor radiante.*

1. De cuántas maneras se propaga el calor?—2. Cómo se prueba la radiacion?—3. Se trasmite el calórico en el vacio?—4. Cómo se demuestra que el calórico se trasmite en linea recta cuando atraviesa un medio homogéneo?—5. Demostrar la reflexion del calor.—6. Cuál es la velocidad del calor?—7. Cuál es la ley de Newton sobre el calor radiante?—8. Describir el reflector de Leslie.—9. Para qué sirve este instrumento?—10. Demostrar que: 1.° La intensidad del calor radiante varia en razon inversa del cuadrado de la distancia.—11. 2.° que es proporcional á la temperatura del foco calorífico.—12. 3.° que varia con la inclinacion de los rayos caloríficos.—13. Qué efecto natural esplica esta ley?—14. De qué otras causas depende la intensidad del calor radiante?—15. A qué se llama poder emisivo y cómo se demuestra?—16. Qué se entiende por poder reflectante y absorvente?—17. Demostrar que el poder reflectante y absorvente sigue siempre un órden inverso.—18. Qué consecuencia se deduce de esta demostracion?—19. Demostrar que la relacion entre la cantidad obsorvida y la reflejada varia con la naturaleza de los cuerpos y con el estado de su superficie.—20. Demostrar la identidad del poder emisivo y absorvente.—21. A qué se llaman cuerpos diatermanes y atermanes?—23. Qué cuerpos poseen en mayor grado la primera de estas propiedades?—23. Aplicaciones: 1.a al equilibrio de temperatura.—2.a á la reflexion aparente del frio.—3.a A los usos comunes de la vida.

1. El calor se propaga de un cuerpo á otro de dos maneras:

1.ª Cuando los cuerpos estan distantes unos de otros por *radiacion.*

2.ª Cuando estan en contacto por *comunicacion ó conductibilidad.*

2. **Radiacion.** *Un cuerpo caliente emite calor al rededor suyo y en todas direcciones.*

Demostracion. Colocando un foco de calor, una hornilla por ejemplo, vemos que en cualquier direccion en que nos pongamos á su alrededor y á cierta distancia nuestros órganos esperimentan una sensacion de calor.

3. *El calórico se trasmite tambien en el vacio.*

La esperiencia de Rumford ha comprobado esta verdad.

4. *El calor se trasmite en linea recta cuando atraviesa un medio homogéneo.*

Demostracion. Efectivamente, si en la misma línea recta que une un foco de calor con la esfera de un termómetro se interpone una pantalla opaca, el termómetro no indica ninguna elevacion de temperatura; pero si se quita la pantalla sube instantáneamente, lo que prueba lo que queríamos demostrar.

5. **Reflexion del calórico.** *Cuando un rayo calorífico cae sobre una superficie pulimentada, es reflejado en un plano normal á la superficie, formando el ángulo de reflexion igual al de incidencia.*

UNIVERSIDAD DE HUELVA 2010

Demostracion. Para comprobar esta ley se colocan uno enfrente de otro dos espejos esféricos (figura 22). MMM'M'.— Si conocemos sus centros CC', conoceremos tambien sus focos, mitad de los radios AC y A'C'.—Ahora bien: colocando un



Fig. 22.

cuerpo caliente (carbones encendidos por ejemplo) en F y un ermómetro en F, veremos que el termómetro sube. Luego es evidente la ley propuesta. Por este medio, sustituyendo al termómetro un poco de yesca, lograríamos inflamar esta á una distancia de mas de 25 á 30 pies.

6. **Velocidad del calor radiante.** Se ha admitido generalmente que es igual á la de la luz, esto es, de 80000 leguas por segundo.

7. **Leyes dela intensidad del calor radiante. Ley de Newton.** *Cuando la temperatura de un cuerpo no escede mas que en un número pequeño de grados á la del medio donde se enfria, la pérdida de calor que esperimenta en cada instante, es proporcional al esceso de su temperatura sobre la del medio que la rodea.*

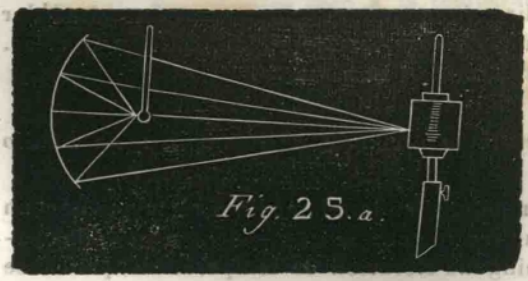


Fig. 25. a.

8. **Reflector de Leslie.** Consiste en un espejo esférico cóncavo (fig. 25 *a*), sobre cuyo eje se coloca un cuerpo caliente, y en el punto donde los rayos emitidos por el cuerpo y reflejados por el espejo una de las esferitas de un termómetro diferencial.

9. Este instrumento sirve para medir la energía del calor radiante y comprobar sus

10. **Leyes.** 1.ª *La intensidad del calor radiante varía en razon inversa del cuadrado de la distancia al cuerpo que le emite.*

Demostracion. Colocando sucesivamente delante del reflector de Leslie un cubo lleno de agua caliente, con temperatura constante y á distancias iguales 1, 2, 3..... el esceso de temperaturas que marca el termómetro

UNIVERSIDAD DE HUELVA 2010

son entre sí como los números 1, $^1/_4$, $^1/_9$ etc, lo que demuestra la ley enunciada.

11. 2.ª *La intensidad del calor radiante es proporcional á la temperatura del foco calorífico de que emana.*

Demostracion. Colocando el cubo metálico en un punto fijo, y llenándole sucesivamente de agua á la temperatura de 90.°, 80.°, 70.°... los escesos de temperaturas correspondientes indicadas por el termóscopo serán entre sí como los números 9, 8, 7.....

12. 3.ª *La instensidad de los rayos caloríficos varia con su inclinacion con relacion á la superficie que los emite; y esta intensidad está en su maximum cuando los rayos son perpendiculares á la superficie radiante, y decrece á medida que su oblicuidad aumenta.*

Demostracion. Presentando alternativamente al reflector la superficie plana y la convexa de un vaso semi-cilíndrico, el efecto producido seria el mismo en ambos casos. Lo que comprueba que la perpendicularidad de los rayos equivale al mayor número de estos siendo oblicuos.

13. **Observacion.** Esta ley esplica por qué los rayos solares no calientan igualmente la tierra en las diversas épocas del año y á las diferentes horas del dia.

14. La intensidad del calor radiante de los cuerpos depende tambien de su naturaleza y del estado de su superficie, lo que conduce á estudiar su

15. **Poder emisivo.** Llámase asi la propiedad que tienen los cuerpos á temperaturas iguales de emitir al esterior una cantidad de calor mas ó menos grande, segun la naturaleza de su sustancia y el grado de pulimento de su superficie.

Demostracion. Colocando delante del reflector de Leslie un vaso de forma cúbica lleno de agua hirviendo, cuyas caras esten cubiertas de *negro-humo*, *cristal*, *cobre y estaño*, y volviendo sucesivamente las caras al aparato, se observa que el termóscopo varía cada vez de temperatura.—Las caras pueden tambien platearse, dorarse, pulimentarse, despulimentarse, rayarse etc.—El termóscopo comprobará la diferencia del poder emisivo en cada uno de los casos.—Se nota asimismo que un mismo metal pulimentado, despulimentado y rayado, adquiere sucesivamente en cada uno de estos casos mayor poder emisivo.—La sustancia que en igualdad de circunstancias tiene mas desarrollada esta propiedad es el negro-humo. Representando por 100 el poder emisivo de esta sustancia, se halla para las demas los números siguientes: papel 98; cristal 90; tinta de china 88; mercurio 20; plomo 19; hierro 15; estaño, plata y cobre pulimentados 12.

16. **Efectos del calor radiante en los cuerpos que le reciben.—Poder reflectante y absorvente.** La propiedad que tienen los cuerpos de reflejar y absorver una porcion mas ó

UNIVERSIDAD DE HUELVA 2010

menos grande del calor que cae sobre sus superficies, constituye su poder *reflectante y absorvente.*

17. *El poder reflectante y absorvente siguen siempre un órden inverso en un mismo cuerpo.*

Demostracion. Efectivamente, si de 100 rayos caloríficos que caen sobre la superficie de un cuerpo absorve 70, reflejará 30; por manera que las cantidades de calor absorvido y reflejado son siempre complementarias.

18. **Consecuencia.** Por consiguiente, el conocimiento del poder *reflectante* conduce al conocimiento del *absorvente* y recíprocamente.

19. *La relacion entre la cantidad absorvida y reflejada varia con la naturaleza de los cuerpos y con el estado de su superficie.*

Demostracion. Alterando la superficie del espejo del aparato de Leslie podemos demostrar lo enunciado. Efectivamente, si el espejo es de cobre pulimentado, apenas se calentará sensiblemente y reflejará casi del todo el calor emitido por el foco calorífico.—Si se raya la superficie del espejo se disminuirá el poder *reflectante* y se aumentará el *absorvente*. Finalmente, cubriendo con una capa de negro-humo la superficie del espejo, absorverá enteramente el calor incidente y no reflejará nada, puesto que el termóscopo no indica ninguna elevacion en la temperatura.

20. **Identidad del poder emisivo y absorvente.** *Los poderes emisivos de los cuerpos son siempre idénticos á sus poderes absorventes.*

Demostracion. Efectivamente, si un cuerpo cualquiera á la temperatura de 10.° colocado en un recinto á 0.° emite en un segundo, por ejemplo 5.°, este mismo cuerpo á 0.° colocado en un recinto á 10.° absorverá en el mismo tiempo otros 5.°

21. **Trasmision del calor radiante al través de los cuerpos.** Los cuerpos que dejan atravesar por su interior una parte del calor radiante incidente sobre ellos se denominan *diatermanes*, los que no tienen esta propiedad *atermanes.*

22. **Observaciones.** El aire y los gases son eminentemente *diatermanes*. Los líquidos no lo son tanto. Entre los sólidos, los que son trasparentes para la luz, lo son mas ó menos para el calor.

23. **Aplicaciones.** 1.ª De la teoría espuesta se deduce que, colocados varios cuerpos á temperaturas desiguales en un mismo recinto, la radiacion mas ó menos intensa que se establecerá entre ellos constituirá una temperatura igual en todo el recinto; pero no por eso dejarán de continuar la radiacion. Este efecto se denomina *equilibrio móvil de temperatura.*

2.ª **Reflexion aparente del frio.** Este fenómeno se esplica perfectamentamente por la teoría del equilibrio móvil de temperatura.

Colocando dos espejos esféricos cóncavos uno frente á otro, de manera que sus ejes coincidan, y poniendo un termómetro en uno de los focos y un

UNIVERSIDAD DE HUELVA 2010

matraz lleno de nieve en el opuesto, se nota que el termómetro baja muchos grados. Lo que es efecto de la diferente intensidad de radiacion que se establece entre el termómetro y el matraz.

3.ª Las leyes del calor radiante tienen muchas aplicaciones no solo en varias teorías físicas, sino en los diversos usos de la vida comun. En efecto, para calentar un cuerpo procuraremos que su superficie sea escabrosa y negra, y para conservar los líquidos calientes usaremos de vasijas blancas y bien pulimentadas.-Por eso los braseros deben estar bien pulimentados, y las estufas, por el contrario, negras y poco lisas. Los vestidos en tiempo de frio deben ser blancos á la sombra y negros al sol; en verano al contrario etc.

§. IV. *Continúa la propagacion del calor.—Conductibilidad.*

1. Qué es conductibilidad?—2. *Demostrar* que: 1.° el calor se propaga en los sólidos por una radiacion interior.—3. 2.° esta radiacion solo influye en la esterior hasta cierto límite.—4. 3.° la propagacion del calor decrece en progresion geométrica.—5. 4.° la misma varía con la naturaleza de los cuerpos.—6. Qué consecuencia se deduce de esta última demostracion?—7. Demostrar que: 1.° El movimiento del calor en los líquidos es debido á las corrientes que se establecen en su masa.—8. Consecuencia de esta demostracion.—9. Demostrar que: 1.° Los gases se calientan y enfrian como los líquidos por medio de corrientes.—10. Consecuencia de esta demostracion.—11. Aplicaciones.

1. La facultad que tienen los cuerpos de trasmitir el calor de cerca en cerca en sus masas se llama *conductibilidad*. Examinaremos sucesivamente esta facultad en los *sólidos*, los *líquidos* y los *gases*.

2. **Conductibilidad de los sólidos.** 1.° *El calor se propaga en los cuerpos sólidos por una radiacion interior de molécula á molécula.*

Demostracion. Efectivamente, colocando una capa de barniz de una 20000 parte de pulgada de grueso sobre una de las caras del cubo del reflector de Leslie, la cantidad de calor emitida varía; la adicion de una 2.ª, 3.ª 4.ª capa de barniz, aumenta la radiacion. Luego es evidente el calor no emana solo de las capas superficiales, sino de las que estan debajo. Luego hay una radiacion molecular.

3. 2.° *La radiacion molecular influye en la radiacion esterior solo hasta cierto límite.*

Y en efecto, si proseguimos la esperiencia precedente hasta que la capa de barniz llegue á una milésima de pulgada de espesor, la adicion de nuevas capas no se hace ya sensible en el aparato. No por eso las moléculas interiores dejan de radiar, sino que el calórico emitido es absorvido por las capas que le rodean antes de llegar al esterior.

4. 3.° *La intensidad de propagacion del calor en los cuerpos decre-*

UNIVERSIDAD DE HUELVA 2010

ce en progresion geométrica si las distancias de las diferentes partes del cuerpo al foco calorífico crecen en progresion aritmética.

Demostracion. Si colocamos la estremidad de una barra metálica en un foco calorífico y la subdividimos en secciones, colocando en cada una de ellas un termómetro, veremos que las temperaturas marcadas por estas siguen una progresion geométrica decreciente, siguiendo sus distancias al foco la progresion aritmética creciente.

5. 4.° *El poder conductor ó la conductibilidad de los cuerpos varia con la naturaleza de estos.*

Demostracion. El aparato de *Ingenhouz* nos servirá al efecto. Consiste en una caja rectangular de cobre llena de agua hirviendo, en uno de cuyos lados se colocan varitas cilíndricas iguales, pero de distintas sustancias, y cubiertas de una capa de cera. Es evidente que la distancia á que se estienda la fusion de la cera estará en relacion con el poder conductor de la sustancia que reviste.

6. **Consecuencias.** De aqui la division de los cuerpos en buenos *conductores* y malos *conductores*. Los metales estan en el primer caso. Los óxidos, las piedras, el mármol, la porcelana, el cristal, la lana, el carbon y especialmente la madera seca, son malos conductores.

7. **Conductibilidad de los líquidos.** 1.° *El movimiento del calor en los líquidos es debido casi enteramente á las corrientes que se establecen en su masa y que mezclan todas sus partes, siendo escesivamente débil la radiacion molecular.*

Demostracion. Si consideramos una vasija de cristal llena de un líquido que solo esté en comunicacion con un foco calorífico por su parte inferior, las capas líquidas inferiores inmediatamente calentadas, se hacen menos densas que las demas y suben á la parte superior del líquido, formando una corriente ascendente; y las capas laterales menos calientes, y por consiguiente mas densas, forman corrientes descendentes: por manera que todas las partículas del líquido vienen alternativamente al fondo de la vasija á recibir la impresion del calor.—Estas corrientes se hacen sensibles mezclando al líquido un polvillo coloreado, cuya densidad sea igual á la suya. Estas partecillas sólidas suben y bajan con las corrientes, é indican á la vista su direccion y movimientos.

Si el líquido se calienta por la parte superior, la comunicacion del calor solo se estiende á una profundidad muy corta, lo que se comprueba colocando un termómetro horizontalmente á una profundidad cortísima del líquido que se calienta: sin embargo, esta misma esperiencia comprueba que la conductibilidad de los líquidos de capa á capa, cuando no se efectúan las corrientes, no es enteramemente nula, pues el termómetro la hace sensible, aunque en cantidad muy tenue.

8. **Consecuencia.** Los líquidos son pues en general malos conducto-

UNIVERSIDAD DE HUELVA 2010

res del calórico: el mercurio es el mejor conductor de todos ellos, y por eso se esperimenta una sensacion de frio al meter la mano en una vasija que le contenga.

9. **Conductibilidad de los gases.** 1.° *Los gases se calientan y se enfrian como los líquidos por medio de corrientes que es imposible impedir.*

Demostracion. Si colocamos en una habitacion un foco calorífico, veremos establecerse las mismas corrientes que en los líquidos, puesto que las capas de aire en contacto con el foco se dilatan, y se hacen específicamente mas ligeras, por lo cual suben á la parte superior, desde donde bajan las mas densas á ocupar su lugar. Estas corrientes pueden hacerse sensibles por medio de termómetros, ó bien observando la salida y entrada del aire en la estancia: aquella se verifica por una corriente superior que puede hacer sensible la direccion de una veleta, y esta por otra inferior cuya direccion al foco nos indicará otra veleta.

10. **Consecuencia.** Los gases son pues los cuerpos peores conductores del calor; y si se pudiese impedir la formacion de las corrientes, el calor se trasmitiria muy difícilmente por su medio.

11. **Aplicaciones.** Un vestido de lana trasmite difícilmente el calor del cuerpo en invierno, y deja difícilmente penetrar el calor del sol en verano.—Una sarten de metal se calienta mas pronto que una de loza.—Los mangos de los útiles de cocina suelen ser de madera para evitar la trasmision del calor.—En general las sustancias filamentosas, como la lana, la pluma, el coton, etc., ya por sí malas conductoras, aumentan esta propiedad con la interposicion del aire é impiden que se desperdicie al esterior el calor de los cuerpos que envuelven; lo que esplica las propiedades y usos de los forros y pieles en los paises frios.—Las ventanas dobles deben á la misma causa, esto es, á la interposicion del aire, su facultad preservadora contra la pérdida del calor interior de los aposentos.—Una bola de mercurio congelado, colocada en la mano, causa una sensacion de quemadura é inflamacion, resultados de una gran cantidad de calor, que se precipita de todas partes hácia un punto tan escesivamente frio.—Por la misma razon, suelen calentarse las manos frotándolas con nieve.

§. V. *Capacidades calorificas.*

1. De qué elementos depende la cantidad de calor que un cuerpo emite ó absorve cuando sufre un cambio dado de temperatura?—2. Cuál será la espresion de la cantidad de calor absorvida y emitida por un cuerpo, segun los elementos referidos?—3. A qué se llama capacidad calorífica?—4. Cuál es la unidad del calor específico?—5. Cuáles son los métodos mas sencillos para hallar el calor específico de los cuerpos?—6. En qué consiste el método de las mezclas?—7. En qué consiste el método de la fusion del hielo?—8. Describir el calorímetro de Lavoisier y Laplace?—9. Cómo se determina el peso P del agua procedente de la fusion por medio del pozo de nieve?—10. La temperatura de los cuerpos altera su capacidad calorífica?

1. La cantidad de calor que un cuerpo emite ú absorve cuando sufre un cambio dado de temperatura depende de tres elementos.

UNIVERSIDAD DE HUELVA 2010

1.° *Masa del cuerpo*, esto es, que una masa doble, triple..... exige cantidad de calor doble, triple.

2.ª *Temperatura*, esto es, que para elevar 2.° la de un cuerpo se necesita mas calor que para elevarle 1.°

3.ª *Capacidad calorífica*, esto es, la diferente cantidad de calor que necesitan los cuerpos de distintas naturalezas, pero de igual peso, para elevar su temperatura en un mismo número de grados.

2. **Consecuencia.** Dedúcese de estos tres principios que si la temperatura de un cuerpo cuya masa sea m, la capacidad calorífica c, se ha elevado ó bajado t.°, la cantidad de calor absorvida ó emitida estará espresada por el producto $m.\ c.\ t$.

3. **Medida de las capacidades caloríficas de los cuerpos.—Capacidad calorífica.** Llámase *capacidad* de un cuerpo *para el calor*, ó *calor específico*, la cantidad de calor necesaria para elevar en un grado la temperatura de la unidad de peso del cuerpo.

4. Se ha tomado por unidad del calor específico la del agua destilada, esto es, la cantidad de calor necesaria para elevar un grado la temperatura de un *gramo* de agua.

5. Los métodos mas sencillos para hallar el calor específico de los cuerpos son el de las *mezclas* y el de la *fusion del hielo*.

6. **Método de las mezclas.** En este método se mezclan siempre dos cuerpos á distintas temperaturas, de manera que el calor que salga del uno se emplee en el otro hasta que ambos queden con una temperatura igual. Se emplea generalmente el agua y un cuerpo á mayor temperatura.

En efecto, sea M la masa de agua fria; C, su capacidad; t, su temperatura.

M' la masa del cuerpo caliente, C' su capacidad y t' su temperatura.

Finalmente, sea T la temperatura de la mezcla.

Luego la temperatura del agua se habrá elevado en T—t, y la cantidad de calor absorvida por este líquido podrá espresarse por MC (T—t). Pero la cantidad de calor perdida por el cuerpo caliente podrá tambien espresarse por M'C' (t'—t). Por consiguiente tendremos la ecuacion:

$$MC\,(T-t)=M'C'\,(t'-t),\ \text{de donde}\ \frac{C'}{C}=\frac{M\,(T-t)}{M'\,(t'-t)}$$

Y como el segundo miembro solo contiene cantidades conocidas por la esperiencia, será muy fácil deducir la razon $\frac{C'}{C}$; y finalmente, siendo C la unidad como suele hacerse, las capacidades de los cuerpos serán comparadas á las del agua tomada por unidad.

Efectivamente, supongamos que mezclamos una pulgada cúbica de mer-

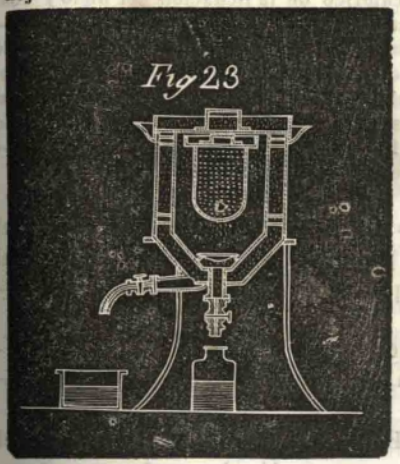
UNIVERSIDAD DE HUELVA 2010

curio á 100.° *con otra* de agua á 0°, el resultado seria 2 pulgadas cúbicas de mezcla á 3.°, *esto es*, que el mercurio pierde 97.°, mientras que el agua gana solo 3.°.—Luego la capacidad del mercurio será de 3/97 ó próximamente de 0,03.

7. **Método de la fusion del hielo.** Este método está fundado en la esperiencia siguiente. Si se mezcla una libra de agua á 79.° con otra de hielo á 0.°, se obtienen 2 libras de agua á 0.°. Resulta de aqui que la cantidad de calor necesaria para fundir un peso dado de hielo, es necesaria y suficiente para elevar un peso igual de agua de 0.° á 79.° (1).

Esto supuesto, si por un medio cualquiera podemos determinar la cantidad de hielo que un cuerpo podria fundir al bajar de una temperatura dada á 0.°, seria fácil calcular la capacidad de este cuerpo para el calórico. En efecto: sea M el peso del cuerpo; C, su capacidad; T, su temperatura. Finalmente, sea P el peso de hielo fundido. La cantidad de calor perdida por el cuerpo será pues $M \times C \times T$. Pero la cantidad necesaria para fundir P libras de hielo es igual á la necesaria para elevar P libras de agua á 79.° Luego tomando el calor específico del agua por unidad, el calor necesario para fundir el agua podrá espresarse por $P \times 79.°$. Luego tendremos $M \times C \times T = P \times 79$, de donde $C = \frac{P \times 79.°}{M \times T}$.

Solo resta determinar P por la esperiencia. Lavoisier y Laplace nos han dejado un medio en su



8. **Calorímetro.** Este aparato (figura 23) se compone de tres cavidades metálicas circulares y concéntricas. La mas pequeña é interior está destinada á contener los cuerpos cuyo calor específico se busca. La segunda cavidad se llena de hielo á 0.°, de cuya fusion sale el agua, cuyo peso P es necesario determinar. La tercera cavidad es la mas esterior, y está tambien llena de hielo, á fin de evitar que el aire esterior no contribuya tambien á la fusion del hielo de la segunda cavidad. Todo el aparato tiene una cobertera llena tambien de hielo.

(1) Se habia admitido hasta estos últimos tiempos que la cantidad de calor necesaria para la fusion del hielo era 75.°, número hallado por Lavoisier y Laplace por medio de su calorímetro; pero las recientes esperiencias de MM. Provostaye y Desains han demostrado que dicha cifra es inexacta y que debe aumentarse en 4 unidades. (Véase Anales de Química y Física 1843, tomo VIII).

UNIVERSIDAD DE HUELVA 2010

9. **Pozo de hielo.** Puede sustituirse al calorímetro el aparato llamado *pozo de nieve*. Consiste en un pedazo de hielo, en el cual se abre una cavidad bastante profunda, destinada á contener el cuerpo cuya capacidad calorífica se busca. Se tapa con otro pedazo de hielo, y luego que el cuerpo ha llegado á la temperatura de 0.°, se recoge exactamente el agua producida por la fusion, cuyo peso P se determina para sustituirle en la fórmula

$$C=\frac{P\times 79}{M\times T}$$

Esta es la esperiencia mas corta y menos sujeta á error.

10. Las esperiencias de MM. Dulong y Petit han probado que la capacidad calorífica de un mismo cuerpo aumenta en general con la temperatura; de manera que para elevar un mismo cuerpo de 100.° á 150.° se necesita mas calor que para elevarle de 0.° á 100.°.

§. VI. *Cambio de estado.*

1. Qué comprende el estudio del cambio de estado de los cuerpos?—2. De cuántos modos pueden pasar los sólidos á líquidos?—3. Cómo se efectúa la fusion por la accion del calor?—4. Qué fenómenos se observan en el paso de sólidos á líquidos?—5. Qué se deduce de estos dos fenómenos?—6. Cómo se llama el calor insensible al termómetro durante la fusion?—7. Cómo se solidifican los líquidos?—8. Qué fenómenos se observan en el paso de líquidos á sólidos?—9. Cómo se prueba la absorcion del calor durante la fusion y su emision en la solidificacion?—10. Cómo se mide el calor latente?—Método de las mezclas.—11. Cómo se halló el calórico de la licuacion del hielo y cuál es el número que espresa en la actualidad la medida proporcional de este fenómeno?—12. Se solidifica siempre un líquido á la misma temperatura de fusion?—Cómo puede retardarse este efecto en el agua?—13. Qué otro fenómeno se observa en el paso del agua á hielo?—14. Por qué flota el hielo en el agua?—15. Cómo se efectúa la licuacion por una accion química y qué fenómeno se observa generalmente?—16. De qué depende la mayor intensidad del frio producido por la fusion recíproca del hielo y las sales?—17. Cuáles son las principales mezclas frigoríficas?

1. El estudio del *cambio de estado de los cuerpos* comprende: 1.° el paso del estado sólido al líquido, y el paso inverso del estado líquido al sólido; 2.° la trasformacion de los líquidos en gases ó vapores, y el regreso de estos á líquidos.

2. **Fusion.** Los cuerpos pueden pasar del estado sólido al líquido de dos modos: 1.° por la accion del calor; 2.° por una accion química.

3. **Fusion por el calor.** El primer efecto de la accion del calor sobre un cuerpo sólido es apartar sus moléculas y elevar su temperatura; pero si la intensidad aumenta progresivamente, llegará un momento en que las moléculas adquieran la movilidad de los líquidos, y el cuerpo se fundirá.

4. En el paso de sólidos á líquidos se observan los dos fenóme-

UNIVERSIDAD DE HUELVA 2010

nos siguientes: 1.° La fusion se verifica constantemente en un mismo cuerpo á una misma temperatura; 2.° esta permanece siempre invariable durante todo el tiempo de la fusion.

5. **Consecuencia.** Dedúcese de aqui que el calor que el foco calorífico trasmite al cuerpo durante todo el tiempo de la fusion se emplea enteramente en producir su cambio de estado.

6. Este calor, insensible al termómetro, se denomina *calórico latente*.

7. **Solidificacion.** Si despues de haber liquidado un cuerpo se baja progresivamente su temperatura, la fuerza de cohesion recobra su vigor, y el cuerpo pasa de nuevo al estado sólido.

8. En el tránsito de líquidos á sólidos se observa: 1.° que la temperatura de solidificacion es generalmente la misma que la de fusion (1), 2.° que al volver al estado sólido, el cuerpo desprende toda la cantidad de calor latente que habia absorvido para licuarse.

9. **Pruebas del calórico latente.** Para probar que durante la fusion los cuerpos absorven calor, y le desprenden en su regreso á su estado líquido, es suficiente las dos esperiencias siguientes: 1.° colocando en una hornilla, á un mismo grado de calor, dos vasijas idénticas, provistas cada una de un termómetro, y llenas, la una de agua líquida á 0.°, y la otra de hielo, se observa que el termómetro de la primera sube progresivamente, pero el de la segunda marca constantemente 0.° durante todo el tiempo de la fusion. Luego es evidente que el calor absorvido por el cuerpo en fusion no eleva su temperatura. 2.° Sometiendo á una temperatura de 5.° ó 6.° bajo cero dos vasijas, llena la una de agua pura á 0.°, y la otra llena tambien de agua á la misma temperatura, pero saturada de sales para oponerse á su congelacion, se observa que en la primera vasija el agua se congela y el termómetro marca siempre 0.° mientras dura la congelacion; por el contrario, el agua de la segunda permanece líquida, y el termómetro baja gradualmente. Luego es evidente que el calor que se desprende durante la congelacion es lo que mantiene el termómetro estacionario en la primera vasija.

10. **Medida del calor latente.—Método de las mezclas.** Este método consiste en fundir un cuerpo y mezclarle con el agua fria. En efecto, sea m el peso del cuerpo fundido y t su temperatura; m' la masa de agua fria y t' su temperatura. Llamemos T la temperatura de la mezcla.

Ahora bien: la masa de agua m' al pasar de t' á T, adquiere $m'(T-t')$. La pérdida de calor que esperimentó el cuerpo se compone: 1.° de $mc(t-T)$; 2.° del calor latente desprendido al solidificarse. Luego si designamos por x el calórico desprendido en cada unidad de peso del cuerpo, hallaremos que

(1) Este principio está sujeto á algunas escepciones de que hablaremos luego.

UNIVERSIDAD DE HUELVA 2010

la cantidad desprendida por la masa total estará representada por mx, y tendremos la ecuacion

$$mx+mc\,(t-T)=m'\,(T-t'),\ \text{de donde}$$

$$x=\frac{m'\,(T-t')-mc\,(t-T)}{m}$$

11. Por este medio se halló el calórico de la licuacion del hielo.—La medida proporcional de diez y siete observaciones muy concordantes, hechas por MM. La Provostaye y Desains, ha dado el número 79,1, que escede en 1,1 al hallado por Lavoisier y Laplace.

12. **Retardo de congelacion del agua.** No siempre un líquido se solidifica á la misma temperatura de su fusion. El agua es una de estas escepciones en casos dados. Efectivamente, cuando se halla perfectamente pura y libre de toda agitacion puede bajarse á 8.°, 10.° y hasta 12.° sin congelarse. Pero entonces un ligero movimiento impreso á la masa líquida, ó cualquier causa que altere su equilibrio, produce la congelacion, y el termómetro sube rápidamente.

13. **Fuerza espansiva del hielo.** Cuando el agua se convierte en hielo aumenta considerablemente de volúmen, y ejerce una fuerza de espansion tal que ninguna vasija la resiste, como demuestran varias esperiencias.

14. Esta dilatacion del agua al congelarse esplica por que los témpanos de hielo flotan á la superficie del agua.

15. **Fusion de los cuerpos por una accion química.** La afinidad química cuando se ejerce entre dos cuerpos puede producir su licuacion ó fusion, y de que resulta por lo general una baja de temperatura.

16. La intensidad del frio producido por la fusion recíproca del hielo y de una sal depende de varias causas: 1.ª La naturaleza de la sal. Las sales dilicuescentes son las mas ventajosas. 2.ª Las cantidades relativas del hielo y sal mezcladas. Estas cantidades deben estar en tal proporcion que la fusion sea completa. 3.ª La gran divisibilidad de los dos cuerpos. La nieve caida recientemente es preferible al hielo. 4.ª La temperatura inicial de los dos cuerpos. Cuanto menor sea esta temperatura, mayor será el frio producido por la mezcla.

17. **Mezclas frigoríficas.** Partes iguales de hielo pisado ó nieve y de sal comun en polvo produce una temperatura de —17°,77. — Tres partes de cloruro de calcio con dos de nieve, una de—27°,77.—Si antes de esta mezcla se baja la temperatura de estos cuerpos á—17°,77, se obtiene despues de mezclados una de — 54°,44. — Una mezcla de partes iguales de nieve y ácido sulfúrico á —6°,66 da una de —51.° — Enfriando estos cuerpos separadamente á —54.°, se obtiene una de—68.°

UNIVERSIDAD DE HUELVA 2010

E. MAGIS... BIBLIOTECA HUELVA

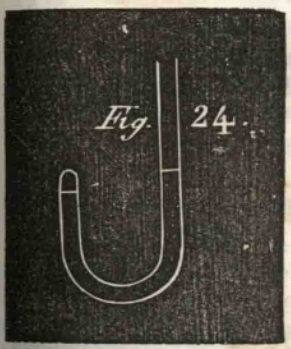
§. VII. *Continúa el cambio de estado.—De los vapores.*

1. Cuándo se dice que los líquidos se volatilizan ó trasforman en vapores?—2. Demostrar que los vapores son unos verdaderos gases y en qué se diferencian de estos.—3. Demostrar que los líquidos se trasforman en vapores espontáneamente y á cualquier temperatura.—4. Demostrar que el vapor se forma instantáneamente en el vacio.—5. Cómo se mide la tension ó fuerza elástica del vapor?—6. Demostrar cuál es la tension maxima del vapor en una misma temperatura.—7. A qué se llama espacio saturado?—Cuándo recibe el vapor el nombre de vapor de saturacion ó de tension maxima?—8. Qué leyes siguen los vapores cuando el líquido generador se volatiliza totalmente?—9. Cómo se mide la tension maxima del vapor á diferentes temperaturas?—10. Demostrar que la tension maxima del vapor á la temperatura de ebullicion de su líquido generador es igual á la presion atmosférica.—11. Cuál es la tension del vapor de agua sobre 100.° ?—12. Cuál es la tension maxima de un vapor en un espacio cuya temperatura es desigual?—13. Cuáles son las mas importantes aplicaciones del vapor. Esplicar: 1.° el principio de las máquinas de simple efecto; 2.° de las de doble efecto; 3.° de las de alta presion.—14. Cómo se mide la densidad de los vapores?—15. Qué consecuencias se han sacado de este conocimiento?

1. Casi todos los líquidos pueden pasar al estado de flúidos elásticos, ya espontáneamente, ya por la accion del calor. Dícese entonces que se *volatilizan* ó que se trasforman en *vapores*.

2. *Los vapores son unos verdaderos gases, dotados de una fuerza lástica, que crece con la temperatura; pero se diferencian de los gases comunes en que pueden volver fácilmente al estado líquido ya disminuyendo su temperatura, ya aumentando su presion.*

Demostracion. Si tomamos un tubo encorvado de dos brazos desiguales (fig. 24), y colocamos una gota de éter en la estremidad del mas corto, llenando el resto de mercurio hasta que obtengamos el mismo nivel en el mayor, observaremos al meter este aparato en un baño de agua caliente á 50.° ó 55.° que el éter se gasifica, y su fuerza elástica, impeliendo el mercurio del brazo corto, hará subir su nivel en el brazo mayor.—Si quitamos el tubo del baño, y le dejamos enfriar, la gota de éter volverá á su estado líquido. Finalmente, si dejamos el tubo en el baño de agua caliente y añadimos mercurio en el brazo mayor para aumentar la presion que sufre el vapor, este volverá á su estado líquido.



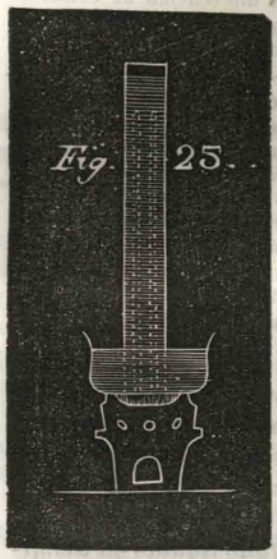
3. *Los líquidos se trasforman en vapores espontáneamente y á cualquier temperatura.*

Demostracion. En efecto, estendiendo una corta porcion de líquido en una vasija de gran superficie, veremos que disminuye poco á poco, has-

UNIVERSIDAD DE HUELVA 2010

ta que desaparece totalmente. Este fenómeno es tanto mas rápido, cuanto mas volátil sea el líquido, como el agua, el alcohol, el éter..... etc.

4. **Estudios de los vapores en el vacío.** *El vapor se forma instantáneamente en el vacío.*



Demostracion. Si colocamos dos barómetros en una misma cubeta, y hacemos pasar á uno de ellos algunas gotas de éter, observaremos que tan luego como este líquido haya atravesado la columna de mercurio penetrado en el vacío barométrico, se evaporizará por lo menos en parte, y que la fuerza elástica del vapor espontánea é instantáneamente formado hará bajar la columna mercurial (figura 25).

5. La depresion causada por el vapor, ó las diferencias de alturas del mercurio en los dos barómetros, miden la *tension* ó fuerza elástica del vapor.

6. **Tension máxima del vapor á una misma temperatura.** Cuando un vapor contenido en un espacio dado á una temperatura constante está en contacto con su líquido generador, toma por sí mismo una *tension máxima* : si se le comprime, se licúa una parte ; si se dilata, se evaporiza otra parte del líquido ; de tal manera que, disminuyendo ó aumentando el volúmen, la fuerza elástica y la densidad del vapor permanecen constantes.

Demostracion. Supongamos que *permaneciendo la temperatura constante*, el tubo del *barómetro de vapor* de la anterior esperiencia se introduce ó levanta: en ambos casos el nivel del mercurio en el barómetro, *mientras haya liquido que evaporar*, permanece siempre á la misma altura sobre el nivel de la cubeta, notándose ademas que el grosor de la capa líquida que produce el vapor aumenta cuando se interna el tubo, y disminuye cuando se levanta. Esperiencia que demuestra el enunciado.

7. **Definiciones.** El espacio donde está encerrado el vapor en la esperiencia anterior se dice *saturado*, puesto que contiene todo el vapor po-

UNIVERSIDAD DE HUELVA 2010

sible. Este vapor recibe el nombre de vapor de *saturacion*, ó de *tension maxima*.

8. **Advertencia.** Si el líquido contenido en el tubo barométrico se volatiliza totalmente, asi como se agranda el tubo se disminuye la tension, y el vapor sigue, como los gases, la ley de Mariotte. Recíprocamente comprimido el vapor, y alejado de su punto de saturacion, la tension aumenta en la misma proporcion.

9. **Tension máxima del vapor á diferentes temperaturas.—Tension máxima del vapor de agua á 0.° y 100.°** Esta tension se mide por la diferencia de nivel de los dos barómetros del *aparato de Dalton*, semejante al descrito en la fig. 25.

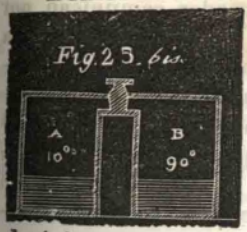
10. *La fuerza elástica del vapor formado por un líquido cualquiera, á la temperatura de su ebullicion al aire libre, es igual á la presion atmosférica.*

Demostracion. Efectivamente, cuando el agua que rodea los tubos barométricos del aparato mencionado ha llegado á la temperatura de ebullicion del líquido que produce el vapor, esto es, á 100.° para el agua, á 97.° para el alcohol, á 37.°,8 para el éter..... se observa que el mercurio del barómetro de vapor se ha deprimido hasta el nivel esterior de la cubeta.

11. **Tension del vapor de agua sobre 100.°.** MM. Dulong y Arago, aumentando la presion atmosférica, consiguieron medir la fuerza elástica del vapor de agua hasta veinte y cuatro atmósferas. El aparato de estos físicos consiste esencialmente en una pequeña caldera perfectamente cerrada, en la cual puede elevarse tanto como se quiera la temperatura del agua. Cada grado lo indica un termómetro, y la fuerza elástica del vapor se mide por un manómetro.

12. **Tension maxima en un espacio cuya temperatura es desigual.** *En un espacio cuya temperatura es desigual, la tension de un vapor en contacto con su liquido generador es igual, y la misma en todas partes á la correspondiente á la temperatura mas baja.*

Demostracion. Consideremos por ejemplo dos vasos, A y B reunidos



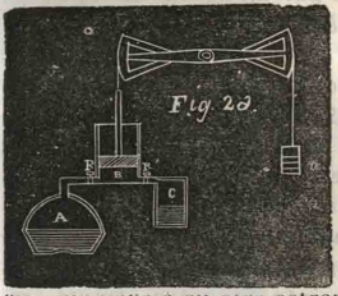
por un tubo con su llave, el uno á la temperatura de 10.°, y el otro á la de 90.°, conteniendo entrambos vapor de agua y un esceso de líquido (fig. 25 bis). La tension del vapor será de 9.mill.,5 en el primero y de 525 en el segundo. Si abrimos la llave R, cesará el equilibrio: el vapor saturado á 90.° irá á condensarse en parte en el vaso frio, el líquido del vaso B producirá nuevo vapor, que irá á condensarse á su vez, y el fenómeno se reproducirá hasta tanto que el liquido de B haya desaparecido totalmente, y solo quedará en este vaso vapor cuya fuerza elástica sea igual á 9.mill.,5.—

UNIVERSIDAD DE HUELVA 2010

1. **Advertencia.** En cuanto precede hemos supuesto el vapor en contacto con el líquido generador. En el caso contrario los vapores siguen exactamente las mismas leyes que los gases.

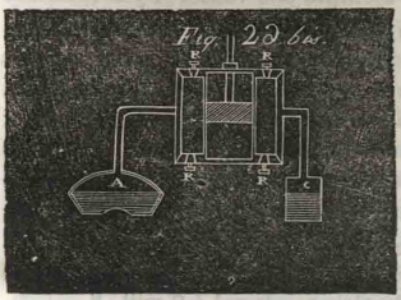
13. **Aplicaciones del vapor.** Son generalmente conocidos los admirables resultados del vapor empleado como fuerza motriz. Las máquinas en las artes, los buques, los carruajes de vapor son aplicaciones felices que han dado resultados grandiosos. Desde *Heron*, que dió la primera idea del uso del vapor de agua como fuerza motriz, hasta el célebre mecánico *Watt*, se han multiplicado los inventos aplicados á las necesidades de la industria. El primer barco de vapor realmente empleado se construyó por *Fulton* en 1807 en *New-York*.

1.° **Máquinas de vapor.—Máquinas de simple efecto.** En estas



máquinas (fig. 26) el cilindro B en que se mueve el piston ó émbolo, comunica por la parte superior con la atmósfera, y por la inferior está en comunicacion: 1.° con la caldera A, donde se forma el vapor por medio de una llave R, y 2.° con el *condensador* C, cavidad á la cual se hace llegar continuamente agua fria por medio de la llave R'. El tronco del piston está fijo por medio de una articulacion á un balancin que lleva á su otro estremo un contrapeso. Cuando la llave R está abierta, el cilindro está en comunicacion por su base con la caldera: el vapor á 100.° que la llena impele de abajo arriba el piston con una fuerza elástica igual á la de la atmósfera, y el piston, igualmente impelido por arriba que por abajo, sube en virtud de la fuerza que le imprime el contrapeso. Al llegar á lo mas alto de su curso se cierra la llave R, y se abre la R', y el vapor del cilindro se licúa en el condensador, conservando únicamente la tension de la temperatura del agua fria, por lo cual la presion atmosférica le baja arrastrando consigo el contrapeso y vuelve á comenzar la misma serie de fenómenos descrita.

2.° **Máquinas de doble efecto.** En estas máquinas (fig. 26 *bis*) la



caldera y el condensador comunican por una llave doble con la parte alta y baja del cilindro. Las llaves situadas á los estremos de una misma diagonal estan siempre abiertas ó cerradas á un mismo tiempo. Supongamos, pues, que $R_1 R_3$ estan abiertas: el vapor de debajo del piston tendrá una fuerza elástica correspondiente á la temperatura de la caldera, y el vapor colocado encima del piston una presion casi nula por efecto de su comunicacion con el condensador: por con-

UNIVERSIDAD DE HUELVA 2010

siguiente el piston subirá; pero al llegar arriba, las comunicaciones se establecerán en un órden inverso, y el piston bajará, repitiéndose indistintamente la misma serie de fenómenos mientras se reproduzcan sus causas.

3.° **Máquinas de alta presion.** Consisten en el uso que se hace del agua á una temperatura mucho mayor que 100.°; por manera que el vapor puede producir una tension de muchas atmósferas. Generalmente no tienen condensador, y la comunicacion con el aire atmosférico suple por lo comun esta falta.—Tal es el principio en que descansa el efecto de estas máquinas, que para ser bien conocidas necesitan estudiarse en todo su mecanismo.

14. **Densidad de los vapores.** Para reconocer la densidad de los vapores M. Gay-Lussac ha buscado cuál era el volúmen de vapor que producia un peso dado de un líquido á temperaturas y presiones conocidas.—El aparato de que se sirvió Gay-Lussac no puede servir para líquidos cuya temperatura de ebullicion escede de 100.°—Monsieur Dumas ha hallado el medio de verificarlo pesando una redoma llena de aire, y luego llena de vapor, á una temperatura dada.

15. **Consecuencias.** La espresion del vapor de agua, comparado con el aire, es de 0,623. De que se deduce que un gramo de agua ocupará al vaporizarse á la temperatura 100.° en un volúmen 1700 veces mayor.

La densidad *absoluta* del vapor aumenta rápidamente con la temperatura cuando está en estado de saturacion. M. Cagniard halló que el éter sulfúrico se reducia totalmente á vapor á la temperatura de 200.° en un espacio menor que el duplo de su volúmen en estado líquido, y que su vapor poseia entonces una tension de 38 atmósferas.—El alcohol, á 259.°, se gasifica en un espacio triple de su volúmen, y posee una tension de 119 atmósferas.—El agua á mas de 350.° y la tension de su vapor escede entonces 200 atmósferas.

Nota. Cuantos hechos hemos examinado pertenecen á la formacion de los vapores en el vacío.

§. VIII. *Continúa el cambio de estado. De la ebullicion y de la evaporacion.*

1. De cuántos modos pueden formarse los vapores al aire libre?—2. Qué es ebullicion?—3. Qué hay que advertir acerca de los dos principios de la ebullicion?—4. Qué causas contribuyen á alterar el punto de ebullicion?—5. Qué consecuencias se deducen de aquí?—6. Qué es la olla de Papino?—7. Qué es evaporacion?—8. Qué circunstancias pueden influir en su actividad?—9. Cuál es la causa del enfriamiento en la evaporacion?—10. Citar algunas aplicaciones.—11. Qué es condensacion?—12. A qué se llama calórico de elasticidad?—13. Citar algunas aplicaciones.

1. **Formacion de los vapores en los gases.** Un líquido puede reducirse á vapores en el aire de dos modos distintos: 1.° formándose en todos los puntos de la masa líquida, y entonces se dice

UNIVERSIDAD DE HUELVA 2010

que el líquido se *vaporiza;* 2.° formándose únicamente en la superficie líquida, y entonces se dice que el líquido se *evapora.*

2. **Ebullicion.** Cuando un líquido cambia de estado por la accion del calor, se ven formarse burbujitas de vapor en todo el interior de la masa líquida, subir y deshacerse en su superficie, mezclando todas las partes del líquido, y produciendo una especie de agitacion mas ó menos tumultuosa, que constituye el fenómeno de la *ebullicion.*—Se observan entonces los hechos siguientes: 1.° Un termómetro colocado en el líquido indica una temperatura estacionaria durante el fenómeno; 2.° El vapor de la superficie líquida en ebullicion posee una fuerza elástica igual á la presion atmosférica que le rodea.

3. **Advertencia.** Los dos principios precedentes solo son verdaderos para las capas superiores del líquido, puesto que la temperatura y la tension aumenta en las inferiores, como es fácil de deducir.

4. Varias causas contribuyen á variar el punto de ebullicion de un líquido.

1.ª *La naturaleza del líquido.*—En efecto, el agua pura á la presion ordinaria hierve á 100.°, y el mercurio á 360.°.

2.ª *La naturaleza de la vasija.*—En efecto, el agua hierve mas pronto en un vaso metálico que en uno de cristal.

3.ª *Las sustancias en disolucion.*—Asi el agua pura que hierve á 100.° solo entra en ebullicion á 109.° cuando está saturada de sal marina (1).

4.ª *La presion esterior.* Asi el agua pura al nivel del mar, bajo una presion de 760 milímetros, hierve á 100.°; y en la cumbre del *Monte-Blanco*, donde la presion es de 417 milímetros, el agua hierve á 84.°

5. **Consecuencias.** Dedúcese de esta última circunstancia: 1.° que enrareciendo el aire artificialmente podrá hacerse hervir el agua á muy bajas temperaturas; y en efecto, bajo el recipiente de la máquina neumática se ha obtenido este fenómeno á 20.°, 15.°, 10.°, y hasta á 0.°—2.° Que si en vez de disminuir la presion se aumenta, podrá elevarse considerablemente la temperatura del agua, sin que esta entre en ebullicion.

6. **Olla de Papino.** En esta última consecuencia está fundada la *olla de Papino.* Consiste en una vasija de bronce, cuya cobertera, fuertemente adherida á sus paredes por medio de tornillos de presion, tiene un orificio cerrado con una bálbula.—Esta se abre cuando la tension del vapor interior es demasiado fuerte.

7. **Evaporacion.** El vapor que nace á la superficie del líquido

(1) La causa es sencilla: la atraccion molecular que se ejerce entre las moléculas del agua y de la sal, es una nueva fuerza que se añade á la presion esterior para combatir la fuerza repulsiva del calórico y retardar el fenómeno.

UNIVERSIDAD DE HUELVA 2010

que se volatiliza, constituye el fenómeno de la *evaporacion*.—El agua se *evapora* continuamente á la superficie de los lagos y rios: el rocío y la humedad que cubre el suelo, se disipan igualmente en la atmósfera en estado de vapor.

8. Varias circunstancias pueden influir en la actividad de la evaporacion al aire libre, á saber:

1.ª *La estension de la superficie.* En efecto, la cantidad de vapor producida en un tiempo dado, es proporcional á la superficie del líquido que se evapora.

2.ª *Tension del vapor preexistente.* Efectivamente, el aire atmosférico nunca está completamente seco, y siempre tiene una pequeña cantidad de vapor de agua: por consiguiente la fuerza elástica del vapor existente se opondrá en parte á la formacion de nuevos vapores, de manera que si el aire estuviese saturado, la evaporacion seria imposible, puesto que las fuerzas elásticas del vapor existente y del que debiese formarse serian iguales.

3.ª *La temperatura del líquido.* Puesto que el fenómeno de la evaporacion depende de la fuerza elástica del calor, aumentará con la temperatura.

4. *La agitacion del aire.* Cuando el aire está agitado, las capas de vapor que se forman son llevadas con él y la evaporacion aumenta; por el contrario, la tranquilidad del aire mantiene sobre el líquido las capas saturadas y la evaporacion es lenta.

5.ª *La electricidad.* Se ha comprobado que el estado eléctrico del líquido acelera la evaporacion.

9. **Del enfriamiento producido por la evaporacion.** En este fenómeno, estando obligado el líquido que se evapora á tomar de sí y de los cuerpos que le rodean el calor necesario para trasformarse en vapor, es indudable que deberá producirse frio, que será tanto mas intenso, cuanto mas rápida sea la evaporacion.

10. **Aplicaciones.** Por este medio se esplica la sensacion de frio que se esperimenta al salir del baño. Cuando la evaporacion es bastante activa, el frio producido por la parte de líquido que se evaporiza es suficiente para congelar la parte que resta. Para hacer la esperiencia basta rodear de algodones empapados en éter unas ampollitas de cristal llenas de agua, y colocarlas en el recipiente de la máquina neumática; pero al hacer el vacío el éter se evaporiza y el frio que produce congela el agua. Los líquidos volátiles producen tanto mas frio, cuanto mas baja es la temperatura de su ebullicion. Asi, rociando la bola de un termómetro con ácido sulfuroso líquido que hierve á la temperatura de —10.° centígrados, inmediatamente se evaporiza, y el termómetro baja rápidamente á —20,°—30, y dentro de algunos instantes se congela. Por manera que el frio que se produce por este medio es de —40.°, puesto que el mercurio se congela á menos—39.°

Alcarrazas. Son unas vasijas formadas de una tierra porosa, y desti-

UNIVERSIDAD DE HUELVA 2010

nadas á refrescar el agua en el verano. Colocadas á una corriente rápida de aire, el líquido que las recubre continuamente se evapora y hace enfriar el líquido interior.

11. **Condensacion.** Llámase asi el regreso del vapor al estado líquido. Se observa en este fenómeno que se desprende durante él una gran cantidad de calor. En efecto, es fácil concebir que cuando un vapor se licua debe restituir todo el *calor latente* que habia absorvido para formarse.

12. Llámase *calórico de elasticidad* el calor latente que la unidad de peso de un líquido exige para trasformarse en vapor, y la que desprende la unidad de vapor para convertirse en líquido.

Los físicos han hallado que la cantidad de calor que exige un gramo de agua para evaporizarse á la temperatura de ebullicion es capaz de elevar un peso igual de este mismo líquido de 0.° á 543.°, ó lo que es lo mismo, elevar 543 gramos de agua de 0.° á 1.°

13. **Aplicaciones.** El calor latente del vapor de agua se utiliza en muchas circunstancias. Haciendo llegar una corriente de vapor á unas vasijas llenas de agua, se puede elevar esta á la temperatura de ebullicion. Las habitaciones se calientan por medio del calor que recibe el aire de los tubos donde vá á condensarse el vapor etc.

§. IX. *Mezcla de los gases y vapores.—Higrometría.—Manantiales de calor.—Hipótesis del calor.*

1. Demostrar que la fuerza elástica del vapor en un gas es igual á la del mismo vapor en el vacío barométrico.—Aparato de Gay-Lussac.—2. Consecuencias de este principio.—3. Cuál es el objeto de la higrometria?—4. Qué casos se pueden presentar en la determinacion del vapor de agua contenido en la atmósfera?—5. A qué se llama estado higrométrico de la atmósfera?—6. Qué son higrómetros?—7. En qué principio estan fundados los higrométros de saturacion?—8. En qué estan fundados los de absorcion?—9. En qué consiste el higrómetro de Saussure?—10. Cómo se prepara el cabello de este higrómetro?—11. Cómo se gradúa?—12. Cuáles son los manantiales del calor?—13. Cuáles son las principales hipótesis sobre la naturaleza del calórico?—14. En qué consiste el sistema de la emision?—15. En qué consiste el sistema de las ondulaciones?

1. **Mezcla de gases y vapores.** *Cuando se reune en un mismo vaso un gas y un vapor que no tengan entre sí accion química, la fuerza elástica del vapor es la misma que tendria en el vacío barométrico á la misma temperatura.*

UNIVERSIDAD DE HUELVA 2010

1. **Demostracion.** Verificaremos este hecho por medio del aparato de Gay-Lussac. Consiste en un ancho tubo de cristal, dividido en partes iguales y terminado por dos birolas metálicas provistas de llave (fig. 27). El cilindro AB comunica por su parte inferior con un tubo mas estrecho *ab*, dividido tambien en partes iguales y en comunicacion con la atmósfera. Lleno el aparato de mercurio, se introduce en él un poco de aire ó gas seco, abriendo las llaves RR', con lo cual el mercurio corre en parte y es reemplazado por el gas. Entonces se cierran las llaves, y se añade mercurio por el tubo pequeño hasta que los dos niveles esten sobre un mismo plano horizontal, á fin de que la tension del aire interior sea igual á la presion atmosférica. Se atornilla en seguida á la birola superior una llave particular provista de un embudo, que se llena de líquido, de que se hacen penetrar algunas gotas en el tubo, volviendo alternativamente la llave. Estas gotas se evaporan poco á poco. Se hará tambien correr algun líquido por la superficie del mercurio á fin de saturar los vapores.

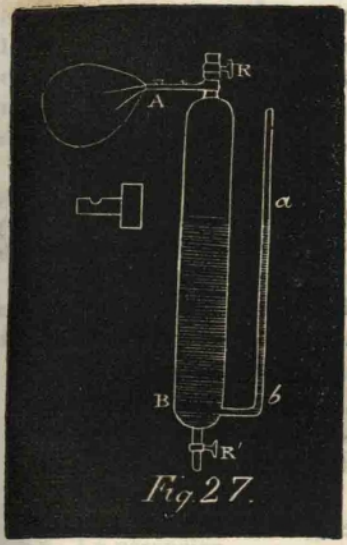


Fig. 27.

Medir la fuerza elástica del vapor en los gases. Dispuesto asi el aparato para medir la fuerza del vapor formado, se añadirá mercurio en el brazo estrecho hasta que el nivel del mercurio en el ancho suba al punto en que se hallaba cuando solo contenia el gas. En este caso la diferencia de nivel del mercurio en los dos tubos será la medida exacta de la tension del vapor. — Ahora bien: comparando esta tension á la que tendria el vapor del mismo líquido á la misma temperatura, se halla que hay identidad perfecta.

2. **Consecuencias:** 1.ª Cuando un espacio limitado que contiene un gas está en contacto con un líquido, se satura de vapores como si estuviese vacío, y la tension del vapor saturado es la misma que la tension maxima en el vacío á temperatura igual.

2.ª Los vapores se forman en los gases como en el vacío, con la sola diferencia que su formacion en el vacío es instantánea, y que es lenta en los flúidos elásticos.

3. **Higrometría.** El objeto de la *higrometría* es determinar la cantidad de vapor de agua esparcido en el aire á cualquier temperatura.

4. Dos casos pueden presentarse en esta determinacion: 1.º Si el aire está saturado de vapores; 2.º si no está saturado.

Este caso es el mas comun, pues el 1.º nunca ó casi nunca se verifica.

UNIVERSIDAD DE HUELVA 2010

5. **Estado higrométrico del aire.** Llámase asi la relacion de la cantidad de vapor de agua que encierra el aire á una temperatura dada, á la cantidad que contendria á igual temperatura si estuviere saturado; ó bien la relacion de la tension natural á la tension maxima correspondiente á la misma temperatura.

6. **Higrómetros.** Son unos aparatos destinados á dar á conocer el estado higrométrico del aire.

7. **Higrómetros de saturacion.** En este género de higrometros se determina la tension del vapor contenido en el aire bajando su temperatura hasta tanto que se encuentre saturado el aire con la cantidad de vapor de agua que encierra. Esta clase de instrumentos, aunque los mas exactos, son poco usados. Los mas conocidos son los de *Julian Leroy*, y *Daniel*.

8. **Higrómetros de absorcion.** Estan fundados en la afinidad que tienen ciertas sustancias animales, como los cabellos con el vapor de agua, y en la facultad que poseen de alargarse por la absorcion de la humedad y disminuir por la emision del vapor obsorvido. — El mas conocido y usado de estos aparatos es el

Fig. 28.



9. **Higrómetro de Saussure.** Este aparato consiste en un *cabello* ó *pelo* que se suspende por su parte superior (fig. 28) á una uñuela ó palanquilla, que puede subir y bajar por medio de un tornillo, y se enrosca por su parte inferior en una polea de dos carriles ó gargantas. En la misma polea se enrosca en sentido contrario un hilo de seda, á que está suspendido un peso de dos ó tres granos, destinado á dar al cabello una tension continua y siempre igual. El eje de la polea tiene una aguja cuya estremidad recorre las divisiones de un cuadrante vertical. Segun que la humedad del aire aumente ó disminuya, el cabello se alargará ó disminuirá de longitud, y la polea girando dirigirá la marcha de la aguja hácia una de las dos estremidades del cuadrante.

10. **Preparacion del cabello de higrómetro del Saussure.** Se hierve en un agua ligeramente alcalina, y se lava en seguida á fin de privarle de la materia crasa para que adquiera toda su longitud por medio de la humedad.

11. **Graduacion del higrómetro de Saussure.** Para hacer esta graduacion es necesario determinar dos puntos fijos, correspondientes á dos posiciones que toma la aguja, cuando el higrómetro se halla: 1.° en un aire perfectamente seco; 2.° en un aire saturado de humedad.

UNIVERSIDAD DE HUELVA 2010

1.° **Punto de sequedad estrema.** Para determinar este punto se coloca el higrómetro bajo una campana que descansa sobre mercurio, y en la cual se hayan introducido sustancias muy delicuescentes. El cabello disminuye de longitud, y la aguja se dirige constantemente hácia lo seco con mas ó menos rapidez hasta que queda estacionaria. Este será el punto de sequedad máxima.

2.° **Punto de humedad estrema.** Para obtenerle se coloca el higrómetro debajo una campana cuyas paredes esten mojadas. La aguja marcha hácia la humedad hasta que permanece estacionaria. Este es el punto de humedad máxima.

Se nota un 0.° en el primer punto, un 100.° en el segundo, y se divide el arco comprendido entre ambos en 100 partes iguales. Estos son los grados del higrómetro.

12. **Manantiales de calor.** Los principales son:

1.° El sol.
2.° El calor propio del globo.
3.° Las corrientes eléctricas.
4.° El cambio de estado.
5.° Las combinaciones químicas.
6.° La percusion.
7.° El frote.
8.° La compresion y dilatacion de los gases.

13. **Hipótesis acerca del calórico.** Los físicos han inventado dos sistemas acerca de la naturaleza de este agente, cuyos efectos son tan poderosos y variados. El sistema de la *emision* y el de las *ondulaciones*.

14. **Sistema de la emision.** Segun este sistema, el calórico es un flúido material, aunque imponderable (1), cuyas moléculas, infinitamente pequeñas, son lanzadas por los cuerpos en todas direcciones con una velocidad inmensa, y que combinándose con las moléculas ponderables de la materia, en cantidades variables, determinan en ellas diferentes grados de calor.

15. **Sistema de las ondulaciones.** Este sistema está fundado en dos hipótesis: 1.ª, que todo el espacio vacío, comprendiendo en él los poros de los cuerpos materiales, está lleno de un flúido eminentemente sutil é imponderable, llamado *éter*; 2.ª, que las moléculas materiales de los cuerpos no están jamás en reposo, sino que oscilan continuamente sin po-

(1) Creimos innecesario probar esta propiedad del calórico. Todas las esperiencias hechas en este sentido han dado este resultado. Citaremos aquí la de Lavoisier: tómense cantidades iguales en peso de agua y ácido sulfúrico, y mézclense estos dos líquidos en un frasco bien tapado, lo que producirá una enorme cantidad de calor. Pésense estos líquidos despues de frios; el peso será igual. Luego el calor perdido no tiene ningun peso sensible.

UNIVERSIDAD DE HUELVA 2010

der nunca llegar á una posicion de equilibrio. Esto supuesto, el calórico seria el resultado del movimiento oscilatorio comunicado al *éter* por las vibraciones de las moléculas materiales.

SECCION SEGUNDA. — MAGNETISMO.

§. I. *De los imanes y de las sustancias magnéticas.*

1. A qué se llama iman? — 2. De cuántas clases son los imanes? — 3. Qué son imanes naturales y de qué estan compuestos? — 4. Qué son imanes artificiales? — 5. A qué llamamos magnetismo? — 6. De qué manera se ejerce la atraccion magnética? — 7. Demostrar que un iman no ejerce una accion igual en todos los puntos de la superficie de un hierro. — 8. Qué son polos magnéticos y línea neutra? — 9. Demostrar que en los dos polos de un iman residen fuerzas de naturaleza contraria. — 10. Demostrar que los polos de un mismo nombre se repelen y los de polo contrario se atraen. — 11. Hipótesis de los dos flúidos magnéticos. — 12. Demostrar que el magnetismo no existe solo en los imanes. — 13. Qué consecuencias se deducen de la demostracion anterior? — 14. A qué se llama fuerza coercitiva, y en qué sustancia se desarrolla? — 15. Demostrar que la descomposicion magnética es simplemente molecular. — 16. Cómo se distingue un iman de una sustancia magnética? — 17. Qué son puntos consecuentes?

1. Llámase *iman* cualquiera sustancia que goza de la propiedad de atraer el hierro y de ser atraida por él.

2. Los *imanes* ó son *naturales* ó *artificiales*.

3. Los imanes *naturales*, denominados en otro tiempo *piedras de iman* (1), son asi calificados porque se encuentran abundantemente en la naturaleza. Estan compuestos de un óxido de hierro llamado *óxido magnético* (2).

4. Los imanes *artificiales* son en general barras ó agujas de acero á que se han comunicado las propiedades magnéticas.

5. Damos el nombre de *magnetismo*, ya á la misma causa á que son debidas las propiedades de los imanes, ya á la reunion de los fenómenos relativos á este agente y á las leyes que le rigen.

6. **Atraccion magnética.** La atraccion magnética del iman y del hierro se ejerce á distancia; pero decrece rápidamente cuando esta aumenta. Ejércese tambien en el vacío por medio del aire, de la madera, del carton, y en general por medio de cualquier sustancia que no sea por sí misma magnética. Esperiencias obvias acreditan este aserto.

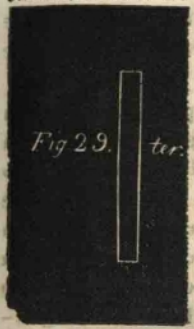
---

(1) Voz griega derivada de Magnesia, comarca de la Lidia, donde se hallaban grandes cantidades de este mineral.

(2) Oxido *ferroso-férrico*, intermedio entre el óxido ferroso y el férrico.

UNIVERSIDAD DE HUELVA 2010

7. *Un iman no ejerce una influencia igual en todos los puntos de la superficie de un hierro.*



Demostracion. Haciendo rodar una barra imantada sobre unas limaduras de hierro, se observa que las limaduras rehusan adherirse á la parte media de la barra, y que lo verifican de una y otra parte de esta línea, formando filamentos erizados, que se hacen mas largos y espesos á medida que se aproximan á los dos estremos de la barra, donde se adhiere el mayor número de limaduras (fig. 29. *ter.*)

8. **Definiciones.** Los dos puntos estremos en que parece concentrarse la atraccion magnética se llaman *polos*; y la línea que los separa, y donde la atraccion es nula, *línea neutra*.

9. **Atraccion mutua de los polos.** *En los dos polos de un iman residen fuerzas de naturaleza contraria.*

Demostracion. Efectivamente, colocando una barra imantada por su centro de gravedad sobre un quicio vertical, propio á hacerla móvil en él, y presentando alternativamente á sus dos polos, que designaremos por A y B, el mismo polo de otro iman que tengamos en la mano, observaremos que, si por ejemplo el polo A es atraido, el B es repelido. Lo que prueba el enunciado.

10. *Los polos de un mismo nombre se repelen, los de nombre contrario se atraen.*

Demostracion. En efecto, si tomamos otro iman igualmente móvil, y designamos por las mismas letras acentuadas A' y B' los dos polos, de los cuales el primero es atraido y el segundo repelido por el polo del iman fijo, que en la esperiencia precedente atraia A y repelia B, reconoceremos la verdad del enunciado.

11. **Hipótesis de los dos flúidos magnéticos.** Se atribuye la causa de los fenómenos magnéticos á un flúido particular imponderable, compuesto de dos flúidos elementales que residen á la vez en un mismo iman, dominando cada uno en su polo, y obrando por repulsion sobre sí mismo y por atraccion sobre el flúido contrario. Veamos por qué. Dos son las principales razones en que descansa esta hipótesis: 1.ª que el magnetismo no es inherente al iman ni á los elementos que le constituyen; y en efecto, con calentar hasta el calor rojo un iman, natural ó artificial, se le priva de sus propiedades magnéticas; 2.ª que el magnetismo es imponderado, porque si se pesa una barra de

UNIVERSIDAD DE HUELVA 2010

acero imantada, y luego privada de esta propiedad, se obtendrá en ambos casos el mismo peso.

12. **Sustancias magnéticas.** *El magnetismo no existe únicamente en los imanes, sino tambien en las sustancias simplemente magnéticas, como el hierro.*

Demostracion. En efecto, presentando á uno de los polos de un iman un cilindrito de hierro dulce, ya en contacto, ya á distancia, se observa haberse convertido en verdadero iman bajo la influencia del primero, y no solo posee todas las cualidades magnéticas, sino que por la influencia puede trasmitirlas á un tercer cilindro, este á un cuarto etc., hasta que la accion por influencia haya completamente desaparecido. Resta probar que en esta esperiencia el magnetismo desarrollodo en el hierro dulce no le ha sido trasmitido por la barra imantada, y efectivamente: 1.° El estado magnético desarrollado en el hierro dulce solo subsiste mientras dura la influencia del iman que obra sobre él; 2.° la esperiencia puede renovarse un número indefinido de veces sin que el iman pierda nada de su fuerza; y 3.° el hierro dulce posee simultáneamente los dos flúidos. Todo lo que comprueba que el flúido desarrollado no ha sido trasmitido por el iman.

13. **Consecuencias.** Dedúcese pues: 1.° Que el hierro en estado natural posee los dos flúidos magnéticos; 2.° que los dos flúidos magnéticos se encuentran en el hierro en estado de combinacion y de neutralizacion mutua; 3.° que bajo la influencia del polo A de un iman los dos flúidos se descomponen, el flúido B' del hierro es atraido como siendo de nombre contrario, y el flúido A' repelido; 4.° que esta descomposocion es instantánea; pero tan luego como la influencia cesa, se recomponen inmediatamente y forman flúido *neutro*.

14. **Fuerza coercitiva del acero.** Llámase asi la fuerza que se opone á la separacion de los dos flúidos magnéticos y á su recomposicion una vez separados.

En efecto, en el acero templado la separacion de los dos flúidos exige, ó bien fricciones repetidas, ó un contacto mas ó menos prolongado con el iman; pero en compensacion, una vez que los dos flúidos magnéticos esperimentaron la descomposicion, permanecen separados indefinidamente.

15. *La descomposicion del magnetismo, sea en el acero, donde es permanente, sea en el hierro, donde es pasajera, es simplemente molecular.*

Demostracion. Efectivamente, divídase en dos una barra de acero imantada: cada mitad formará un iman completo con sus dos polos y su línea neutra; divídase aun de nuevo cada mitad, cada cuarto..... etc., los mas pequeños fragmentos conservarán siempre los dos flúidos, y los polos y la línea neutra no harán otra cosa que cambiar de lugar.

UNIVERSIDAD DE HUELVA 2010

16. **Medio de distinguir un iman de una sustancia magnética.** Un iman posee los dos flúidos en estado libre, y cada uno de sus polos ejerce sobre los polos de una aguja imantada dos acciones; la una atractiva, y la otra repulsiva: la sustancia magnética posee ambos flúidos en estado neutro, y atrae indiferentemente los dos polos de una aguja magnética.

17. **Puntos consecuentes.** Sucede á veces que una barra ó una aguja magnética tiene mas de una línea neutra, y por consiguiente mas de dos polos magnéticos. Dícese entonces que posee *puntos consecuentes.*

§. II. *Magnetismo terrestre.*

1. Demostrar que la fuerza directiva que solicita la aguja magnética emana de un iman fijo.—2. Qué consecuencias se han sacado de esta demostracion y qué esperiencias se hicieron?—3. A qué se llama polo y flúido magnético boreal de la tierra, polo y flúido austral?—Reciben el mismo nombre los polos de los imanes?—4. Qué consecuencia se deduce de estas definiciones?—5. Coincide la direccion de la aguja imantada con el meridiano astronómico?—6. A qué se llama meridiano magnético?—7. A qué se llama declinacion magnética?—8. Cuándo se dice declinacion occidental ú oriental?—9. A qué se llama brújula de declinacion y en qué consiste?—10. Demostrar que la declinacion magnética varia con las latitudes?—11. Qué es brújula de inclinacion?—12. Qué se entiende por inclinacion magnética?—13. Demostrar que la inclinacion varia con las latitudes?—14. A qué se llama ecuador magnético?—15. Comprobar que la aguja imantada sufre variaciones en un mismo lugar: 1.° seculares; 2.° diurnas; 3.° instantáneas, con las consecuencias que de ello se deducen.—16. Comprobar que la aguja de inclinacion varia tambien de posicion en un mismo lugar.

1. *La fuerza directiva que solicita la aguja imantada emana necesariamente de un iman fijo, que obra por atraccion sobre uno de los polos y por repulsion sobre el otro.*

Demostracion. Una aguja no imantada de cobre, madera ó acero, suspendida por su centro de gravedad á un hilo sin torsion ó colocado sobre un quicio, permanece en equilibrio indiferentemente en todas las posiciones. Pero una aguja imantada móvil sobre un eje vertical que pase por su centro de gravedad se detiene siempre por sí misma en una posicion fija, á la que vuelve, si de ella se le aparta, por una serie de oscilaciones.—Lo que demuestra el enunciado.

2. **Esperiencias y consecuencias.** 1.ª Se ha observado ademas que en nuestros climas, uno de los polos se dirige siempre hácia el Norte y el otro siempre hácia el sur; por manera que si se hace girar la aguja hasta que los polos cambien de lugar, describirá una semicircunferencia para recobrar su primera posicion de equilibrio, el único estable y que puede conservar.

2.ª Todas las esperiencias hechas comprueban que la direccion de la aguja imantada es un hecho general, que no es efecto de una causa lo-

UNIVERSIDAD DE HUELVA 2010

cal, que tiene lugar en todos los puntos de la superficie terrestre, y en todas las distancias conocidas del centro del globo.

3ª **Magnetismo terrestre.** De las observaciones hechas con la aguja imantada en una multitud de parajes diferentes, y á distintas latitudes, en virtud de las esperiencias precedentes, se ha llegado á reconocer *que el poder magnético que obra sobre la aguja imantada reside en el mismo globo terrestre*, y que por consiguiente la *tierra puede asimilarse á un vasto iman natural, cuya linea neutra está colocada en las regiones ecuatoriales, y cuyos polos ó centros de la accion magnética estan próximos á los polos de rotacion.*

3. **Definiciones.** El flúido magnético que domina en el polo norte de la tierra, y el punto donde parece concentrada su accion, se llama *flúido magnético boreal, y el polo magnético boreal de la tierra.*—El flúido y el polo magnético opuestos toman el nombre de *flúido y polo magnético coaustral.*—Los dos flúidos y los dos polos magnéticos de los imanes se denominan tambien, el uno *polo y flúido boreal* y el otro *austral.*

4. **Consecuencia.** Y como los polos de un mismo nombre se repelen, y los de nombre contrario se atraen, es consiguiente que el polo de una aguja imantada que mira al Norte debe contener *flúido austral,* y el polo que mira al sur *flúido boreal.*

5. **De la declinacion.** La direccion de la aguja imantada, móvil al rededor de un eje vertical, no coincide exactamente con el *meridiano astronómico.*

6. **Definiciones.** Llámase *meridiano magnético* de un lugar el plano vertical que pasa por la direccion de la aguja imantada móvil al rededor de un eje vertical, ó lo que es lo mismo, por los dos polos magnéticos del globo.

7. **Declinacion magnética.** Llámase asi el ángulo formado por los planos de los meridianos magnéticos y astronómicos; es decir, el ángulo que hace la direccion de la aguja imantada con el meridiano.

8. La declinacion se llama *occidental* cuando el polo austral de la aguja pasa al oeste del meridiano, y *oriental* cuando al este.

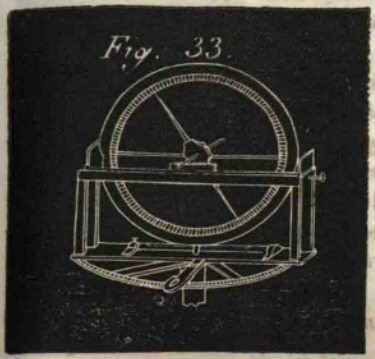
9. **Brújula de declinacion.** Llámase asi cualquier aparato destinado á medir la declinacion. Consiste en una aguja magnética muy ligera, móvil sobre un quicio vertical, y cuyos estremos se mueven al rededor de un cuadrante graduado, que permite calcular el ángulo formado por la direccion de la aguja con el meridiano del lugar.

10. *La declinacion magnética varia con las latitudes.*

Demostracion. En efecto, trasladando una brújula de declinacion á

UNIVERSIDAD DE HUELVA 2010

diferentes latitudes, se ha observado que la aguja se coloca ya hácia el occidente, ya hácia el oriente del meridiano, y que á veces coincide con él.



11. **De la inclinacion magnética.—Brújula de inclinacion.** Llámase así todo aparato destinado á medir la inclinacion magnética. Consta de una aguja móvil sobre un eje horizontal por su centro de gravedad (fig. 33).

12. Entiéndese por *inclinacion magnética* el ángulo menor que forma la aguja magnética con el horizonte.

13. *La inclinacion varía con las latitudes.*

Demostracion. Efectivamente, imaginemos que damos la vuelta á la tierra siguiendo un mismo meridiano con una brújula de inclinacion. Al llegar al polo magnético boreal de la tierra, la aguja se mantendrá vertical mirando á la tierra su polo austral, que caminando hácia el ecuador continuará inclinado sobre el horizonte; pero irá levantándose progresivamente hasta llegar al ecuador, donde la aguja se colocará en una posicion perfectamente horizontal. Pasando esta línea, y caminando hácia el polo magnético austral, observaremos una serie de fenómenos iguales con el polo boreal de la aguja.

14. **Ecuador magnético.** Llámase *ecuador magnético* la línea continua producida por la union de los diferentes puntos ecuatoriales en que la brújula de inclinacion se mantiene horizontal.

15. **Variaciones de la aguja imantada.** *La aguja de declinacion varía de posicion en un mismo lugar.*

Comprobacion.—1.° Variaciones seculares. En 1580 la declinacion en París era de 11.° 30′ al oriente. En 1663 la direccion de la aguja coincidia con el meridiano. Desde entonces la declinacion ha sido siempre occidental, y fue en aumento hasta 1819, llegando á 22.° 29′.—En la actualidad parece vuelve lentamente hácia el este.

Consecuencia. *Dedúcese de aquí que la aguja ejecuta al rededor del meridiano oscilaciones cuyo tamaño es desconocido, y cuya duracion, igualmente indeterminada, comprende siglos.*

2.° Variaciones diurnas. La aguja esperimenta tambien variaciones diurnas. Efectivamente, estacionaria durante la noche, marcha hácia el oeste desde la salida del sol hasta las 3 de la tarde, y vuelve entonces hácia el este hasta las 9, 10 ú 11 de la noche. La estension de estas escursiones varía. El maximo tamaño medio es de 13 á 15 minutos, y tiene lugar de abril á

UNIVERSIDAD DE HUELVA 2010

setiembre. El mínimo es de 8 á 10, y desde octubre á marzo.—El tamaño de las variaciones diurnas aumenta hácia el norte y disminuye hácia el ecuador magnético; y estas escursiones se ejecutan en sentido inverso en el hemisferio austral.

Consecuencia. De las observaciones indicadas acerca de las variaciones seculares y diurnas, se deduce *que en el ecuador magnético hay un doble movimiento de oscilacion, uno diurno y de poca estension, otro mucho mayor, y cuyo periodo comprende varios siglos.*

3.° **Perturbaciones.** Llámanse asi las variaciones accidentales que esperimenta la aguja magnética. Son causas que las motivan las auroras boreales, los terremotos, las erupciones volcánicas, y especialmente la caida del rayo.

16. *La aguja de inclinacion varia tambien de posicion en un mismo lugar.*

Comprobacion. Aunque estas variaciones han sido poco estudiadas, es indudable que en París la inclinacion ha disminuido progresivamente desde 1671.

§. III. *Medida de la intensidad magnética del globo y los imanes.—Ley de las acciones magnéticas.—Aguja estática.—Procedimientos de imantacion.*

1. Demostrar que la fuerza magnética terrestre está representada por un par de fuerzas etc.—2. Cuál es el principio de la medida de la intensidad magnética del globo?—3. Medida de la intensidad por las oscilaciones del péndulo de inclinacion.—4. Qué resultados ha dado esta medida?—5. De qué medios podemos valernos para medir la intensidad de las barras imantadas?—6. Esponer el método de las oscilaciones.—7. Cuál es la ley de las acciones magnéticas?—8. Quién demostró esta ley y por qué medios.—9. Qué elementos caracterizan el magnetismo terrestre en cada punto?—Cómo determinan estos elementos la distribucion del magnetismo en la superficie terestre?—10. A qué se llaman agujas estáticas?—11. Esponer uno de los medios de hacer estática una aguja?—12. Cuáles son los principales procedimientos de imantacion?—13. En qué consiste el método del simple contacto?—14. Y el de doble contacto?—15. Y el de Duhamel?—16. Y el de Æpinus?—17. Qué son hacecillos magnéticos?—18 Qué son armaduras?

1. Punto de aplicacion, direccion é intensidad de la fuerza magnética terrestre. *La fuerza magnética terrestre sobre una aguja imantada: 1.° Está representada por un par de fuerzas; 2.° estas dos fuerzas no pueden estar en equilibrio sino cuando su direccion coincide con el eje magnético de la aguja; 3.° estas dos fuerzas estan situadas en el plano del meridiano magnético, y son paralelas á la aguja de inclinacion, puesto que dan á esta y á la declinacion una direccion fija.*

UNIVERSIDAD DE HUELVA 2010

Demostracion. En efecto, concibamos (fig. 29 bis) una aguja imantada que pueda girar libremente al rededor de su centro de gravedad. Todas las líneas tiradas desde uno de los polos magnéticos del globo á las diferentes moléculas de la aguja pueden considerarse como paralelas, puesto que estan á una distancia casi infinita. Esto supuesto, el polo ejercerá sobre todos los elementos del flúido austral de la aguja *fuerzas atractivas paralelas*, cuya resultante *f* será igual á su suma, y aplicada á un punto *a* que será su centro. El mismo polo boreal del globo ejercerá sobre todos los elementos del flúido boreal de la aguja *fuerzas repulsivas paralelas*, cuya resultante *f* será igual á su suma, y aplicada al punto *b* de la aguja. Del mismo modo hallaríamos que la accion del polo austral de la tierra sobre la aguja se compondria de dos fuerzas paralelas iguales y contrarias *f'* y *f'*, la una repulsiva aplicada al punto *a*, y la otra atractiva aplicada al punto *b* de la aguja. Y segun el paralelogramo de las fuerzas obtendremos dos resultados finales F y —F, que serán necesariamente paralelas, iguales y contrarias: luego constituirán *un par*. Los demas enunciados se deducen de este como consecuencias.



Fig. 29 bis.

Medida de la intensidad magnética del globo. Una aguja de inclinacion ó de declinacion, apartada de su posicion de equilibrio, oscilará como un péndulo en virtud de una fuerza, que estará en razon compuesta de la intensidad magnética de la aguja y de la tierra. Si suponemos la primera constante, las oscilaciones solo varían con la segunda y conforme á esta ley. *La intensidad de las fuerzas que producen los movimientos del péndulo son proporcionales á los cuadrados del número de oscilaciones efectuadas en el mismo tiempo.* Luego podremos medir la intensidad magnética del globo ya con el auxilio de una aguja de inclinacion ó de declinacion. Solo espondremos el primero de estos medios.

3. **Medida de la intensidad por las oscilaciones de la aguja de inclinacion.** Si hacemos oscilar una aguja de inclinacion en el plano del meridiano magnético, la fuerza magnética terrestre obrará con toda su intensidad, y designando por n el número de oscilaciones efectuadas en un tiempo dado, cuando la intensidad magnética terrestre es m, y por n' el número correspondiente á una intensidad magnética diferente m', tendremos

$$\frac{m}{m'} = \frac{n^2}{n'^2}$$

4. **Resultados.** Trasportando á diversos parajes una aguja magnética, y haciéndola oscilar, se ha hallado:

1.° Que la intensidad magnética mínima de la tierra tiene lugar en el

UNIVERSIDAD DE HUELVA 2010

ecuador magnético, y aumenta progresivamente hasta los polos magnéticos, en cuyo punto es doble del ecuador.

2.° Que la intensidad magnética decrece sensiblemente en un mismo punto á medida que uno se eleva sobre la superficie terrestre.

3.° Que en un mismo punto la intensidad magnética sufre variaciones sensibles y á veces rápidas.

5. **Intensidad magnética de las barras imantadas.** Para medir la intensidad magnética de las barras imantadas pueden emplearse dos métodos: 1.° el de las oscilaciones; 2.° el de la balanza de torsion. Solo espondremos el primero.

6. **Método de las oscilaciones.** Suspenderemos la barra imantada de un hilo de seda sin torsion. Se hará oscilar bajo la influencia terrestre, y hará n oscilaciones en el tiempo t. Se hará oscilar de nuevo cuando su intensidad magnética ha variado, y hará n' oscilaciones en el mismo tiempo. Si la intensidad magnética del globo no ha variado, las intensidades del iman móvil F y F' serán entre sí como los cuadrados de n y n' es decir $\frac{F}{F'} = \frac{n^2}{n'^2}$

7. **Ley de las acciones magnéticas.** *Las atracciones y repulsiones magnéticas estan en razon inversa del cuadrado de las distancias.*

8. Coulomb ha demostrado esta ley por dos métodos, á saber: el de las *oscilaciones* y el de la *balanza de torsion.*

9. **Distribucion del magnetismo en la superficie terrestre.** Tres elementos caracterizan el magnetismo terrestre en cada punto: la *declinacion*, la *inclinacion* y la *intensidad.* Observando coordinadamente estos tres elementos en una multitud de puntos, se llega á conocer la distribucion del magnetismo en la superficie terrestre, es decir, la determinacion: 1.° de las líneas de igual declinacion ó *isógonas*, y en particular de las *curvas sin declinacion;* 2.° de las líneas de igual inclinacion ó *isoclíneas*, y en particular de la *curva sin inclinacion ó ecuador magnético;* 3.° de las líneas de igual intensidad ó *isodinámicas;* 4.° de los *meridianos magnéticos;* y 5.° de los *polos magnéticos* superficiales, asi como de los centros de accion interiores del globo (1).

10. **Agujas estáticas.** Llámanse asi las agujas magnéticas que, conservando su movilidad no tienen empero una posicion fija de equilibrio, por haberlas privado en parte ó en su totalidad de la influencia magnética del globo.

---

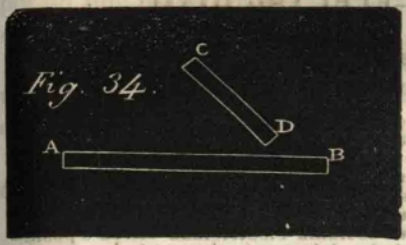
(1) MM. Duperrey, Sabine, Barlow.... han construido cartas que representan estos diversos elementos; pero estos trabajos solo pueden ser útiles para la época, porque las diversas curvas magnéticas varian con el tiempo, y siguen una ley desconocida aun.

UNIVERSIDAD DE HUELVA 2010

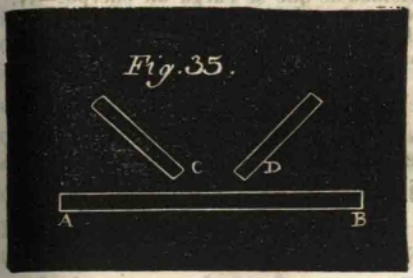
11. Hay varios medios de hacer estáticas las agujas: solo espondremos el siguiente:

Medio de hacer estática una aguja. Supongamos una aguja móvil al rededor de un eje paralelo á la inclinacion magnética. Las dos fuerzas del par terrestre siendo paralelas al eje de rotacion en todas las posiciones de la aguja tenderán únicamente á romper este eje, serán destruidas por su resistencia, y no podrán ejercer sobre la aguja ninguna fuerza directiva. Luego será perfectamente *estática.*

12. **Procedimientos de imantacion.** Se conocen varios; pero los principales son el de simple y doble contacto, el de Duhamel y el de Æpinus.



13. **Método de simple contacto.** El procedimiento mas sencillo para imantar á saturacion una aguja ligera ó una barrita de acero consiste en deslizar sobre toda su longitud el polo de un fuerte iman, y repetir varias veces en el mismo sentido las fricciones (fig. 34).



14. **Método de doble contacto.** Se reunen en el centro de la aguja que se quiere imantar los dos polos contrarios de dos imanes de igual fuerza, y se hacen deslizar simultáneamente cada uno hácia su polo, cuya operacion se repite diversas veces (fig. 35).

15. **Método de Duhamel.** Es una modificacion del anterior y el mejor para imantar agujas de brújula. Consiste en hacer descansar los dos estremos de la barra ó aguja que se desea imantar sobre los polos contrarios de dos imanes fijos, colocados enfrente uno de otro y en la misma línea recta. Se practican en seguida las fricciones como en el método de doble contacto, cuidando que el ángulo formado por los imanes del frote sea de 29.° sobre el horizonte.

UNIVERSIDAD DE HUELVA 2010

16. **Método de Æpinus.** Todo como en el caso anterior, con la única diferencia que el ángulo formado será de 15.° á 16.°, y las fricciones partirán desde un estremo y terminarán en el otro, volviendo á repetirlas varias veces del mismo modo. Este método es el mas enérgico.

17. **Haccecillos magnéticos.** Son unos imanes artificiales muy poderosos, formados por la reunion de varias barritas de acero delgadas é imantadas á suturacion.

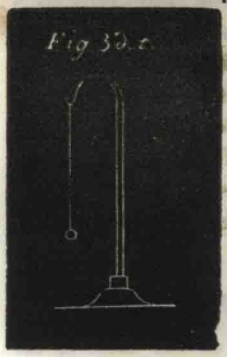
18. **Armaduras.** Son unas piezas de hierro dulce que se ponen en contacto con los polos de los imanes, ya para conservar su poder magnético, ya para aumentarle.

SECCION TERCERA.—ELECTRICIDAD.

§. I. *Electricidad desarrollada por el frote.—Hipótesis de los dos flúidos eléctricos.*

1. Cuáles son los fenómenos fundamentales de la electricidad, y de qué se deriva este nombre?—2. Qué otros fenómenos se observan ademas del mencionado?—3. A qué se llama conductibilidad?—4. A qué se llaman cuerpos buenos y malos conductores?—5. A qué se llama depósito comun?—6. Qué son cuerpos aisladores?—7. Demostrar: 1.° Que existen dos electricidades. 2.° Que los cuerpos cargados de una misma se repelen y los cargados de distinta se atraen.—8. A qué se llama electricidad vítrea ó positiva, y resinosa ó negativa?—9. Demostrar la ley de la electrizacion por el frote.—10. De qué circunstancias depende la especie de electricidad de que se carga un cuerpo?—11. Cuál es la hipótesis teórica de Simmer acerca de la electricidad?—12. Qué causas motivan la descomposicion del flúido natural?—13. A qué se llama electricidad estática y dinámica?

1. Hay ciertas sustancias, como el vidrio, el lacre, el ambar, el azufre..... que cuando se les frota con un pedazo de lana ó piel de gato adquieren la propiedad de atraer los cuerpecillos ligeros, como pedazos de papel, las barbas de las plumas, hojas metálicas... Esta propiedad ha sido observada por la vez primera en el ambar amarillo, llamado *electron* en griego, y de aqui el nombre de *electricidad*.



Comprobacion. El *péndulo eléctrico* ofrece uno de los medios mas sencillos de comprobar que un cuerpo se electriza con el frote. Consiste en una bolita de medula de sauco suspendida á la estremidad de un hilo muy fino: por poco que un cuerpo esté electrizado, si se presenta al péndulo, atraerá hácia sí la bolita de sauco, apartándola de su posicion de equilibrio (fig. 36 t).

UNIVERSIDAD DE HUELVA 2010

2. **Otros fenómenos.** Ademas del fenómeno de atraccion, se observa al frotar un pedazo de ambar con una piel de gato ó lana: 1.° Que aproximando la mano ó la cara á la superficie del cuerpo electrizado, se siente en la piel una sensacion ligera, análoga á la producida por una tela de araña; 2.° se percibe un olor fosfórico; 3.° si se le toca con el dedo ó con una bola metálica, se siente un chirrido de una débil chispa; 4.° en la oscuridad se observa un resplandor azulado seguir el frotador por todos los puntos por que se pasea sobre el cuerpo que se electriza.

3. **Cuerpos buenos y malos conductores.** La propiedad que tienen algunos cuerpos de trasmitir la virtud eléctrica, y de electrizarse en toda su estension luego que estan puestos en contacto por un solo punto con un cuerpo ya electrizado, se llama *conductibilidad eléctrica*.

4. Los metales y demas cuerpos que no pueden electrizarse directamente por el frote, aunque sí poseen en alto grado la propiedad de la conductibilidad, se llaman *buenos conductores*.

La resina, el ambar, el vidrio, las piedras preciosas y demas cuerpos que se electrizan por el frote directo se llaman *malos conductores*.

5. **Depósito comun.** Cuando un cuerpo conductor electrizado se pone en contacto con una esfera metálica, se nota que las propiedades eléctricas del cuerpo se debilitan tanto mas cuanto mayor sea el volúmen de la esfera. De manera que si el volúmen de la esfera fuese infinitamente grande con relacion al del cuerpo electrizado con el cual estuviese puesto en contacto, todos los signos de electricidad desaparecerian de repente. Esto es justamente lo que sucede cuando un cuerpo electrizado está en comunicacion con la tierra, porque el globo terrestre está compuesto de sustancias que conducen bastante bien la electricidad, y porque su volúmen es inmenso.—Por esta razon llaman á la tierra en las teorías eléctricas *depósito comun*.

Cuerpos aisladores. Para que un cuerpo conductor conserve su electricidad es necesario que esté separado de la tierra por medio de un cuerpo mal conductor. Entonces se dice que el cuerpo está *aislado*, y el cuerpo que le sirve de sustentáculo se llama *aislador*.

7. 1.° *Existen dos electricidades de diversa naturaleza.*

2.° *Dos cuerpos cargados de una misma electricidad se repelen; y cuerpos aislados cargados de electricidad contraria se atraen.*

Demostracion. Consideremos dos péndulos aislados: A y B. Si despues de haber frotado un tubo de cristal con lana se aproxima al péndulo A, la bola de sauco será atraida, y la atraccion persistirá mientras no haya contacto entre la bola y el tubo electrizado; pero asi que la bola y el

UNIVERSIDAD DE HUELVA 2010

tubo se toquen, la atraccion se cambiará en una vivísima repulsion. Luego la bola A es repelida por el tubo de cristal que le ha comunicado su electricidad. Del mismo modo si se presenta á la bola del péndulo B un cilindro de resina frotado con una piel de gato se repetirá el fenómeno precedente. Sin embargo, si al péndulo A, electrizado por el vidrio y repelido por él, se presenta el cilindro de resina electrizado, será atraido vivamente. Del mismo modo, si al péndulo B, electrizado por la resina y repelido por ella, se presenta el tubo de vidrio electrizado, habrá tambien una gran atraccion. Todos los demas cuerpos electrizados de cualquier manera atraen tambien uno de los péndulos y repelen otro. Luego es evidente lo enunciado.

8. **Definiciones.** La electricidad que se desarrolla en el vidrio cuando se frota con la lana se denomina *electricidad vítrea ó positiva;* la que se desarrolla en la resina cuando se la frota con la lana ó con una piel de gato se llama *electricidad resinosa ó negativa.*

9. **Ley de la electrizacion por el frote.** *Siempre que dos cuerpos de cualquier naturaleza que sean, aislados siendo preciso, se electrizan por su frote mutuo, adquieren el uno electricidad positiva, y el otro negativa, pero en cantidad igual.*

Demostracion. Para demostrar este hecho, que no tiene escepcion, se toman dos discos aislados de metal ó de otra cualquier sustancia, se frotan el uno con el otro y se separan rápidamente. Presentándoles luego sucesivamente á un péndulo aislado, cargado por ejemplo de electricidad vítrea, se observa que siempre uno de dichos cuerpos repele el péndulo, y otro le atrae. Luego es evidente el enunciado.

10. **Observacion.** Las circunstancias que determinan la especie de electricidad de que un cuerpo se carga varían en sumo grado, y dependen en general: 1.° *De la naturaleza de los cuerpos.* En efecto, el vidrio y la resina frotados con lana adquieren el uno electricidad positiva, y la otra negativa. 2.° *El grado de pulimento.* Frotando un tubo de cristal pulimentado con otro por pulimentar, el primero se electriza positivamente, y el segundo negativamente. 3.° *El sentido de las fricciones.* En efecto, de dos pedazos de una misma cinta de seda, frotados en cruz, el que es frotado trasversalmente adquiere flúido negativo, y el que lo es longitudinalmente flúido positivo. 4.° *La temperatura:* de dos cuerpos idénticos á diferente temperatura frotados entre sí, el que tiene mayor temperatura adquiere flúido positivo y el otro negativo.

11. **Hipótesis de los dos flúidos eléctricos.** Varias han sido las hipótesis inventadas para esplicar los fenómenos eléctricos. Solo mencionaremos la de *Simmer,* que es la generalmente admitida, y se deduce naturalmente de los hechos y observaciones espuestas. De ellas en efecto resulta la hipotesis teórica siguiente:

1.° La *electricidad* puede asimilarse á un flúido imponderado que se des-

UNIVERSIDAD DE HUELVA 2010

liza fácilmente por la superficie de ciertos cuerpos, mientras que otros oponen una resistencia mas ó menos directa á su movimiento.

2.° Deben existir dos flúidos eléctricos, el uno positivo y el otro negativo, que obran cada uno por repulsion sobre sus propias moléculas y por atraccion sobre las del otro.

3.° Todos los cuerpos poseen en cantidad igual é indefinida los dos flúidos eléctricos en estado de combinacion ó de neutralizacion mutua. Esta combinacion de los dos flúidos toma el nombre de *flúido natural ó neutro*.

4.° La electricidad de dos cuerpos en estado *natural* cuando se les frota es el resultado de la separacion de los dos flúidos, que se reparten entonces desigualmente entre los dos cuerpos: el que posee en mayor grado flúido positivo, se electriza positivamente; aquel en que domina el negativo negativamente, y su doble electrizacion, es siempre simultánea.

12. **Causas de la descomposicion del flúido natural.** La mas notable es el *frote;* pero la descomposicion se logra tambien por la *presion*, el *calor*, el *simple contacto de los cuerpos* y las *acciones químicas*.

13. La electricidad desarrollada por el frote, y que forma en la superficie de los cuerpos electrizados una capa mas ó menos gruesa en estado de *tension* y de reposo, se llama electricidad *estática*, por oposicion á la electricidad de las pilas voltaicas que producen sus notables efectos en estado de movimiento, por lo cual se denomina electricidad *dinámica*.

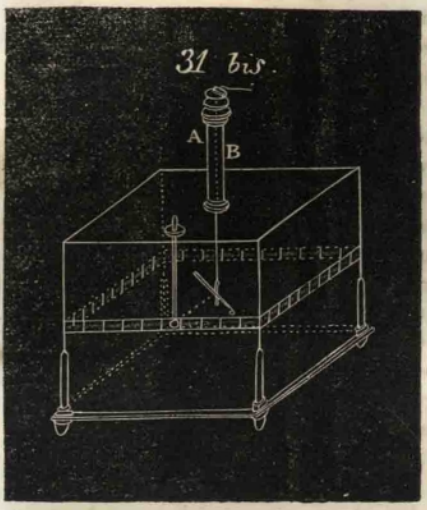
§. II. *Ley de las atracciones y repulsiones eléctricas.—Distribucion de la electricidad en la superficie de los cuerpos.*

1. Por qué medio se demuestran las leyes de las atracciones y repulsiones eléctricas?—2. Descripcion de la balanza de Coulomb.—3. Demostrar la 1.ª ley de las atracciones y repulsiones.—4. Demostrar la 2.ª ley.—5. Demostrar que la presion del aire es lo que retiene en los cuerpos conductores la capa superficial de electricidad.—6. Demostrar el primer principio de la distribucion del flúido eléctrico sobre los cuerpos conductores.—7. Demostrar el segundo principio.—8. Demostrar el tercer principio.—9. Consecuencia que se deduce del tercer principio y como por ella se viene en conocimiento del poder de las puntas metálicas.

1. **Ley de las atracciones y repulsiones.** Estas leyes se demuestran por medio de la balanza de Coulomb.

UNIVERSIDAD DE HUELVA 2010

2. **Descripcion de la balanza de Coulomb.** La balanza eléctrica de torsion se compone de una gran caja de vidrio (fig. 31 *bis*), cuya cubierta es tambien un platillo de vidrio con dos agujeros. El uno, cerca de la circunferencia, sirve para introducir una bola metálica aislada; el otro, en el centro, tiene encima un tubo de vidrio vertical, en cuyo eje está suspendido un hilo metálico muy fino, sujeto por su parte superior á una palanquilla que forma parte de un tambor metálico, que está embutido en otro tambor fijo sobre el cual puede girar, y que se halla graduado en un limbo superior. El primero lleva consigo una señal que sirve para contar los grados de rotacion. En la parte inferior del hilo metálico, y en medio de la caja de cristal, está suspendida una palanca horizontal de goma laca, cuya estremidad lleva un pequeño disco de bricho ó papel dorado.—Finalmente, en las paredes laterales de la caja estan trazadas las divisiones angulares, en el plano horizontal que contiene el centro del disco de bricho, y el centro de la bola metálica, y cuyos dos puntos deben hallarse á la misma distancia del hilo metálico que constituye el centro de rotacion.



3. 1.ª **Ley.** *La fuerza repulsiva de dos cuerpos electrizados está en razon inversa del cuadrado de la distancia que les separa.*

Demostracion. Colocando el tambor móvil de la la balanza de manera que, hallándose el hilo metálico sin torsion, la palanca horizontal esté dirigida hácia el cero de la division, y su disco de bricho en contacto con la bola metálica, cuyo centro debe tambien corresponder al cero, se electriza la bola y el disco de bricho participando de su electricidad es repelido y toma una posicion nueva, en equilibrio con la fuerza repulsiva y de torsion, en cuyo caso ambas fuerzas serán iguales. Pero siendo la de torsion proporcional al ángulo de torsion, podremos medir por este la de repulsion. En efecto, figurémonos que el disco se detiene en la division 36.°—La repulsion eléctrica estará representada por este número.—Haciendo ahora girar el disco superior, coloquemos el disco de bricho enfrente de las divisiones 18.° y 9.°—Las distancias de la bola al disco serán entonces 1, $^1/_2$, $^1/_4$.—En cualquiera de estas posiciones de equilibrio, la fuerza de repulsion y la de torsion serán iguales. Pero esta se compone evidentemente del ángulo 18.° ó 9.°, mas el número de grados que haya sido necesario para hacer girar el tambor móvil. Ahora bien: Coulomb halló que para la segunda posicion del disco fueron necesarios 126.° y para la tercera 567.°—Por manera que las distancias del disco

UNIVERSIDAD DE HUELVA 2010

á la bola, siendo sucesivamente 1, 1/2, 1/4, las torsiones del hilo y las fuerzas repulsivas correspondientes fueron entre sí como los números 36,18+126=144,9+567=576, ó lo que es lo mismo, como los números 1,4,16. Lo que demuestra la primera ley enunciada.

4. 2.ª **Ley.** *Las acciones eléctricas estan en razon directa de las cantidades de electricidad de los dos cuerpos que obran uno sobre otro.*

Demostracion. En efecto, si cuando el disco de bricho está repelido á 18.° de distancia de la bola metálica, tocamos esta en otra, exactamente igual y en estado natural, la electricidad se distribuira por mitad en ambas, y conoceremos que la fuerza repulsiva se ha hecho dos veces menor: pues para mantener el disco á los mismos 18.° es necesario disminuir en una mitad la torsion total.

5. *La presion del aire esterior es únicamente lo que retiene en los cuerpos conductores la capa superficial de electricidad.*

Demostracion. En efecto, en el vacío la electricidad sobre los cuerpos conductores se disipa instantáneamente.

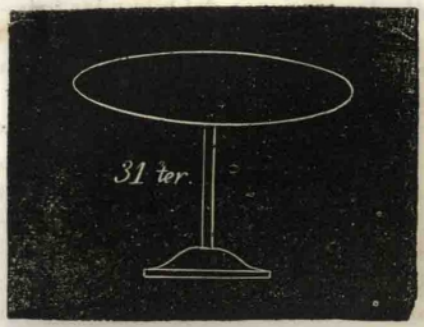
6. **Distribucion del flúido eléctrico sobre los cuerpos conductores.—1.er principio.** *Cuando un cuerpo conductor está electrizado, el flúido eléctrico libre que posee, obedeciendo á la fuerza repulsiva que sus moléculas ejercen unas sobre otras, abandona el interior del cuerpo, y forma una capa superficial de un pequeño espesor.*

Demostracion. En efecto, si se toca una bola maciza de metal electrizado con una bola igual, la primera pierde la mitad de su electricidad.—Si se toca la bola metálica con otra del mismo radio, pero hueca, ó con otra de cristal igual y cubierta únicamente con una hojilla de oro, la division de la electricidad de por mitad se efectúa exactamente lo mismo que en el primer caso.—Luego es evidente el principio sentado.

7. 2.° **Principio.—Distribucion de la electricidad en un cuerpo esférico.** *El espesor de la capa eléctrica en un cuerpo esférico conductor y aislado, es igual en todos los puntos de su superficie.*

Demostracion. Efectivamente, siendo todo simétrico al rededor del centro, no hay razon para que el flúido eléctrico se acumule con desigualdad.—Un pequeño disco de papel dorado colocado á la estremidad de una aguja de goma laca, quita, tocándole tengencialmente al cuerpo electrizado y levantándole perpendicularmente, una cantidad igual de electricidad en todos sus puntos.

UNIVERSIDAD DE HUELVA 2010



8. **3.er Principio.—Distribucion de la electricidad en un elipsoide** (fig. 31 *ter*). *El espesor de la capa eléctrica en un elipsoide conductor aislado es mínimo á los estremos del eje menor, y aumenta partiendo desde esta seccion media hasta los estremos del eje mayor, donde es su máximo.*

Demostracion. Efectivamente, tocando con el disco de la esperiencia anterior varios puntos de su elipsoide electrizado, se obtiene en cada contacto una cantidad de electricidad proporcional al espesor eléctrico del punto tocado, cuya proporcion sigue la ley del principio sentado.

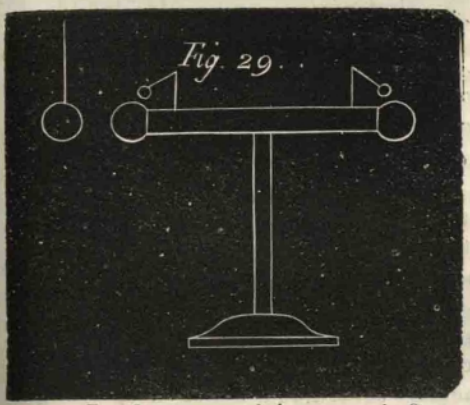
9. **Consecuencia. — Poder de las puntas.** Un cuerpo conductor cónico puede considerarse como el polo de un elipsoide muy prolongado, resultando por consecuencia de la estension del tercer principio sentado que el espesor de la capa eléctrica en el vértice del cono debe ser infinitamente grande; como la resistencia del aire que únicamente retiene el flúido eléctrico es sumamente pequeña, la electricidad abandonará el cuerpo, siempre que la tension eléctrica supere la presion del aire.—Concíbese tambien fácilmente que en la estremidad de una punta metálica electrizada la tension eléctrica debe tener siempre la ventaja, y el flúido se disipará enteramente; lo que asi comprueba la esperiencia.—Por consiguiente, un cuerpo terminado en punta, ó cuya superficie presente varias prominencias salientes y aguzadas, no conservará la menor señal de electricidad. Por eso las puntas impiden que las máquinas eléctricas se carguen, pues dejan salir el flúido á manera que se desarrolla.—En la oscuridad la salida del flúido presenta á la vista el aspecto de un bonito *penacho luminoso* cuando el flúido es positivo, y de un *punto brillante* siendo negativo.—Poniendo la mano delante de la punta á cierta distancia, se esperimenta sobre la piel la sensacion de un ligero soplo.—Franklin hizo una feliz aplicacion del *poder de las puntas*, de que luego hablaremos.

UNIVERSIDAD DE HUELVA 2010

§. III. *Electricidad por influencia.*

1. Demostrar que un cuerpo electrizado descompone por influencia el flúido neutro de un cuerpo conductor.—2. Demostrar que la descomposicion por influencia tiene un límite.—3. Demostrar que el cuerpo electrizado atrae á sí el flúido de nombre contrario, y repele el del mismo nombre en el cuerpo aislador.—4. Demostrar la recomposicion del flúido natural cuando cesa la influencia.—5. Demostrar que cuando el conductor que sufre la influencia está en comunicacion con el depósito comun se carga de un solo flúido.—6. Demostrar que hay una distancia en la cual la electricidad se reune por medio de chispas eléctricas.—7. Describir la máquina eléctrica.—8. Cómo se aumenta el poder de la máquina?—9. Cuáles son los efectos de la máquina?—10. Describir el electróforo.—11. Qué se entiende por electróscopos?—Qué usos se hacen del electróscopo?

1. ***Un cuerpo electrizado descompone por influencia el flúido neutro de un cuerpo conductor colocado á cierta distancia.***



Demostracion (figura 29). Electrícese un cuerpo cualquiera, colóquese á cierta distancia de un cilindro metálico aislado y en cuyos estremos lleve dos bolitas de medula de sauco suspendidas en unos apéndices verticales, y se observará que los pendulitos se apartan de los apéndices de que estan pendientes mientras el cuerpo electrizado tenga accion sobre el cilindro.

2. ***La descomposicion por influencia tiene un límite: la distancia á que este fenómeno puede tener lugar se llama*** ESFERA DE ACTIVIDAD ***del cuerpo electrizado.***

Demostracion. Efectivamente, á medida que el cilindro metálico se separa del cuerpo electrizado, la divergencia de los dos péndulos decrece poco á poco hasta que llega á un punto á cuya distancia los péndulos se caen verticalmente, y cesan todos los signos de electricidad.

3. ***En la descomposicion por influencia el cuerpo electrizado al descomponer el flúido natural del cuerpo conductor colocado bajo su esfera de actividad, atrae á la parte mas próxima el flúido de nombre contrario, y repele á la opuesta el del mismo nombre.***

Demostracion. Efectivamente, si electrizamos, por ejemplo *positivamente* un cuerpo, y colocamos bajo su esfera de actividad el cilindro aislado de que hicimos mencion en las esperiencias anteriores, notaremos

UNIVERSIDAD DE HUELVA 2010

que la parte del cilindro mas próxima al cuerpo electrizado está cargada de electricidad *negativa*, puesto que la bolita de sauco es repelida por una barrita de resina electrizada *negativamente*, y que la estremidad opuesta del cilindro está cargada de electricidad *positiva*, porque la bolita de este lado es tambien repelida por un tubo de cristal electrizado *positivamente*.

4. *Cuando la influencia del cuerpo electrizado cesa sobre el cuerpo conductor, ya por salir de su esfera de actividad, ya por la descarga súbita del cuerpo electrizado, los dos flúidos, momentáneamente separados en el cuerpo conductor, se recomponen y forman flúido natural. En el primer caso la recomposicion es lenta, en el segundo instantánea.*

Demostracion. En efecto, separando poco á poco el cilindro metálico, las bolitas van demostrando del mismo modo la recomposicion del flúido, que puede comprobarse ademas por el aumento progresivo de la línea neutra, que va creciendo siempre en anchura. Si se descarga el cuerpo electrizado haciéndole comunicar con el *depósito comun*, las bolitas de sauco toman de repente la posicion vertical, y demuestran asi la recomposicion instantánea de los dos flúidos.

5. *Si un cuerpo conductor sometido á la influencia de un cuerpo electrizado se pone en comunicacion con el depósito comun, llegará á adquirir únicamente un flúido eléctrico contrario al del cuerpo cuya influencia sufre.*

Demostracion. Efectivamente, supongamos el cilindro de las esperiencias precedentes, sea cual fuere la parte que de él toquemos, es decir, la anterior, la media, ó la posterior; observaremos siempre que el péndulo mas distante del cuerpo electrizado baja instantáneamente á su posicion vertical, y el péndulo mas próximo se coloca en una posicion horizontal. Ensayando luego la especie de electricidad que permanece en el cilindro, se ve siempre que es de *nombre contrario* á la del cuerpo de que ha sufrido la influencia.

6. **Comunicacion de la electricidad.—Chispa eléctrica.** *Dentro de la esfera de actividad de un cuerpo electrizado, que descompone por influencia el flúido natural de un cuerpo conductor aislado, hay otra distancia llamada* DISTANCIA ESPLOSIVA, *en la cual los dos flúidos de nombre contrario acumulados en demasía vencen con su tension la resistencia del aire, y se unen por medio de una chispa eléctrica mas ó menos viva acompañada de un chasquido particular.*

Demostracion. En efecto, aproximemos masy mas el cilindro metálico del cuerpo electrizado cuya influencia sufre, y veremos comprobado por la esperiencia la proposicion sentada.

UNIVERSIDAD DE HUELVA 2010

7. **Aplicaciones de la electricidad por influencia.—Máquina eléctrica.** La máquina eléctrica (fig. 37 *m*) se compone de un disco de vidrio, que se hace girar por medio de una manivela al rededor de un eje que pasa por su centro. En su rotacion se frota contra dos pares de cogines de cuero llenos de cerda, y fijos á los dos estremos de un mismo diámetro, y se desarrolla en él la electricidad positiva, que se acumula en el conductor de la máquina.—Este conductor se compone generalmente de dos cilindros huecos de laton sostenidos por dos pies de vidrio aisladores, y cubiertos de un barniz de goma laca.—Estos dos cilindros, que comunican entre sí, estan terminados por dos cabos en forma de herradura, que abrazan de cada lado toda la anchura del disco que electriza el frote de los cogines: estos dos cabos estan generalmente armados de puntas metálicas colocadas enfrente del disco.—Entonces la electricidad positiva, desarrollada en este, descompone por influencia el flúido natural del conductor, repele el flúido positivo, y atrae el negativo, que acumulándose en las puntas, vence la resistencia del aire y se lanza sobre el disco, neutralizando en él el flúido positivo que el movimiento de rotacion desarrolla.—Los cogines deben comunicar por medio de una cadena metálica con el depósito comun á fin de que el flúido negativo no se acumule en ellos y disminuya el poder descomponente del frote.

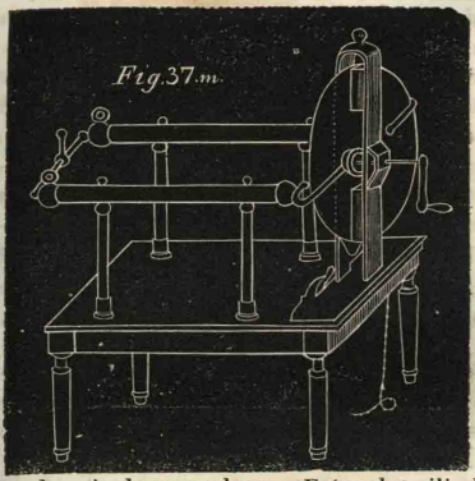


Fig.37.m.

8. Para aumentar el poder de la máquina conviene frotar los cogines con *oro musino* (deuto súlfuro de estaño), ó con una amalgama de zinc y estaño, y cubrir el disco en sus dos mitades con tafetan engomado.

9. **Efectos de la máquina.** Presentando á cierta distancia del conductor de la máquina que acabamos de describir un cuerpo metálico en comunicacion con el depósito comun, se sacan *chispas* muy vivas, y hasta verdaderas *láminas de fuego*.—Las esperiencias del *campanario eléctrico*, *granizo eléctrico*..... etc. pueden comprobarse con esta máquina.

UNIVERSIDAD DE HUELVA 2010

10. Electróforo. Este aparato ha sido imaginado por Volta. Compónese de una *torta de resina* (fig. 31) derretida en un molde de metal, donde despues del enfriamiento queda formada.—Sobre su superficie se coloca un disco metálico sostenido por una manga de cristal, cuyo diámetro debe ser algo menor que el de la torta. Para cargar el electróforo se electriza la torta de resina frotándola con una piel de gato. Si se coloca entonces sobre ella el disco metálico, la no conductibilidad de la resina se opondrá á que su electricidad se trasmita al metal; pero descompondrá por influencia su flúido natural, atraerá el flúido positivo á la cara inferior, rechazará el positivo á la superior, que tocada con el dedo se perderá en el depósito comun, y el disco se cargará de electricidad positiva.—Separándole y aproximándole el dedo, se sacarán de él chispas bastante vivas.—Este instrumento se emplea á menudo en la química.

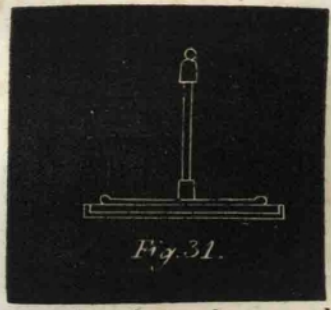


Fig. 31.

11. Electróscopos. Llámanse asi ciertos instrumentos destinados á comprobar la existencia de una pequeña porcion de electricidad sobre un cuerpo y la naturaleza de aquella.

Estos aparatos se componen de un frasco de cristal, en cuya parte superior está colocado un conductor metálico, terminado por la parte esterior por una bola, y por la interior en dos ganchitos móviles, de los cuales se suspenden dos pajas ó dos bolas de medula de sauco. Tambien suelen terminar interiormente en una palanqueta, á cuyos dos estremos se suspenden dos *hojas de oro*, que caen paralelamente en el interior de la campana.

12. Uso del electróscopo. Se acerca á su boton el cuerpo electrizado, que descomponiendo por influencia el flúido natural del conductor, el flúido del mismo nombre, rechazado á las *pajillas*, *bolitas de sauco* ú *hojillas de oro*, se separan entre sí tanto mas cuanto mayor es la intensidad de la electricidad que se le comunica.—Para saber la clase de electricidad de que está dotado un cuerpo, es necesario cargar antes el conductor de una electricidad conocida: ensayado luego el cuerpo electrizado, si este posee la misma especie de electricidad del aparato, las *pajillas*, *bolitas* ú *hojillas* se separaran mas; si la electricidad es distinta, tendrá lugar el fenómeno inverso.

UNIVERSIDAD DE HUELVA 2010

§. IV. *De la electricidad latente ó disimulada.*

1. A qué se llama electricidad latente ó disimulada?—2. Qué son condensadores?—3. Esplicar la teoría del condensador?—4. De cuántos modos puede descargarse el condensador?—5. Esplicar la descarga lenta.—6. Esplicar la instantánea.—7. En qué consiste el escitador?—8. Qué es un electrómetro condensador?—9. Cómo se usa este electrómetro?—10. Describir la botella de Leyde.—11. Cuál es la teoría de la botella de Leyde?—12. Esplicar la batería eléctrica?—13. Cuál es la teoría de este aparato?—14. Cuál es la velocidad de la electricidad y quién la halló?—15. En cuántas clases pueden dividirse los efectos de la chispa eléctrica?—16. Mencionar algunos efectos fisiológicos.—17. Mencionar algunos efectos físicos, á saber: 1.° caloríficos; 2.° mecánicos; 3.° luminosos: primero en el vacío; segundo al aire libre.—Mencionar algunos efectos químicos.

1. Si dos discos conductores separados por una lámina no conductora de cristal reciben, el uno electricidad positiva y el otro negativa, estas dos electricidades se atraerán por medio de la lámina no conductora y ocuparán las caras de los dos discos que tocan la lámina: la electricidad colocada en este estado se llama *latente* ó *disimulada*, porque no es percibida por los instrumentos en cada uno de los discos.

Si uno de los discos se pone únicamente en contacto con un manantial eléctrico se cargará de electricidad, y descompondrá por influencia una parte del flúido natural del disco opuesto; la electricidad asi producida será tambien *latente* ó *disimulada*, esto es, no se percibirá.

2. **Condensadores.** Llámanse asi instrumentos destinados á acumular la electricidad disimulada. Consisten generalmente en dos discos conductores separados por otro no conductor.

3. **Teoría del condensador.** Supongamos el conductor de una máquina eléctrica en contacto con el disco C de un condensador (fig. 38 n): este disco se cargará de electricidad positiva, descompondrá por influencia parte del flúido natural del disco C', repelerá al depósito comun el flúido positivo, y atraerá el negativo, que á su vez hará latente parte del flúido positivo del disco C, que podrá recibir del conductor de la máquina otra porcion de electricidad; pero esta renovará la misma serie de fenómenos en el disco C', que ejercerá de nuevo la accion sobre C, aumentándose asi sucesivamente flúidos contrarios en ambos discos.



4. **Descarga del condensador.** El condensador puede descargarse *lentamente* ó *instantáneamente*.

5. **Descarga lenta.** Aunque la electricidad de ambos discos es *latente* ó *disimulada*, es decir, que no da señales de su existencia,

UNIVERSIDAD DE HUELVA 2010

el disco que comunica con el conductor de la máquina posee siempre un esceso de electricidad libre: tocando, pues, este disco, se obtendrá una chispa.—Entonces el disco opuesto dejará libre una parte de su electricidad disimulada, y aplicando á él la mano sacaremos otra chispa, pudiendo asi por una serie alternada de estas descargar *lentamente* ambos discos.

6. **Descarga instantánea.** La obtendremos tocando á la de ambos discos con las manos ó con otro cuerpo conductor, con lo cual se reunirán instantáneamente ambos flúidos. Al efecto puede emplearse el

7. **Escitador.** Especie de compás metálico, cuyos brazos terminan en unas esferitas, y estan provistos cada uno de su mango formado por un mal conductor.



Fig. 30.

8. **Electrómetro condensador.** Consiste en un electróscopo comun de hojillas de oro, y terminado por su parte esterior en un disco de metal horizontal cubierto con una ligerísima capa de barniz de goma laca. Sobre este disco se coloca otro disco de igual diámetro, aislado por un mango de cristal (fig. 30).

9. **Uso del electrómetro condensador.** Tócase el disco inferior con el dedo, y se pone luego en contacto con el disco superior, sobre el cual se coloca el cuerpo cuyo estado eléctrico se quiere comprobar.

10. **Botella de Leyde.** Es un mero condensador, en el cual la lámina de cristal es curva en vez de ser plana. Consiste en una botella de vidrio delgado, cubierta esteriormente con una hoja de estaño, llamada *armadura esterior*, y que se estiende hasta cierta distancia del cuello, cuya parte escedente está cubierta con una capa de barniz de goma laca. La parte interior de la botella está llena de hojas de oro ó bricho, que forman la *armadura interior*. Una barilla metálica encorvada á manera de gancho, y terminada en un botoncito esférico, está sellada en el tapon que cierra la boca y comunica con la armadura interior (fig. 39 *s*).

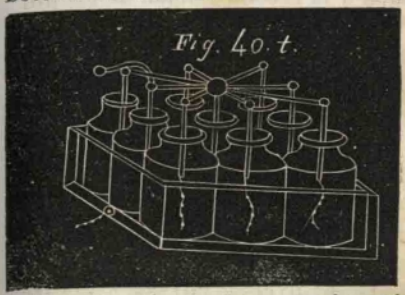


Fig. 39 s.

11. **Teoria de la botella de Leyde.** Es idéntica á la del condensa-

UNIVERSIDAD DE HUELVA 2010

dor, pues las dos armaduras equivalen á los dos discos y las paredes de la botella al disco de cristal intermedio.



12. **Batería eléctrica** (fig. 40 t). Llámase asi una reunion de botellas de Leyde que se comunican entre sí: su armadura interior por medio de las barillas metálicas, y su armadura esterior por medio de una lámina de estaño que cubre el fondo de la caja donde estan colocadas las botellas.

13. **Teoría de la batería eléctrica.** Igual á la de la botella de Leyde, puesto que la batería es un mero condensador de gran superficie.

14. **Velocidad de la electricidad.** Segun las esperiencias de M. Weatstone, es de mas de 446400000 metros por segundo (1).

15. **Efectos de la chispa eléctrica.** Pueden dividirse en tres clases: *fisiológicos*, *físicos* y *químicos*.

16. 1.° **Efectos fisiológicos.** Cuando una persona presenta la juntura de un dedo al conductor electrizado de una máquina, saca una chispa que le hace esperimentar una conmocion mas ó menos viva acompañada de una sensacion de picazon. Colocado un hombre en un banquillo con pies de cristal, y puesto en comunicacion con el conductor de la máquina eléctrica, todo el cuerpo se electriza, los cabellos se erizan y dejan salir la electricidad como todos los cuerpos terminados en punta, y todas las partes del cuerpo despiden chispas aproximándoles sustancias conductoras. La conmocion que se siente al descargar la botella de Leyde, cuando se tiene cogida la armadura esterior con la una mano y se toca con la otra el boton que comunica con la esterior, es mucho mas fuerte que la de las máquinas. Si varias personas forman la *cadena* y tocan las de los dos estremos cada una su armadura, todas esperimentan simultáneamente la conmocion. Finalmente, la producida por la descarga de una batería eléctrica es siempre peligrosa y suficiente para matar varios animales; y multiplicando las botellas podria hacerse bastante fuerte para dar la muerte á un hombre.

17. 2.° Efectos físicos. Los efectos físicos de la chispa eléctrica pueden clasificarse en *caloríficos*, *mecánicos* y *luminosos*.

1.° **Efectos caloríficos.** Citaremos entre ellos la inflamacion del éter, de alcohol y de la resina. La detonacion de una mezcla de gas hidrógeno y de oxígeno. La volatilizacion de hilos metálicos muy finos. Un tubo de seda cubierto de oro ó de plata permanece intacto, aunque los metales que le cubren se quemen y desaparezcan.

---

(1) Los límites de esta obra no nos permiten mencionar el procedimiento ingenioso que sirvió á M. Westslone para resolver este problema.

UNIVERSIDAD DE HUELVA 2010

2.° **Efectos mecánicos.** La espansion súbita del aire, la ruptura de las sustancias no conductoras que se oponen á la recomposicion de los flúidos. La traslacion y trasporte de varias sustancias. Unas placas metálicas que sufren la descarga de una batería, presentan manchas muy curiosas formadas de varios anillos concéntricos de diversos matices.

3.° **Efectos luminosos.** Son muy variados, y se observan en el vacío y en el aire libre.

1.° **En el vacío.** La esperiencia del *huevo eléctrico*, que consiste en un vaso de cristal de forma ovoidea, cuyas dos estremidades guarnecidas de birolas de metal estan, la una en comunicacion con el suelo y la otra con la máquina, toda la campana en que se hace el vacío aparece surcada de dardos luminosos, que forman penachos y arcos de diversas curvas, y matizados de diferentes colores. Dejando entrar algun aire, la luz eléctrica se reconcentra y aparece mas brillante.

2.° **En el aire.** Todos los juegos de luz eléctrica en el aire estriban en un mismo principio, que consiste en multiplicar las chispas, haciendo recorrer al flúido eléctrico una serie de conductores descontinuos, formando dibujos mas ó menos variados.

El color de le *chispa eléctrica* en el aire parece depende de su presion, su humedad, de la naturaleza de los cuerpos entre que parte la chispa y de la carga eléctrica de los que la producen. La chispa de las baterías es siempre de una blancura deslumbradora.

18. 3.° **Efectos químicos.** Aunque no tan poderosos como los de la electricidad dinámica, produce varias combinaciones y descomposiciones. Cuando una larga serie de chispas atraviesa el aire atmosférico, disminuye su volúmen y se forma una corta cantidad de ácido nítrico: á esta causa se atribuye la presencia de este ácido en las lluvias de tempestad.

§. V. *Galvanismo.—Pila de Volta.*

1. Cuáles son las esperiencias fundamentales que han dado origen al galvanismo y á la pila de Volta?—2. Quién fue Galvani y cómo esplicaba el fenómeno del galvanismo?—3. Quién fué Volta y cómo esplicó el mismo fenómeno descubierto por Galvani?—4. Cuáles son las pruebas directas del desarrollo de la electricidad por contacto suministradas por Volta?—5. Esplicar el sistema de Volta.—6. Qué sugirió á Volta el instrumento de su célebre pila?—7. Cómo se construye la pila de Volta?—8. Cuál es el estado de la pila en sus diversas posiciones?—9. Cómo se denomina la pila inventada por Volta?—10. Describir la pila de pilon ú horizontal.—11. Describir la pila de Wollaston —12 Esplicar la accion química de la pila, y su teoria como pretenden algunos físicos.—13. En cuántas clases pueden dividirse los efectos de la pila?—14. Mencionar algunos efectos fisiológicos de la pila.—15. Mencionar algunos efectos físicos de la pila.—16. Cuáles son los principales efectos químicos?—17. Tiene muchas aplicaciones la pila.

1. **Esperiencias fundamentales.** El descubrimento del

UNIVERSIDAD DE HUELVA 2010

galvanismo y de la *pila* de *Volta* es de fines del siglo XVIII. Hé aquí las esperiencias fundamentales que les han dado orígen.

Se corta por mitad del cuerpo una rana viva, se le despoja rápidamente de los miembros posteriores, dejando desnudos los dos nervios lumbales. Tomando entonces un arco metálico compuesto de una lámina de cobre y de otra de zinc, móviles al rededor de su punto de union, se pone en contacto uno de los metales con los nervios lumbales, y se tocan sus músculos crurales con el otro metal. A cada contacto los miembros del animal esperimentaran vivas convulsiones, movimientos que pueden reproducirse por mucho tiempo despues de la muerte del animal (figura 41 *a*).



2. **Galvani.** Este fenómeno notable fue descubierto por Galvani, médico y profesor de anatomía en Bolonia, en 1789. Para esplicarle admitia en la rana la existencia y desarrollo espontáneo de dos flúidos eléctricos, y asimilaba el animal á una botella de Leyde, siempre en disposicion de ser descargada.

3. **Volta.** Volta, profesor de física en Pavia, repitiendo las esperiencias de Galvani, fue conducido por sus investigaciones á una esplicacion muy diferente. Comprobó desde luego que las convulsiones de la rana son infalibles y muy pronunciadas cuando el arco conductor que establece la comunicacion entre los músculos y los nervios está compuesto de *dos metales eterogéneos*, mientras que empleando un solo metal es muy difícil obtener conmociones sensibles. Volta creyó, pues, poder sentar que las conmociones eran en efecto producidas por la electricidad, pero que la rana hacia simplemente el papel de un electróscopo, mientras que la causa generatriz de la electricidad existia únicamente en el *contacto de los dos metales eterogéneos;* uno de los cuales (el zinc) se cargaba de electricidad positiva, y el otro (el cobre) de electricidad negativa, cuyos dos flúidos contrarios, neutralizándose en los órganos de la rana, y reproduciéndose incensantemente, son la verdadera y única causa de las conmociones.

4. **Pruebas directas del desarrollo de la electricidad por contacto.** Espondremos aquí las en que Volta apoyó su teoría, tan fecunda en resultados. Sirvióse al efecto del *electrómetro condensador*.

1.ª Tocó el platillo inferior, que es de cobre, con una lámina de zinc

UNIVERSIDAD DE HUELVA 2010

comunicando con el suelo, y el disco superior con los dedos mojados, y levantando este en seguida observó que las láminas de oro se separaban, conociendo ademas que esta divergencia era producida por la electricidad negativa. Sustituyendo á la placa de zinc una de cobre como la del disco del condensador, este no daba la menor señal de electricidad.

2.ª Volta formó una placa doble formada con una lámina de zinc soldada con otra de cobre: puso en comunicacion la parte cobre con el suelo y la parte zinc con el platillo del condensador; pero como el contacto fue inmediato, la placa zinc se halló colocada entre dos metales de la misma naturaleza, en los dos puntos de contacto se desarrollaron fuerzas iguales y contrarias, y el condensador no dió muestras de electricidad como debia suceder. Pero Volta, á fin de hacer pasar al disco inferior del condensador la electricidad positiva del zinc, interpuso entre ambos un cuerpo conductor que por el contacto con los dos metales no desarrollase cantidad sensible de electricidad, eligiendo por tal un pedazo de paño mojado en agua, y al momento el electrómetro dió señales de haberse electrizado positivamente (1).

5. **Sistema de Volta.** Volta estableció, apoyado en los hechos referidos, el siguiente sistema. Llamó *fuerza electro-motriz* á la que nace del contacto de dos cuerpos eterogéneos, que reside en la superficie de su punto de union, y que descomponiendo continuamente el flúido natural, hace pasar el flúido positivo sobre uno de los cuerpos, y el negativo sobre el otro. Esta fuerza tiene dos efectos: 1.° descompone los dos flúidos naturales; 2.° se opone á su recomposicion. Mientras obra para descomponer las dos electricidades, es instantánea y permanente, pues solo necesita un momento inapreciable para desarrollarse, y su accion persiste todo el tiempo que dura el contacto. Sin embargo, mientras se opone á la recomposicion de los dos flúidos tiene un límite, dando á cada uno de los metales en contacto una tension máxima, de tal manera que: 1.° si los dos metales estan aislados, el uno de ellos tendrá una tension máxima de $+e$ de electricidad positiva, y el otro una tension de $-e$ de electricidad negativa; 2.° si uno de los metales comunica con el suelo, su tension eléctrica desaparece; pero el otro metal la adquiere doble, $+2e$ ó $-2e$, segun que el metal negativo ó el positivo esté en comunicacion con el depósito comun. Segun Volta, la fuerza electro-motriz conserva su accion aunque el sistema de los dos metales en contacto esté artificialmente electrizado; por manera que si se les comunica una cantidad 2P de electricidad positiva, el zinc poseerá siempre una carga $P+e$ de flúido positivo, y el cobre únicamente carga $P-e$, y la diferencia de las dos tensiones será constante é igual á

(1) Estas esperiencias variadas de distintos modos dieron siempre iguales resultados con todos los metales, variando únicamente la intensidad de las electricidades producidas por el contacto.

UNIVERSIDAD DE HUELVA 2010

2e. Si los dos metales estuviesen en comunicacion con un manantial de electricidad negativa, el esceso de —e estaria en favor del metal negativo. Finalmente, la tension de los cuerpos en contacto no es igual. Los metales son, segun Volta, *buenos electrómotores;* pero los demas cuerpos, como el agua y los ácidos, tienen esta propiedad en grado muy débil.

6. **Pila de Volta.** Este instrumento, que ejerció tanta influencia en los progresos de la física y de la química, fue sugerido á Volta, su célebre inventor, por los principios sentados: sin embargo, su teoría es aun inexacta.

7. **Construccion de la pila.** Colocando sobre un disco de cobre en comunicacion con el suelo un disco de zinc, sobre este una rodajita de paño humedecida con agua salada ó acidulada, y volviendo á colocar por el mismo órden unos sobre otros, y cuantas veces queramos, el disco de cobre, el de zinc y la rodajita de paño, construiremos una *pila voltaica* (fig. 42 *a*). Cada disco metálico es un *elemento* de la pila, que terminará por consiguiente por un lado en su elemento cobre, y por otro en uno zinc. Los elementos zinc y cobre estan generalmente soldados entre sí, formando lo que se llama *un par* de la pila.



8. **Estado de la pila en sus diversas posiciones.** La pila puede estar aislada ó comunicar con el suelo:

1.° Si la pila de Volta comunica con el suelo por la estremidad cobre, la teoría de Volta indica, y la *esperiencia prueba*, que toda la pila se halla cargada de *flúido positivo*, y que la tension eléctrica aumenta desde la base donde es cero hasta la cúspide zinc, donde está en su máximo. Unicamente que, segun la teoría de Volta, la tension deberia crecer proporcionalmente al número de *pares*, lo que no sucede.

2. Si la estremidad zinc es la que comunica con el suelo, toda la pila se cargará de *electricidad negativa*, y la tension seguirá la misma ley que en el caso anterior.

3. Finalmente, si la pila estuviese completamente *aislada* contendria simultáneamente las dos electricidades, positiva y negativa: toda la mitad correspondiente á la estremidad zinc estaria electrizada positivamente, y la otra mitad negativamente. En el centro la tension eléctrica seria cero, y creceria á partir de este punto hasta las dos estremidades.—El estado de la pila aislada estará, pues, bastante bien representado por la union de dos pilas de igual número de pares, comunicando con el suelo, montadas en órden inverso, y de que se hubiese formado una sola pila, poniéndolas base á base, y separando los elementos en contacto por una rodajita húmeda.—Estas dos pilas asi reunidas conservarian cada una el estado eléctrico que poseian

UNIVERSIDAD DE HUELVA 2010

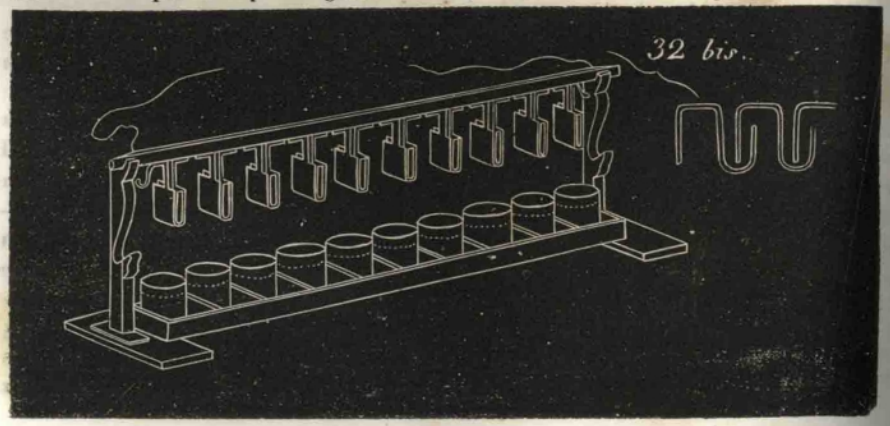
separadamente antes de su union.—Se llama polo positivo de la pila aislada la estremidad zinc, y polo negativo la estremidad cobre.

Pila en actividad. Si se reunen los dos polos por un hilo conductor, los dos flúidos contrarios acumulados á las estremidades de la pila se recompondrán por medio de este cuerpo: el equilibrio eléctrico del aparato se destruirá; pero á cada instante la fuerza electro-motriz tenderá á reproducirlo, y el hilo conjuntivo será incesantemente atravesado por dos corrientes contrarias, la una de electricidad positiva y la otra de negativa.—Desde este momento la electricidad deja de estar en estado de tension en la pila, pues no es sensible ni aun á los electróscopos mas delicados.—Antes de la reunion de los polos, la pila aislada obra por atraccion ó repulsion sobre los cuerpos electrizados que se le presentan, despide chispas y carga instantáneamente la botella de Leyde; pero despues de la reunion de los polos todos estos fenómenos desaparecen.—Pero entonces los flúidos eléctricos adquieren propiedades nuevas, dando lugar al estudio de la electricidad dinámica.

9. **Pila de columna.** Tal es la que acabamos de describir y la inventada por Volta.

10. **Pila de pilon ú horizontal.** Está formada por una caja rectangular de madera, sobre cuyas caras interiores y opuestas estan practicadas ranuras paralelas y verticales, en las cuales se colocan pares rectangulares, formados cada uno de una placa de cobre soldada con otra de zinc, y sujetas por medio de un betun aislador. El intervalo que separa dos pares es un cubito, y todos estos intervalos se llenan de un líquido acidulado que sirve de conductor, y que reemplaza las rodajitas de paño humedecidas de la pila de columna. Para hacer comunicar los dos polos, se ponen en los dos últimos piloncitos dos placas de cobre armadas de hilos metálicos, que se denominan *reóforos* ó *eléctrodos*.

11. **Pila de Wollaston.** En esta pila las placas de cobre y zinc, soldadas entre sí por una prolongacion recta, como lo indica la fig. 32 *bis*, estan



UNIVERSIDAD DE HUELVA 2010

fijas á un travesaño de madera, que permite sumergirlas inmediatamente en una serie de vasos de cristal separados, de manera que cada par se sumerge en un vaso que contiene el líquido acidulado.—El par que se introduce en el mismo vaso se compone del cobre de uno de los elementos y del zinc del elemento siguiente. Estos dos metales deben estar contorneados de manera que no se toquen.

12. **Accion química de la pila.** Si bien no está comprobado como pretenden MM. Becquerel y Delarive que la teoría de la pila pueda esplicarse esclusivamente por la accion química, está fuera de toda duda que esta accion ejerce una influencia muy marcada y grande en los fenómenos de la pila, imposible de esplicar, segun pretendia Volta, por el simple contacto de los dos metales.

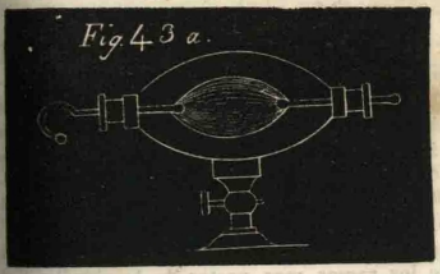
13. **Efectos de la pila.** Pueden dividirse en tres clases: *fisiológicos*, *físicos* y *químicos*.

14. **Efectos fisiológicos.** 1.° Si se tocan con las manos mojadas los dos polos de una pila aislada, se esperimenta una conmocion que dura tanto como el contacto, y que se hace insoportable por su continuidad; 2.° poniendo los reóforos de la pila en contacto con las sienes, se siente una picadura mas ó menos viva, y á cada contacto un resplandor muy vivo é instantáneo pasa por delante de los ojos; 3.° sometiendo á la accion de la corriente voltaica algunos animales, como conejos, cochinillos de Indias asfixiados, desde cerca ya de una hora, se ha conseguido volverles á la vida; 4.° en los cuerpos organizados, recientemente privados de vida, esta misma corriente escita contracciones y movimientos estraordinarios.—La conmocion voltaica aumenta con el número de elementos de la pila.

15. **Efectos físicos.** Son muy variados, y solo mencionaremos algunos relativos al *calor* y *luz* que la electricidad voltaica puede producir.

Si se reunen los dos polos de la pila de Wollaston por un hilo metálico, suficientemente corto y delgado, se enrojece, y segun su naturaleza puede fundirse y arder. Asi, por ejemplo, las hojas de oro, plata y cobre..... arden y producen unas chispas visísimas diversamente coloreadas.

El fenómeno mas notable y brillante es el de la esperiencia de Davy. En



lo interior de un globo de cristal semejante al de la fig. 43 *a*, y en que se puede hacer el vacío, se hacen pasar por medio de cajas de cuero, dos cilindros de cobre á cuyos estremos esten fijos dos conos de carbon, muy calcinados en un crisol y al fuego de fragua, y haciendo comunicar los cilindros de cobre con los polos de una buena pila, se ve brillar entre los conos de carbon una luz deslumbradora semejante á la del sol. Aunque los polos de carbon se vuelven incande-

UNIVERSIDAD DE HUELVA 2010

centes, no se conmueven ni sufren la menor alteracion. Apartando de sí ambos conos el espacio que les separa, se llena de arcos luminosos de una intensidad notable. Esta luz es atraible al iman. Divide con la luz solar la propiedad de hacer detenar una mezcla de volúmenes iguales de cloro é hidrógeno.

16. **Efectos químicos.** Son muy numerosos y notables, y solo mencionaré, aunque sin describirlos, los mas principales y comunes. Descuella entre estos la *descomposicion del agua* (1), la descomposicion de los *óxidos* y de los *ácidos*, y la de las *sales*.

17. **Aplicaciones.** Es de sumo interés la *galvanoplástica* y otras muchas imposibles de enumerar (2).

§. VI. *Electro-dinámica* (3).

1. A quién se debe el hecho fundamental que ha dado orígen á los fenómenos electro-dinámicos, y cuándo?—2. Qué se entiende por corrientes?—3. Qué convenciones se han hecho acerca del estudio de las corrientes?—4. Qué se entiende por corrientes fijas?—5. Y por corrientes móviles?—6. Principio fundamental de la accion de las corrientes sobre las corrientes: 1.° en las corrientes paralelas; 2.° en las sinuosas; 3.° en las no paralelas.—7. Qué consecuencias se deducen de estos principios?—8. Qué se entiende por solenoide y cómo se realiza esta disposicion?—9. Principales acciones de las corrientes sobre los solenoides.—10. Accion mutua de los solenoides.—11. Rotacion de las corrientes por las corrientes.

1. El hecho fundamental que ha dado orígen al descubrimiento de los fenómenos *electro-dinámicos* se debe á Œlrsted y data desde 1820 (4).

2. La esperiencia demuestra que cuando una pila voltaica está aislada, hay un esceso de electricidad positiva libre en el polo zinc, y un esceso igual de electricidad negativa libre en el polo cobre; por manera que reuniendo los dos polos por un hilo metálico, los dos flúidos

---

(1) Véanse las nociones de química.

(2) Véase química.

(3) Seria salir de los límites que nos hemos trazado en esta obra el dar, no toda la estension de que es susceptible esta parte de la ciencia, hija de los descubrimientos modernos, sino el esplicar y demostrar los pocos principios que sentaremos, con el objeto filosófico de dar á conocer la identidad demostrable de los flúidos eléctrico y magnético: por eso nos hemos ceñido á lo que comprenderá este párrafo, que no suprimimos del todo á fin de dar á conocer la altura á que ha llegado la ciencia física en nuestros dias: lo que por igual motivo nos resta que decir en el vasto ramo de la electricidad será tratado con el mismo laconismo.

(4) Pero desde entonces los descubrimientos se han multiplicado tanto, que la *electro-dinámica* constituye hoy uno de los ramos mas vastos de la ciencia. Solo espondremos los principios fundamentales y mas sencillos á fin de dar una idea de esta parte tan dilatada del estudio del flúido eléctrico.

UNIVERSIDAD DE HUELVA 2010

contrarios se recompondrán por medio del conductor; pero la fuerza electro-motriz, reproduciendo constantemente los dos flúidos, surcarán el *hilo conjuntivo*, formando lo que se llama *dos corrientes* contrarias, la una de electricidad positiva, yendo del polo zinc al polo cobre, y la otra de electricidad negativa, yendo del polo cobre al polo zinc, cuyo movimiento, comunicándose á la pila, las dos corrientes contrarias formarán en cierto modo un círculo con la pila y el conductor.

3. **Convenciones.** 1.° Se ha convenido en considerar únicamente en la pila en actividad el movimiento de la electricidad positiva; 2.° en llamar corriente *rectilínea*, *sinuosa*, *circular*, *vertical*, etc., segun que el hilo conductor sea rectilíneo, sinuoso, *circular*, *vertical*, etc.

4. **Corrientes fijas.** Llámanse asi las que se obtienen reuniendo los dos polos de una pila, ó de un solo par de Wollaston.

5. **Corrientes móviles.** Llámanse asi las que se obtienen haciendo flotar en un baño de agua acidulada un par voltaico, de manera que la corriente positiva pasando por el intermedio del líquido atraviese el hilo conductor que le sirve de vehículo.

6. **Accion de las corrientes sobre las corrientes.— Principios fundamentales.** La esperiencia, por medio de aparatos sencillos, ha demostrado las leyes ó principios siguientes:

1.° **Corrientes paralelas.** 1.ª Dos corrientes paralelas y de un mismo sentido se atraen.

2.ª Dos corrientes paralelas y de sentido contrario se repelen.

3.ª La atraccion y la repulsion son tanto mayores cuanto menor es la distancia.

2.° **Corrientes sinuosas.** 1.° La accion de una corriente rectilínea es idénticamente la misma que la de una corriente sinuosa, que se separa poco de la primera, y que concluye en las mismas estremidades.

3.° **Corrientes no paralelas.** 1.ª Dos corrientes rectilíneas que forman entre sí un ángulo cualquiera, se atraen si estan dirigidas ambas hácia el vértice del ángulo, ó si ambas se separan de él.

2.ª Al contrario, se repelen si una de ellas marcha hácia el vértice del ángulo, y si la otra se separa de él.

7. **Consecuencias.** De los principios ó leyes sentadas se deducen como consecuencias:

1.° La accion directiva de una corriente rectilínea horizontal sobre un corriente vertical móvil al rededor de un eje vertical; 2.° la accion de dos

UNIVERSIDAD DE HUELVA 2010

corrientes verticales; 3.° la accion sobre una corriente rectangular ó circular, móvil al rededor de un eje vertical.

8. **Solenoides.** Llámanse asi una reunion de corrientes circulares juxta-positas, situadas en planos paralelos, y móviles al rededor de un mismo eje vertical.

Para realizar esta disposicion se enroscará en *hélice* un largo hilo de cobre, porque entonces si hacemos, volver la corriente sobre sí misma replegando los dos cabos del hilo paralelamente al eje de la hélice, la corriente total se compondrá de tres partes, á saber: 1.° de una corriente rectilínea en un sentido *ab*; 2.° de otra corriente rectilínea en sentido contrario *ba*, que destruirá la primera; y 3.° de una serie de círculos paralelos, recorridos todos en un mismo sentido.

9. **Accion de las corrientes sobre los solenoides.** 1.° Si una corriente rectilínea y bien enérgica está tendida horizontal y paralelamente encima de un *solenoide* móvil, este gira sobre sí mismo y *tiende* á fijarse en un plano perpendicular á la corriente fija; 2.° las corrientes ejercen una accion atractiva y repulsiva sobre los solenoides; 3.° los *solenoides fijos* ejercen á su vez una accion igual sobre las corrientes móviles rectilíneas, observándose siempre las atracciones cuando las corrientes se dirigen en un mismo sentido, y las repulsiones cuando en sentido inverso.

10. **Accion mutua de los solenoides.** La esperiencia demuestra que en dos solenoides los polos del mismo nombre se repelen, y los polos de nombre contrario se atraen.

11. **Rotacion de las corrientes por las corrientes.** La esperiencia y el raciocinio demuestran: 1.° una corriente horizontal circular imprime un movimiento de rotacion á una corriente móvil en un plano horizontal paralelo y poco lejano; 2.° una corriente circular fija ejerce una accion igual sobre una corriente vertical móvil al rededor de un eje vertical que pase por el centro de la primera.

§. VII. *Electro-magnetismo.*

1. Qué accion ejerce la tierra sobre una corriente móvil al rededor de un eje vertical?—2. Qué consecuencia se deduce de aqui?—3. Qué accion ejerce la tierra sobre una corriente móvil al rededor de un eje perpendicular al meridiano magnético?—4. Qué consecuencia se deduce de aqui?—5. Que son corrientes estáticas?—6. Qué accion ejerce la tierra sobre un solenoide móvil?—7. Qué consecuencia se deduce de aqui?—8. Manifestar la accion mutua de los imanes sobre los solenoides.—9. Cuál es la ley de la accion directiva de las corrientes sobre los imanes?—10. Qué consecuencia se deduce de aqui?—11. Accion de las corrientes sobre la aguja estática?—12. Qué otras acciones ejercen las corrientes sobre los imanes?—13. Qué acciones ejercen los imanes sobre las corrientes?—14. Qué accion ejercen las corrientes sobre el hierro dulce? Esperiencias.—15. A qué se llaman electro-imanes?—16. En qué estan fundadas las tentativas de aplicacion de los electro-imanes como fuerza motriz?—17. Qué se entiende por hélice dextrorsum y sinistrorsum?—18. Accion de las corrientes sobre el acero y procedimientos de

UNIVERSIDAD DE HUELVA 2010

imantacion por medio de la hélice dextrorsum y senistrorsum? — 19. Cómo puede imantarse el acero por medio de la descarga de la botella de Leyde.—20. A qué se llaman corrientes por induccion, y cómo se dividen?—21. Proposicion general de la induccion.—22. A qué se llama multiplicador ó galvanometro?—23. Descripcion del galvanometro.—24. Qué resultados obtuvo M. Poulleit por medio del galvanometro diferencial y la brújula de seno?—25. Esponer la teoría de Ampero.

1. **Accion de la tierra sobre las corrientes.—Sobre una corriente móvil al rededor de un eje vertical.** Una corriente rectangular ó circular de esta especie, abandonada á sí misma, se coloca espontáneamente despues de algunas oscilaciones en una posicion fija, cuyo plano es exactamente perpendicular al meridiano magnético, ó sea á la aguja de declinacion, y ademas la electricidad se mueve en el hilo conductor de este á oeste. Si se varía el sentido de la corriente, el aparato hace una semi-revolucion, y vuelve á colocarse en la misma posicion.

2. **Consecuencia.** De la esperiencia anterior se deduce *que la tierra obra sobre la corriente móvil exactamente como si estuviese surcada en su superficie por una corriente eléctrica dirigida de este á oeste, perpendicularmente al meridiano magnético, en el sentido del movimiento diurno del sol.*

3. **Accion de la tierra sobre una corriente móvil al rededor de un eje perpendicular al meridiano magnético.** Una corriente de esta especie se detendrá desde luego en una posicion fija cuyo plano sea perpendicular á la aguja de inclinacion.

4. **Consecuencia.** *Dedúcese de esta esperiencia que el globo terrestre puede ser asimilado á una vasta corriente que atraviesa su superficie de este á oeste en un plano perpendicular á la aguja de inclinacion.*

5. **Corrientes estáticas.** Llámanse asi las que no sufren ninguna influencia del globo terrestre.

6. **Accion de la tierra sobre un solenoide.** Un solenoide móvil al rededor de un eje vertical, despues de algunas oscilaciones, se fija en una posicion tal, que los planos de los círculos que le constituyen son perpendiculares al meridiano magnético; y es evidente entonces que el eje del solenoide estará situado en el mismo meridiano, ó bien que será paralelo á la aguja de declinacion. Si se varía el sentido de las corrientes, el solenoide hará una semi-revolucion y volverá á la misma posicion.

7. **Consecuencia.** *Dedúcese de esta esperiencia que un solenoide móvil al rededor de un eje vertical se comporta bajo la influencia de la tierra como una aguja imantada.*

8. **Accion de las corrientes sobre los imanes.—**

UNIVERSIDAD DE HUELVA 2010

Accion mutua de los imanes sobre los solenoides. Presentando los polos de un iman fijo á un solenoide móvil, ó bien uno de los polos del solenoide (1) fijo á un iman móvil reconoceremos:

1.° Que los polos de un iman repelen los polos de un mismo nombre de un solenoide y atraen los polos de nombre contrario.

2.° Que los polos de un solenoide repelen los polos de un mismo nombre de un iman y atraen los polos de nombre contrario.

Consecuencia. *Dedúcese de aqui que un solenoide y un iman obran uno sobre otro, como un iman sobre otro iman, ó como un solenoide sobre un solenoide.*

9. **Accion directiva de las corrientes sobre los imanes.** Hé aqui la que dió orígen al eléctrico-magnetismo, y que debemos á OElrsed:

1.° Si la corriente va de *Sur* á *Norte*, y pasa por encima y horizontalmente en la direccion de la aguja imantada, el polo austral de esta se desviará hácia el *oeste*. Si la corriente pasa por debajo de la aguja, el polo austral de esta se desviará hácia el *este*.

2.° Si la corriente va de *Norte* á *Sur*, el polo austral de la aguja se desviará hácia el *este* cuando la corriente pase por *encima*, y al *oeste* cuando pase por debajo.

10. **Consecuencia.** *Dedúcese naturalmente de esta doble esperiencia que la aguja imantada está sometida á la accion simultánea de dos fuerzas, á saber: la fuerza electro-magnética de la corriente y la fuerza magnética del globo.*

11. **Accion de las corrientes sobre una aguja estática.** En este caso la accion de la corriente fuerza siempre á la aguja á colocarse en *cruz* con ella, esto es, á fijarse en una direccion perpendicular á la suya.

12. **Otras acciones de las corrientes sobre los imanes.** 1.ª Las corrientes ejercen tambien sobre los imanes acciones atractivas y repulsivas; 2.ª las corrientes eléctricas pueden imprimir á los imánes un movimiento de rotacion continuo.

13. **Acciones de los imanes sobre las corrientes.** 1.ª La accion directiva de un iman sobre una corriente estática es idéntica á la de esta sobre aquel, esto es, la corriente móvil y estática se pondrá en *cruz* en la aguja imantada; 2.ª los imanes ejercen tambien acciones atractivas y repulsivas sobre las corrientes idénticas á las que estas ejercen sobre aquellos; 3.ª los imanes pueden imprimir á las corrientes eléctricas móviles un movimiento de rotacion continua. Efectivamente, si encima ó debajo de una corriente eléctrica móvil se coloca verticalmente un hacecillo magnético, al instante el aparato móvil se pondrá á girar uniformemente.

---

(1) Son idénticos á los de una aguja imantada, segun hemos visto, y tienen las mismas propiedades.

UNIVERSIDAD DE HUELVA 2010

Observacion. La influencia del globo terrestre puede tambien imprimir á una corriente eléctrica móvil un movimiento de rotacion idéntico.

14. Imantacion por las corrientes voltaicas.—Accion de las corrientes sobre el hierro dulce.—Esperiencia. 1.ª Si á un hilo de cobre atravesado por una corriente eléctrica se presentan varias limaduras de hierro, se observará que estas, atraidas con fuerza, se enroscan al rededor del hilo; pero asi que la corriente cesa, caen al instante.

2.ª Si perpendicularmente á una barra de hierro dulce, y hácia su centro, se hace pasar una corriente rectilínea, la barra se imantará por influencia, y adquirirá un polo austral á la izquierda de la corriente y su polo boreal á la derecha.

15. Electro-imanes. Llámanse asi la barras de hierro dulce imantadas por la influencia de las corrientes. Las de forma de estribo ó herradura, revestidas con un hilo de cobre cubierto de seda, son los mas poderosos. En efecto, colocando uno sobre otro dos electro-imanes de forma de herradura, cuyos polos contrarios esten enfrente suspendiendo pesos del iman inferior, se obtendrá una fuerza de mas de 1000 ó 1200 libras.

16. Tentativas de aplicacion de los electro-imanes como fuerza motriz. La facilidad con que los electro-imanes adquieren ó pierden la polaridad magnética ha hecho nacer la idea de hacerles servir para engendrar movimientos de rotacion continua, con el objeto de utilizarles en la industria como fuerza motriz. Aunque no se ha realizado aun esta idea, parece llena de porvenir.

17. Accion de las corrientes sobre el acero.—Aparato. Sobre un tubo de cristal se enrosca en forma de hélice un hilo de cobre. Si se enrosca de derecha á izquierda, la hélice se llama de *dextrorsum;* si de izquierda á derecha, de *senistrorsum.*

18. Esperiencias. 1.ª Si en el eje de una *hélice dextrorsum* cuyos estremos comuniquen un solo instante con los polos de una pila se coloca una aguja de hacer media de acero en estado natural, se hallará instantáneamente imantada á saturacion, y el polo boreal estará á la entrada y el austral á la salida de la corriente; 2.ª con una *hélice senistrorsum* obtendremos el mismo fenómeno, solo que los polos estarán en sentido opuesto.

Por este mismo medio pueden imantarse gruesas barras de acero.

19. Imantacion por la descarga de la botella de Leyde. Comunicando la armadura interior de una botella de Leyde con el estremo de una hélice, y la armadura esterior con el otro estremo, puede lograrse tambien la imantacion de las agujas de acero.

20. Corrientes por induccion. Llámanse asi á las corrientes desarrolladas en un conductor metálico por la influencia de una corriente boltaica próxima, ó por la de un iman.—Esta denominacion se ha inventado por M. Faraday.

Las corrientes por induccion pueden subdividirse en corrientes *electro-elec-*

UNIVERSIDAD DE HUELVA 2010

tricas y *magneto-electricas*, segun que sean producidas por la influencia de la electricidad voltaica, ó por la de un iman.

21. Proposicion general de la induccion. Cuando un conductor cerrado recibe en alguno de sus puntos la accion de una corriente, es atravesado por una corriente inversa: cuando cesa de recibir esta accion, es atravesado por una corriente directa; y finalmente, no esperimenta ninguna modificacion sensible, no es atravesado por ninguna corriente, cuando la accion que se ejerce sobre él es constante.

Esta proposicion ha sido demostrada por la esperiencia.

22. Multiplicador ó galvanometro. Llámase asi un aparato propio para comprobar la existencia de una corriente en un conductor metálico y á medir su energía.

23. Descripcion del galvanometro. En el centro de una caja de madera está colocada verticalmente en el plano del meridiano magnético, y libremente suspendida por su centro de gravedad una aguja imantada horizontal.—Sobre el cuadro de madera está arrollado un hilo de cobre cubierto de seda, destinado á conducir una corriente eléctrica.—Las dos estremidades del hilo estan libres.—La fig. 39 representa un multiplicador.

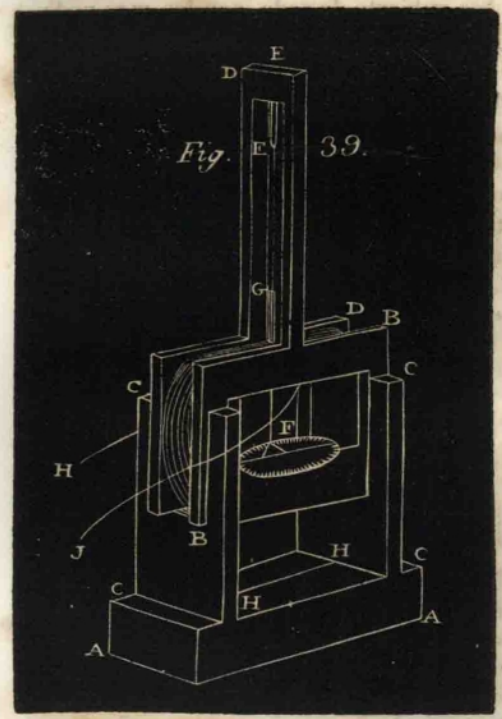


Fig. 39.

24. Con el auxilio del galvanometro diferencial y de la *brújula de seno*, M. Pouillet obtuvo los resultados siguientes:

1.° La intensidad de una corriente es igual en todos los puntos del circuito que atraviesa.

2.° La intensidad de una corriente está en razon inversa de la longitud total del circuito, y en razon directa de la seccion del hilo que la trasmite y de su conductibilidad.

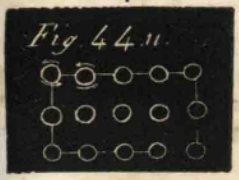
3.° El órden de conductibilidad de los metales para la electricidad voltaica es el siguiente: *paladio*, *plata*, *oro*, *cobre*, *platino*, *laton*, *hierro*, *mercurio*.

25. Teoría de Ampere sobre el magnetismo. A pesar de lo incompleta que ha sido la esposicion de los fenómenos electro-dinámicos y

UNIVERSIDAD DE HUELVA 2010

electro-magnéticos que acabamos de mencionar, son en sí suficientes para justificar la hipótesis de Ampero de la identidad del flúido magnético y eléctrico, cuyos fenómenos pueden considerarse como hijos de una sola y única causa.

M. Ampero considera, pues, el globo terrestre como una reunion de corrientes eléctricas; y un iman, segun el, está compuesto de varias corrientes eléctricas que giran, no solo al rededor de la superficie, sino al rededor de cada una de sus moléculas. Cada seccion de un iman, perpendicular al eje, presentaria por consiguiente una reunion de corrientes moleculares, dirigidas en un mismo sentido próximamente, como lo indica la fig. 44 *n*. Por lo demas, todas estas corrientes elementales obrarian esteriormente como una corriente única cerrada, cuya intensidad se compondria de la suma de todas sus intensidades parciales. Tal es la hipótesis y teoría de Ampero, que presenta todos los grados posibles de probabilidad.



§. VIII. *Corrientes termo-eléctricas.*

1. Es el calórico causa de electricidad? Qué puede demostrar el estudio de las relaciones mutuas de estos dos agentes?—2. Cómo se comprueba la existencia de las corrientes termo-eléctricas en un circuito de un solo metal?—3. Cómo se comprueba la existencia de las corrientes termo-eléctricas en un circuito compuesto de varios metales y qué particularidades presentan?—4. A qué se llama poder termo-eléctrico de un metal?—5. Cuál es el objeto de los termo-multiplicadores y cuál es el mas perfecto de estos aparatos?—6. De qué partes esenciales consta el termo-multiplicador de M. Meloni.

1. El *calórico* es tambien una causa de electricidad, asi como á veces es efecto de esta.—Las relaciones mutuas de estos dos agentes podrán demostrar un dia su identidad.

2. **Corrientes termo-eléctricas en un circuito compuesto de un solo metal.** Enroscando en hélice una parte de un hilo de platino, y calentando alternativamente uno de sus estremos ó el centro de este hilo, observaremos por medio de un galvanometro:

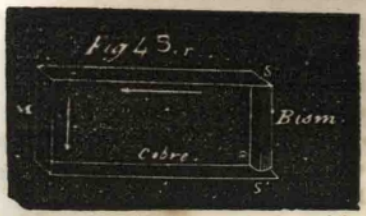
1.° Que se establece una corriente eléctrica que va desde el estremo caliente al frio.

2.° Que no hay muestras de electricidad cuando el punto caliente está en el centro.

Consecuencia. La desigual temperatura de un conductor es pues lo que desarrolla estas corrientes, que por eso son llamadas *termo-eléctricas*, puesto que en el segundo caso, siendo todo simétrico al rededor del punto caliente, el calor se propaga igualmente por ambos lados, y los dos flúidos eléctricos permanecen en equilibrio.

UNIVERSIDAD DE HUELVA 2010

3. **Corrientes termo-eléctricas en un circuito compuesto de varios metales.** Soldando un cilindro de bismuto con una lámina de cobre en forma de herradura, y calentando alternativamente las dos soldaduras ó entrambas á la vez, observaremos:



1.° Que calentando la soldadura S (figura 45 r) se establece una corriente termo-eléctrica en el sentido SMS'.

2.° Que calentando la soldadura S', se establece otra corriente en el sentido S'MS.

3.° Que calentando igualmente y á la vez las dos soldaduras *SS'*, no hay signo sensible de electricidad.

Si sustituimos al cilindro de bismuto uno de antimonio, observaremos iguales fenómenos en órden inverso, esto es, variará la direccion de las corrientes.

4. **Poderes termo-eléctricos.** La energía de la corriente producida por la propagacion del calor en un metal homogéneo constituye el *poder termo-eléctrico* de este metal.

El *poder termo-eléctrico* aumenta con la temperatura, pero no, segun la misma ley, en todos los metales.

5. **Termo-multiplicadores.** Llámanse asi ciertos aparatos termométricos fundados sobre los poderes termo-eléctricos de los metales. El mas perfecto es el de M. Meloni.

6. **Termo-mutiplicador de M. Meloni.** Las partes esenciales de este aparato son: 1.° Una pila termo-eléctrica formada por unas cincuenta barritas de antimonio y bismuto, soldadas entre sí, que constituyen el verdadero cuerpo termoscópico; 2.° de su galvanometro con dos agujas que sirve de indicador.

§. IX. *Electro-química.—Pilas de corriente constante.—Galvanoplástica.*

1. Cuál es el objeto de la electro-química?—2. Mencionar los principios de la electricidad desarrollada en las combinaciones químicas.—3. Mencionar el principio de la construccion de las pilas de corriente constante y cuáles son las principales que se conocen.—4. Mencionar los efectos de las pilas de corriente constante y sus aplicaciones.—5. Qué se entiende por galvanoplástica.

1. La *electro-química* tiene por objeto estudiar: 1.° el desarrollo de la electricidad en las acciones químicas; 2.° y recíprocamente el poder que tiene la electricidad de destruir ó producir combinaciones.

UNIVERSIDAD DE HUELVA 2010

E. MAGISTERIO BIBLIOTECA HUELVA

2. **Electricidad desarrollada en las combinaciones químicas.** La esperiencia ha acreditado los principios siguientes (1):

Combustion.—Primer principio. En la combinacion del oxígeno con otro cuerpo hay desarrollo de electricidad: el oxígeno toma la *electricidad positiva*, y el cuerpo combustible la *negativa*.

Accion mutua de los ácidos y de los álcalis.—Segundo principio. En la combinacion de los ácidos con las bases hay desarrollo de electricidad: el ácido adquiere siempre flúido positivo, y la base negativo.

Accion del agua sobre los ácidos ó los álcalis.—Tercer principio. En la accion del agua destilada sobre un ácido ó un álcali, hay desarrollo de electricidad: con un ácido el agua hace el papel de base, y adquiere la electricidad positiva; con un álcali, el de ácido, y adquiere la negativa.

Accion de las disoluciones sobre los metales.—4.° Principio. En la accion química de un ácido sobre un metal hay desarrollo de electricidad: el metal adquiere la electricidad negativa y el ácido la positiva.

3. **Pilas de corriente constante.** Consisten estos instrumentos en ntroducir los metales destinados á trasmitir ó á engendrar y trasmitir la corriente eléctrica en dos disoluciones diferentes y separadas por un diafragma poroso. La pila de *M. Becquerel* fue la primera de esta clase, y estos instrumentos fueron variados por otros físicos, entre ellos por *Daniel* y *Grove*. M. Bunsen inventó la pila llamada de *carbon*.

4. **Efectos de la pila.—Aplicaciones.** Los efectos de las pilas de corriente constante son, aunque generalmente mas enérgicos, los mismos que hemos enunciado al hablar de las pilas en general. Entre los efectos químicos debe citarse la precipitacion de los metales sobre otros metales, una de las mas útiles y hermosas conquistas industriales de la ciencia moderna, conocida con el nombre de

5. **Galvanoplástica.** Llámase asi el arte de dorar, platear, platinar, en una palabra, precipitar una capa simple y muy tenue de un metal sobre otro por medio de la electricidad desarrollada en las pilas de corriente constante (2).

---

(1) Algunas palabras que vamos á usar forzosamente en este párrafo tienen su natural esplicacion en las nociones de química.

(2) En las nociones de química esplanaremos algo mas estas ideas.

UNIVERSIDAD DE HUELVA 2010

SECCION IV.—DEL LUMÍNICO.—ÓPTICA.

§. 1. *Propagacion de la luz.—Medida de su velocidad é intensidad.*

1. A qué se llama luminico?—2. Cuáles son los manantiales de la luz?—3. Cómo pueden dividirse todos los cuerpos de la naturaleza considerados con relacion á sus propiedades ópticas.—4. De qué manera emiten la luz los cuerpos luminosos, y á que se llama punto luminoso?—5. Cómo se subdividen los cuerpos que no son luminosos por sí mismos?—6. Demostrar que en un medio homogéneo la luz se propaga en línea recta.—7. A qué se llama rayo luminoso?—8. Cómo se llama una reunion de rayos luminosos?—9. En qué ocasion un rayo luminoso permanece rectilíneo, se refleja ó refracta?—10. A qué se llama sombra?—Cómo se determina la sombra que proyecta un cuerpo iluminado por un solo punto luminoso?—11. Determinar la sombra y la penumbra de un cuerpo opaco iluminado por otro cuerpo luminoso.—12. En qué está fundada la teoría de los eclipses?—13. Qué efectos produce la luz al penetrar por un orificio estrecho en una cámara oscura?—14. Cuál es la velocidad en la luz, y cómo se halló?—15. Qué consecuencias se deducen de la velocidad de la luz?—16. Cuáles son las leyes de la intensidad de la luz?—17. Qué es fotometria y qué fotómetro?

1. Llámase *lumínico* la causa desconocida de la visibilidad.

2. La luz se produce de una infinidad de maneras; pero las principales son: el frote, el choque, la electricidad y las acciones químicas. Casi todos los cuerpos ponderables se vuelven luminosos cuando se eleva mucho su temperatura.

3. **Cuerpos luminosos.** Todos los cuerpos de la naturaleza, considerados con relacion á sus propiedades ópticas, pueden dividirse en dos clases: 1.ª cuerpos luminosos por sí mismos; 2.ª cuerpos que no lo son, pero que se hacen visibles enviándonos la luz que reciben de los primeros.

4. Los cuerpos luminosos emiten por sí mismos la luz en todos sentidos, y aunque se les divida en pequeños fragmentos, cada una de las moléculas emite del mismo modo la luz y constituye un *punto luminoso*.

5. Todos los cuerpos que no son luminosos por sí mismos se subdividen en tres grupos: 1.° Cuerpos *opacos*, que son impermeables á la luz; 2.° cuerpos *diáfanos* ó *trasparentes*, que se dejan atravesar por la luz, y al través de los cuales se distinguen claramente los objetos; 3.° cuerpos *traslúcidos* ó dotados solamente de una semi-trasparencia, que aunque dejan atravesar parte de de la luz, no permiten distin-

UNIVERSIDAD DE HUELVA 2010

guir al través suyo los colores, las distancias y las formas de los objetos.

6. **Propagacion de la luz en un medio homogéneo.** *En un medio homogéneo la luz se propaga en línea recta.*

Demostracion. Colocando unas detrás de otras varias pantallas perforadas en su centro de manera que coincidan en línea recta, percibiremos por medio de los centros perforados en una misma línea la llama de una luz colocada á larga distancia; pero si el centro perforado de una sola pantalla sale de la línea recta, ya no se percibirá la llama.

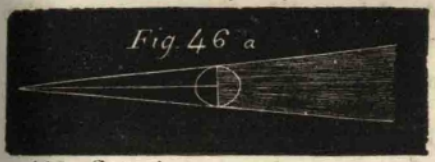
7. Llámase *rayo luminoso* á cualquier direccion en que se propaga la luz.

8. Una reunion de rayos luminosos se llama *hacecillo luminoso*, que puede componerse de rayos *paralelos*, *convergentes* ó *divergentes*.

9. Un rayo de luz permanece *rectilíneo* cuando se propaga en línea recta. Si en en el camino halla una superficie pulimentada, se *refleja* y sigue una línea quebrada. Si pasa de un medio diáfano á otro, se *refracta* y sigue tambien una línea quebrada. Y cuando el medio que atraviesa se compone de capas cuya densidad aumenta ó disminuye, el rayo de luz que cae sobre la primera se dobla mas y mas al atravesar las siguientes, resultando de la continuidad de estas inflexiones que la luz describe en realidad una *trayectoria* curvílinea.

10. **Sombra y penumbra.** Un cuerpo opaco solo puede ser iluminado en parte.—El espacio privado de luz se llama *sombra*.

Cuando un cuerpo opaco está iluminado por un solo punto luminoso, la forma de la sombra que el cuerpo proyecta detrás de sí se obtiene tirando desde el punto luminoso una tangente al cuerpo opaco, y haciéndola girar al rededor suyo (fig 46 *a*).

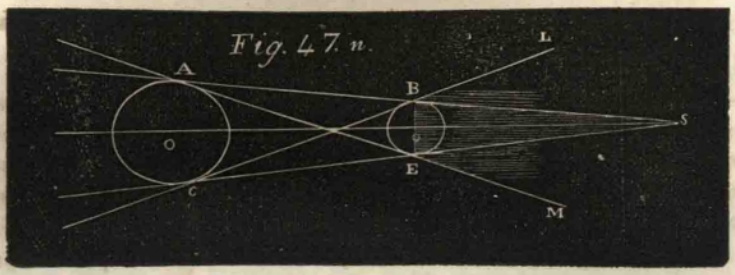


11. Cuando un cuerpo opaco no está iluminado por un solo punto, sino por otro cuerpo luminoso, debe distinguirse la *sombra* y la *penumbra*.

Supongamos, que el cuerpo que ilumina y el cuerpo iluminado sean dos esferas OO', y cortémoslas por un plano cualquiera, segun la línea de los centros. Tiremos á los dos círculos de intercepcion la tangente comun AB, que corta en S la línea de los centros. Si concebimos que esta línea gira al rededor del punto S apoyándose siempre sobre las superficies de las dos esferas, describirá un cono, cuya parte BSE, situada detrás del cuerpo opaco, estará

UNIVERSIDAD DE HUELVA 2010

en *sombra* (fig. 47 *n*). Tirando ahora á los dos círculos A y B otras dos tangentes que se crucen entre estos círculos, todos los puntos situados sobre la



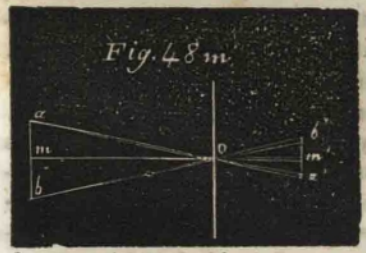
primera CL recibirán luz del globo luminoso O, sucediendo lo mismo con todos los puntos situados debajo de la segunda tangente AM; pero en el intervalo comprendido entre las líneas BL y BS se hallarán puntos que no recibirán la luz sino de una parte del cuerpo que ilumina, y de una parte tanto menor cuanto mas cerca esten situados de la línea BS. Lo mismo diremos del espacio comprendido entre las líneas EM y ES.—Estas porciones del espacio, que ofrecen una degradacion de tintes, constituyen la *penumbra*.

12. **Observacion.** La teoría de los eclipses está fundada en lo que acabamos de esponer.

13. **Efectos de la luz al penetrar por un orificio estrecho en una cámara oscura.** 1.° Si los rayos solares que penetran por este orificio se reciben en un cuadro blanco colocado á distancia, obtendremos una pequeña superficie iluminada en igual forma que el orificio.

2.° Los cuerpos iluminados colocados delante del orificio presentan sobre el cuadro su imágen inversa.

Para concebir esto último figurémonos (fig. 48 *m*) el orificio *o* muy pequeño, y que sea *amb* el cuerpo iluminado. El punto *a* envia un pequeño hacecillo de luz, y viene á formar en *a'* su imágen; el punto *m* forma la suya en *m'* y el punto *b* en *b'*.—Y quedará formada la imágen *a'm'b'* inversamente.



14. **Velocidad de la luz.** La luz tiene una velocidad de propagacion en el vacío de cerca de 80,000 leguas por segundo, y recorre en 8′ y 13″ la distancia del sol á la tierra.—Roemer hizo tan útil descubrimiento observando los eclip-

UNIVERSIDAD DE HUELVA 2010

ses del primer satélite de Júpiter. En efecto, sea en una época del año (figura 49 *n*) *S* el lugar del sol, *T* la posicion de la tierra en la eclíptica que recorre

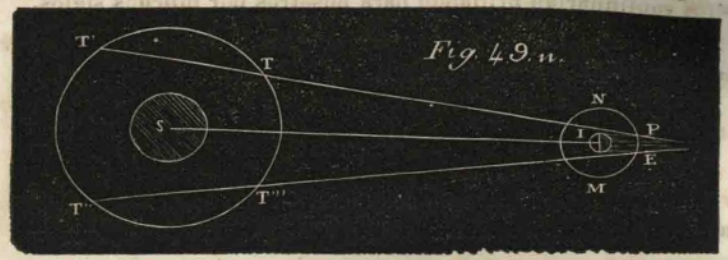


Fig. 49. n.

en el sentido $TT'T''$; en fin, *Y* el centro de Júpiter y *MN* el círculo que describe al rededor suyo su primer satélite.—En la primer mitad de la órbita celeste podremos observar los instantes precisos en que el primer satélite se eclipsa, y en la segunda mitad será fácil notar los momentos exactos en que sale del cono de la sombra.—Podremos, pues, obtener fácilmente el intervalo trascurrido entre dos *inmersiones*, y en el segundo entre dos *emersiones* consecutivas.—Ahora bien: se halló que este tiempo era invariablemente igual á 42 horas 28′35″.—Una vez determinado este período, es fácil calcular cuántas inmersiones habrá durante el tiempo que tardará la tierra en trasportarse del punto *T* al punto T'' de su órbita, y si hay 100, por ejemplo, sabremos cuál debe ser el momento exacto de la centésima inmersion. Sin embargo, notamos que el 100 eclipse observado desde el punto T' sucede un poco *mas tarde* de lo que el cálculo demuestra, y este *retardo*, solo puede provenir del tiempo que ha tardado la luz en recorrer el espacio TT' comprendido entre las dos posiciones *T* y T' de la tierra en su órbita.—Del mismo modo en la segunda mitad, si del punto T'' observamos la primera emersion, y calculamos el momento preciso en que debe tener lugar la 100.ª, hallamos por la observacion hecha desde el punto T'', á donde se ha trasladado entonces la tierra, que la emersion sucede un poco *mas antes* que lo indicaba el cálculo. Este *adelanto* es evidentemente la diferencia entre el tiempo que ha tardado la luz en recorrer las dos distancias $T''E$ y $T''E$, ó bien el tiempo que ha empleado en recorrer el espacio T'' y T''.—Y como la órbita terrestre está perfectamente conocida, nada mas fácil que calcular la distancia exacta de las dos posiciones *T* y T', ó de las otras dos T'' y T'', y dividiendo esta distancia por el número de segundos que la luz ha tardado en recorrerla, tendremos el espacio que la luz recorre en 1″, ó bien su velocidad.

15. **Consecuencias.** Dedúcese de lo dicho: 1.° Que nosotros no podemos jamás ver al sol en su verdadero lugar, sino en el en que estaba 8′13″ antes; 2.° que atendida la gran distancia á que estan de nosotros las estrellas fijas, la luz tardará en llegar á nosotros desde estos astros muchos millares de años, pudiendo existir estrellas cuya luz no nos hubiese aun llegado,

UNIVERSIDAD DE HUELVA 2010

y que millares de astros podian ser instantáneamente aniquilados y el firmamento despoblado, sin que cosa alguna nos advirtiese de ello, puesto que los astros continuarian brillando para nosotros por muchos siglos.

16. **Intensidad de la luz.—Leyes.** 1.ª La *intensidad decrece como el cuadrado de las distancias aumenta.*

2.ª La *intensidad de la luz varia con la inclinacion de la superficie que la emite.*

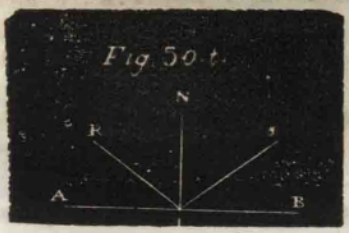
17. **Fotometría.** Llámase asi el ramo de la física que trata de determinar la intensidad relativa de dos luces.—Todo instrumento destinado á este género de comparacion se llama *fotómetro.*

§. II. *Reflexion de la luz.—Catóptrica.*

1. Qué sucede á un rayo luminoso cuando cae sobre la superficie pulimentada de un espejo? Qué es catóptrica?—2. Qué se entiende por ángulo de incidencia y ángulo de reflexion?—3. Demostrar las dos leyes de reflexion?—4. Demostrar los efectos de la reflexion de la luz en los espejos planos?—5. Efectos de la luz reflejada entre dos espejos planos paralelos.—6. Demostrar la reflexion de la luz sobre dos espejos planos inclinados.—7. A qué leyes está sometida la reflexion de la luz sobre una superficie curva?—8. Esplicacion de un espejo cóncavo?—9. A que se llama foco principal en los espejos cóncavos.—10. A què se llaman focos reciprocos?—11. Foco virtual de los espejos cóncavos?—12. A qué se llaman focos en los espejos convexos?—13. Cómo se forman las imágenes en los espejos cóncavos?.—14 Cómo se forman las imágenes en los espejos convexos?—15. Qué es reflexion irregular?—16. Qué causas influyen en la reflexion.

1. Cuando un rayo de luz cae sobre la superficie pulimentada de un espejo, es *reflejado*, á lo menos en parte, en una direccion determinada. La parte de la óptica que se ocupa de la reflexion de la luz se llama *catóptrica.*

2. Si consideramos la reflexion de la luz sobre una superficie plana **AB**, y desde el punto de incidencia levantamos una perpendicular ó *normal* **YN**, el ángulo **SYN**, formado por el rayo incidente con la normal, se llama *ángulo de incidencia;* y el ángulo **RYN**, formado por la normal con el rayo *reflejado*, se llama *ángulo de reflexion* (fig. 50 *t*).

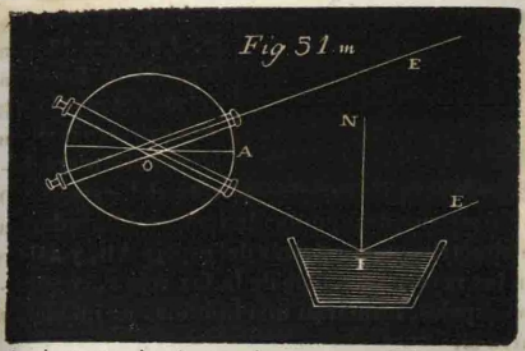


3. **Leyes de reflexion.** 1.ª *El rayo incidente y el rayo reflejado estan en un mismo plano perpendicular á la superficie reflejante.*

2.ª *El ángulo de reflexion es igual al ángulo de incidencia.*

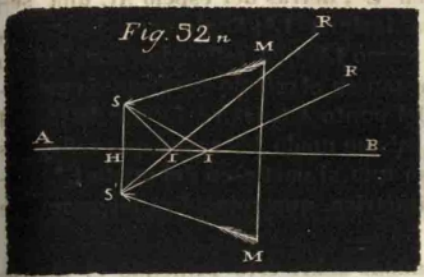
UNIVERSIDAD DE HUELVA 2010

Demostracion. Se dispone en un plano vertical un círculo repetidor cuyo limbo esté graduado. Un anteojo móvil al rededor de un eje horizontal, que pasa por el centro, se dirige primero hácia una estrella E, y haciendo girar el anteojo hasta que se distinga la misma estrella por reflexion sobre la superficie de un espejo plano horizontal, por ejemplo, un baño de mercurio, hallaremos siempre la imágen vista por reflexion en el mismo plano vertical descrito por el anteojo, y que ademas el ángulo EOI, comprendido entre la direccion primitiva de su eje y su direccion nueva, es exactamente doble del formado con el diámetro horizontal AB. Lo que demuestra las dos leyes enunciadas (fig. 51 *m*).



4. **Espejos planos.** *La reflexion de la luz es la verdadera causa de que veamos exactamente los objetos detrás de los espejos planos en una posicion simétrica á la que ocupan en efecto.*

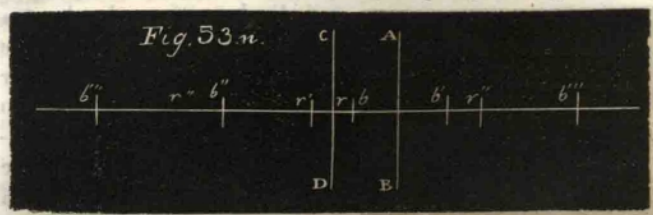
Demostracion. Sea S un punto luminoso ó simplemente iluminado colocado delante de un espejo plano AB (fig. 32 n). Bajemos desde este punto la perpendicular SH, sobre el espejo, y prolonguémosla en una cantidad HSI igual á sí misma. Sea SI un rayo incidente, la línea S'I prolongada será la direccion del rayo reflejado IR. Dedúcese de aqui que despues de la reflexion, todos los rayos IR, I'R'..... seguirán las mismas direcciones que si hubiesen salido del punto S', simétrico del punto S; y como la vista refiere siempre la posicion de un punto luminoso al paraje en que van á encontrarse, resulta que el observador verá la imágen del punto S en el punto simétrico S'.



5. *Cuando un objeto iluminado está situado entre dos espejos planos paralelos, la infinidad de imágenes que se producen, y que estan situadas en una misma ruta perpendicular á las superficies reflejantes, es debido á la reflexion.*

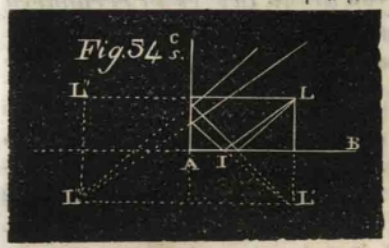
UNIVERSIDAD DE HUELVA 2010

Demostracion. En efecto, supongamos que el objeto L tenga una cara blanca y otra roja. La cara blanca (fig. 53 n) formará detrás del espejo AB una primera imágen b': esta formará detrás del espejo CD una segunda imágen blanca b'' simétrica de aquella: la imágen b'' producirá una tercera imágen b''' situada simétricamente detrás del espejo AB, y asi de las demas. Por la misma razon los rayos emanados de la faz roja r, y sucesivamente reflejados por los dos espejos, formarán una infinidad de imágenes rojas $r'r''r'''$..... simétricas entre sí.



6. *La reflexion de un objeto luminoso sobre dos espejos inclinados forma varias imágenes, cuyo número y posiciones pueden determinarse conocido el ángulo de los espejos.*

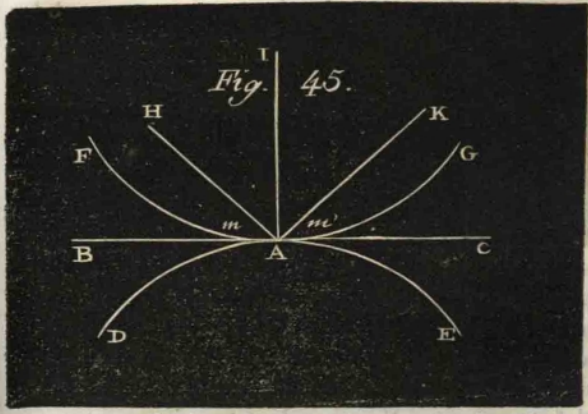
Demostracion. Supongamos que dos espejos AB y AC formen entre sí un ángulo recto (fig. 54 *s*). El punto luminoso L colocado en este ángulo formará detrás del espejo AB una primer imágen L', detrás del espejo AC una segunda imágen L''; finalmente, los rayos, tales como LI, que reflejados por el plano AB, estan en el mismo caso que si emanaran del punto L', irán á formar detrás del espejo AC una nueva imágen L'''. Del mismo modo los rayos que reflejados por el plano AC estan en el mismo caso que si partiesen del punto L'', formarán al caer sobre AB una imágen simétrica, que coincidirá forzosamente con L'''.



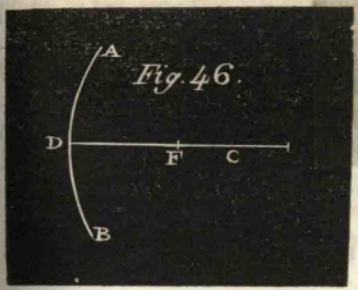
Aplicacion. M. Brewster ha fundado sobre este principio el instrumento llamado *kalesdóscopo*, que ha prestado importantes servicios al dibujo.

UNIVERSIDAD DE HUELVA 2010

Reflexion sobre una superficie curva. La reflexion de la luz sobre una superficie curva está sometida á las mismas leyes que la reflexion sobre un plano, porque en el punto A, donde el rayo luminoso viene á herir la superficie curva FAG ó DAE, se puede siempre concebir un plano BC tangente á dichas superficies, que se confunde con ellas en la estension de un pequeño elemento *mm'*. La reflexion sobre las curvas en el punto A se efectuará del mismo modo que sobre el elemento plano que le es comun con el plano tangente BC (fig. 45). La teoría de los espejos curvos se deduce de este principio.



Espejos esféricos. Los espejos esféricos son de dos clases: cuando el segmento esférico de vidrio ó metal está pulimentado interiormente, se llama *espejo esférico-cóncavo;* cuando el pulimento es esterior, espejo esférico-convexo.

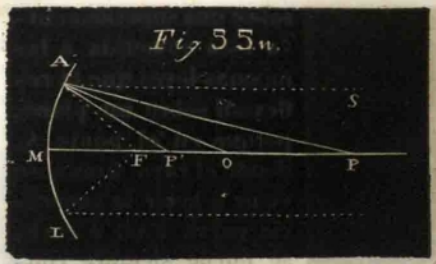


8. La figura 46 representa el perfil de un espejo cóncavo. C es el centro de la esfera cuyo segmento constituye el espejo. D, centro del segmento, se llama *centro óptico.* CD es el radio del espejo, y DA ó DB constituyen sus *aberturas.* Una línea recta tirada indefinidamente por C y D forma el *eje principal.*

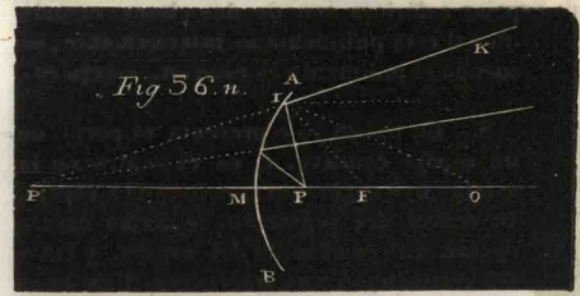
9. **Foco principal en los espejos cóncavos.** Si se dirige el eje de un espejo cóncavo hácia el sol, todos los rayos que vienen á herir su superficie se reunen por la reflexion en un corto espacio E, que se halla justamente en medio entre C y D, cuyo punto se llama *foco principal* del espejo, porque no solo se produce en este punto una luz muy viva, sino que se desarrolla tambien en él un gran calor.

UNIVERSIDAD DE HUELVA 2010

10. Focos recíprocos de los espejos cóncavos. Si suponemos que los rayos luminosos no son *paralelos al eje* como los solares, sino que emanan de su punto P (fig. 55 *n*) colocado sobre el eje principal á una distancia limitada del espejo, es fácil deducir por las leyes de la reflexion que el foco que se forme se hallará en P' entre el *foco principal F* y el centro O del espejo.—A medida que el punto luminoso se aproxime al centro, el foco se aproximará tambien, puesto que estos dos puntos marcharán en sentido contrario.—Cuando el punto P se confunda con el centro O, todos los rayos que envia siendo perpendiculares á la superficie del espejo volverán sobre sí mismos, y el foco coincidirá con el centro O.—Asi el punto luminoso P, continuando en aproximarse al espejo pasa entre el centro O y el foco principal F, es evidente que habiendo ocupado el lugar del foco P', este á su vez habrá ocupado el lugar del punto luminoso P.—Estos dos puntos P y P' se llaman pues *focos recíprocos.*



11. Foco virtual de los espejos cóncavos. Si suponemos que el punto luminoso P llega á colocarse entre el foco principal F (fig. 56 *n*) y el espejo, los rayos reflejados no cortaran ya el eje; pero si se prolongan imaginariamente por detrás del espejo, hallaremos que deben concurrir en el punto P', que será el *foco virtual.*



12. Espejos convexos-focos. Dedúcese fácilmente de lo dicho:

1.° Que los focos de los espejos convexos son siempre *virtuales.*

2.° Que el foco principal ó sea de rayos paralelos está tambien situado en medio del radio del espejo.

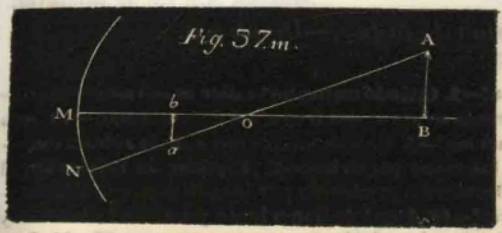
3.° Que el foco recíproco está siempre colocado entre el foco principal y el espejo.

13. Formacion de las imágenes en los espejos cóncavos. Dedúcese de las consideraciones anteriores:

1.° Que un objeto luminoso colocado sobre el eje principal de un espejo cóncavo á una distancia tal que sus rayos puedan considerarse como paralelos, forma una imágen inversa con el foco principal del espejo.

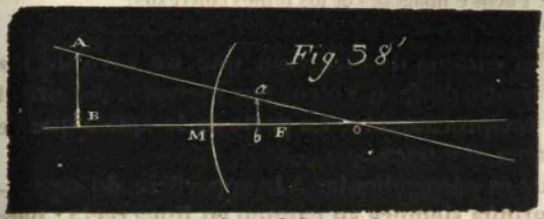
UNIVERSIDAD DE HUELVA 2010

2.° Un cuerpo iluminado AB (fig. 57 *m*) situado delante de un espejo cóncavo, el punto B, colocado sobre el eje principal, forma su foco en *b*, y el punto A su foco recíproco en *a*. Por consiguiente, la imágen *ab* será *inversa* y mas pequeña que el objeto.



3.° Si *ab* (fig. 57 *m*) es el objeto iluminado, AB será su imágen real inversa, y mayor que el objeto. En este caso, colocándose á la direccion de los rayos reflejados, podemos ver una imágen cerca del objeto.

4.° Finalmente, si el objeto está situado en *ab* (fig. 58′) entre elfoco principal y el espejo, el punto *b* forma un foco virtual en B, y el punto *a* su foco virtual en A. La imágen será, pues, virtual, recta y mayor que el objeto.



Observacion. Por esta razon, si uno se coloca delante de un espejo cóncavo, ve su propia imágen recta y abultada; alejándose, la imágen crece y se hace confusa; al llegar al foco principal desaparece, y al pasar el centro se la ve de nuevo, pero mas pequeña é inversa.

14. **Formacion de las imágenes en los espejos convexos.** Las imágenes en los espejos convexos son siempre virtuales, rectas y mas pequeñas que los objetos. Esto se ve en la fig. 58, en la cual supondremos que el espejo está pulimentado al esterior. AB será el objeto iluminado y ab su imágen.

15. **Reflexion irregular.** Cuando un haecillo luminoso cae sobre una superficie, hay siempre una porcion de luz diseminada en todos sentidos al rededor de los puntos de incidencia, cuya porcion de luz es causa de que veamos la superficie reflejante. Esto es lo que constituye la *reflexion irregular*.

16. **Causas que influyen en la reflexion.** La cantidad de luz que un cuerpo refleja, regularmente depende: 1.° De la naturaleza de su sustancia; 2.° de su grado de pulimento; 3.° del medio en que se halla el cuerpo; 4.° de la inclinacion en que los rayos luminosos hallan la superficie reflejante.

UNIVERSIDAD DE HUELVA 2010

§. III. *Refraccion de la luz.—Dióptrica.*

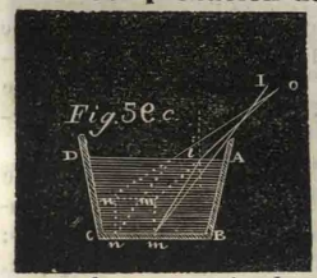
1. Qué es refraccion? Qué es dióptrica?—2. Cuándo un medio se dice mas ó menos refringente?—3. En qué casos el rayo refractado se aproxima ó se aleja de la normal?—4. Cómo se comprueba el fenómeno de la refraccion?—5. Cuáles son las leyes de la refraccion?—6. Esplicar la refraccion al través de los rayos paralelos.—7. Esplicar la refraccion al través de un prisma.—8. Esplicar la desviacion producida por los prismas.—9. Qué consecuencias se deducen de la desviacion?—10. A qué se llama lente y cuántas clases hay de lentes?—11. Demostrar que la primera clase de lentes son convergentes?—12. Demostrar que la segunda clase de lentes son divergentes?—13. Cuáles son los focos de los lentes convexos?—14. Qué es centro óptico?—15. Cómo se forman las imágenes en los lentes convexos?—16. Focos é imágenes de los lentes convexos?

1. Llámase *refraccion* el cambio de direccion que un rayo de luz esperimenta al pasar de un medio diáfano á otro, por ejemplo, del aire al agua, del aire al cristal, ó recíprocamente. La parte de la óptica que se ocupa de la refraccion se llama *dióptrica*.

2. Cuando el rayo de luz es perpendicular á la superficie de separacion de los dos medios, continúa siempre su camino en línea recta; pero cuando es oblicuo se quiebra, y ya se aproxima, ya se aleja del punto de inmersion. En el primer caso, el segundo medio se dice *mas refringente* que el primero; en el segundo *menos refringente*.

3. Se dice generalmente que el rayo *refractado* se aproxima á la normal cuando pasa de un medio *menos denso* á otro *mas denso* y recíprocamente. Sin embargo, este enunciado no es siempre exacto, como lo prueba el aire atmosférico y el oxígeno.

4. **Comprobacion del fenómeno de la refraccion.** Poniendo una pieza de plata, un duro por ejemplo, *mm* en el fondo de un vaso ABCD (fig. 59 *c*), y colocándose uno de manera que sus bordes impidan ver la pieza, basta llenar el vaso de agua para hacerle visible, pareciendo ademas haberse elevado. El ojo colocado en *o* la verá en la posicion *m'n'*. Luego es absolutamente necesario que el rayo *mi* que hace visible el punto *m* en la direccion de la prolongacion de la línea *oi*, se haya quebrado en el punto de emergencia, de manera que el rayo *emergente oi* haga con la normal *i* un ángulo mayor que el rayo de incidencia *im*.—Este hecho esplica por qué un palo sumergido en agua parece roto en el punto de inmersion.



5. **Leyes de refraccion** (1). 1.ª El rayo incidente y el rayo refrac-

(1) Pueden comprobarse estas leyes por medio del aparato de Descartes.

UNIVERSIDAD DE HUELVA 2010

tado estan siempre en un mismo plano perpendicular á la superficie de separacion de los dos medios.

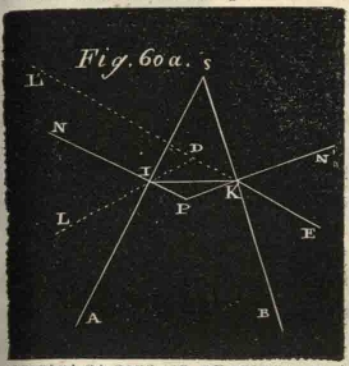
2.ª Cuando la incidencia varía, permaneciendo los mismos medios, la relacion del seno de incidencia al seno de refraccion permanece constante.—Este rayo se llama *índice de refraccion*.

3.ª En fin, cuando la luz *retrocede*, sigue las mismas direcciones en órden inverso.

6. **Refraccion al través de un medio terminado por dos planos paralelos.** Cuando un rayo luminoso atraviesa un medio refringente terminado por dos planos paralelos, el rayo *emergente* es siempre paralelo al rayo *incidente*.

7. **Refraccion al través de un prisma.** Cuando se miran al través de un prisma los objetos que les rodean iluminados por una luz difusa, se observa siempre: 1.º Una desviacion mas ó menos pronunciada; 2.º una viva coloracion en sus aristas.

8. **Desviacion producida por los prismas.** Sea ASB (fig. 60 *a*) una seccion principal de un prisma de cristal; LI un rayo incidente contenido en el plano de esta seccion.—El rayo refractado estará tambien contenido en él.—Para determinar su marcha levantemos en el punto I la normal IN á la cara SA.—El rayo refractado, debiendo aproximarse á la normal al pasar del aire al cristal, seguiria una direccion tal como IK dependiente de la incidencia del rayo y del índice de refraccion del cristal.—En el punto K de incidencia sobre la superficie SB levantemos la normal KN, el rayo emergente al pasar del cristal al aire se apartará de la normal y tomará, por ejemplo, la direccion KE.—Si prolongamos el rayo emergente se encontrará en D el rayo incidente prolongado tambien, y el ángulo LDL formado por estas dos líneas constituirá la *desviacion*.



9. **Consecuencias.** 1.ª Cuando un rayo luminoso cae sobre un prisma, se *quiebra* y emerge aproximándose siempre á la base del prisma; ó bien, cuando se mira un objeto cualquiera por medio de un prisma, se le ve siempre desviado en una cierta cantidad hácia el vértice del prisma. 2.ª Si la arista es horizontal y el vértice alto, los objetos vistos por refraccion son levantados por el prisma. 3.º Si la arista es horizontal y el vértice bajo, los objetos estarán bajos. 4.º Finalmente, si la arista es vertical, los objetos observados por medio del prisma permanecerán desviados á la izquierda, y desviados á la derecha si la arista es recta.

10. **Refraccion en un medio terminado por superficies cur-**

UNIVERSIDAD DE HUELVA 2010

bas.—Lentes. Llámase *lente* en óptica la porcion de un cuerpo refringente terminado por dos superficies esféricas combinadas con una superficie plana.—Se les divide en dos clases, que comprende cada una tres combinaciones diferentes.


Fig. 49.

1.ª Clase.—Lentes convergentes con bordes afilados y mas gruesos en medio. 1.º Lente *bi-convexo* (fig. 49), terminado por dos porciones de esfera que se cortan, y cuyos centros estan en una misma línea recta, llamada *eje principal*.


Fig. 50.

2.º Lente *plano-convexo*, terminado por un plano y una superficie esférica (fig. 50).


Fig. 54.

3.º *Menisco convergente*, especie de creciente formada por dos superficies esféricas, cuyo interior tiene una curva menor que el esterior (fig. 54).


Fig. 52.

2.ª Clase.—Lentes divergentes, bordes anchos y mas gruesos que el centro. 1.º Lente *bi-cóncavo*, formado de dos superficies esféricas opuestas por su convexidad (fig. 52).

UNIVERSIDAD DE HUELVA 2010



Fig. 33.

2. Lente *plano-cóncavo*, un plano y una superficie esférica (fig. 33).



Fig. 51.

3.° *Menisco divergente*, dos esferas, cuyo interior tiene una curva mayor que el esterior (fig. 51).

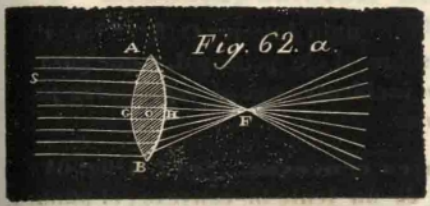


Fig. 62. a.

11. *La primera clase de lentes son convergentes* (fig. 62 *a*).

Demostracion. Consideremos un haccecillo de rayos luminosos que caen sobre un lente *bi-convexo* paralelamente á su eje principal. El rayo que caiga sobre el lente en la direccion de su mismo eje, penetrará y emergerá en línea recta. Otro rayo, por ejemplo SI, penetrará y emergerá como en un prisma. Lo mismo sucederá con los demas rayos, que todos despues de su refraccion irán á concentrarse hácia un mismo punto del eje principal. Serán, pues, convergentes.



Fig. 63. a.

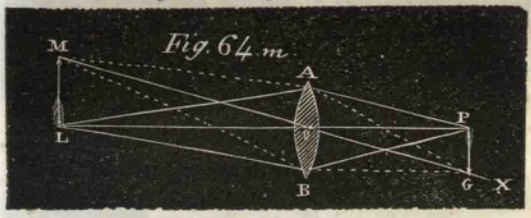
12. *La segunda clase de lentes son divergentes* (fig. 63).

Demostracion. Considerando un lente *bi-cóncavo*, y un haccecillo luminoso cayendo sobre una de sus caras, podremos reemplazar la super-

UNIVERSIDAD DE HUELVA 2010

ficie curva del lente por una infinidad de elementos planos tangentes á esta superficie, que constituirán verdaderos prismas, cuyas aristas estarán vueltas hácia el centro del lente, y por consiguiente los rayos despues de la refraccion se alejarán del eje principal, y el hacecillo refractado será divergente.

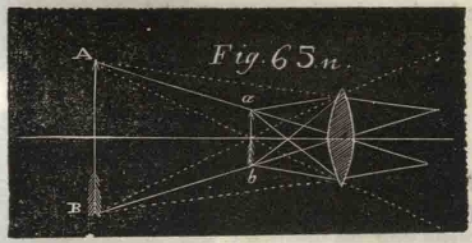
13. **Focos en los lentes convexos.—Foco principal.** Si sobre un lente *bi-convexo* AB (fig. 62 a) hacemos caer un hacecillo de rayos paralelos á su eje principal, los rayos refractados irán al salir del lente á cortar este eje en el punto F, que se denomina *foco principal.*



Focos recíprocos. Si suponemos que los rayos que caen sobre el lente parten del punto L (fig. 64 m) situado sobre su eje, dichos rayos despues de su emergencia cortarán al eje en su punto P, que será el *foco recíproco* de L.

14. **Centro óptico.** Llámase asi un punto interior O (fig. 62 *a)* que se halla en cualquier lente colocado sobre el eje principal, y que goza de la propiedad *que todo rayo luminoso incidente, que al refractarse pasa por él, emerge paralelamente á sí mismo.*

15. **De las imágenes en los lentes convexos.** Sea LM (fig. 64 m) un objeto iluminado colocado delante de un lente bi-convexo, el punto L formará su imágen en P; el punto M hará su foco en G sobre el eje óptico MG. Si este objeto está muy lejano, su imágen será mas pequeña que el situado próximamente sobre el *foco principal.* Si el objeto LM se aproxima mas y mas al lente, su imágen, siempre real é inversa, se alejará agrandándose.



Finalmente, supongamos el objeto *ab* (fig. 65 n) entre el foco principal y el lente: en este caso los rayos refractados emergen en direcciones divergentes, y cada punto del cuerpo iluminado da orígen á un foco virtual colocado detrás de sí sobre el eje óptico que le corresponde, y la imágen producida detrás del lente será recta y muy amplificada.

16. **Focos é imágenes en los lentes cóncavos.** 1.° Los rayos incidentes, siendo paralelos al eje principal, el hacecillo emergente está compuesto de rayos divergentes, pero que prolongados detrás del lente se

UNIVERSIDAD DE HUELVA 2010

encuentran en un punto F (fig. 63 n), que es su *foco principal virtual*. 2.° Todos los demas focos serán siempre virtuales. 3.° Las imágenes serán tambien virtuales, rectas y menores que los objetos.

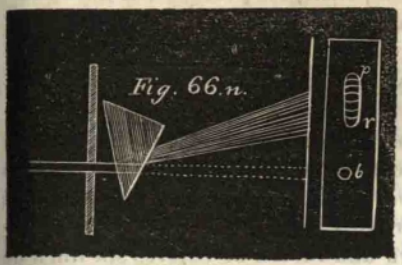
§. IV. *Dispersion de la luz.*

1. Qué se entiende por dispersion de la luz?—2. Demostrar el primer principio de la descomposicion de la luz.—3. Demostrar el segundo principio.—4. Cómo se esplica la forma y la generacion del espectro solar?—5. Demostrar el tercer principio de la descomposicion de la luz.—6. Cómo se recompone la luz blanca?—7. Qué particularidades presentan los objetos vistos al través de los prismas?—8. A qué se llama acromatismo?—9. Cuáles son los rayos del espectro?—10. Cómo se distribuye el calor en el espectro?—11. Cuáles son las propiedades químicas del espectro solar?—12. Qué consecuencia se deduce de lo espuesto?

1. La descomposicion que los prismas y los lentes hacen sufrir á la luz blanca del sol, ó á la luz difusa que los cuerpos iluminados radian en todos sentidos, se denomina *dispersion de la luz*.

2. **Descomposicion de la luz blanca.—Primer principio.—Espectro solar.** *La luz blanca del sol no es una luz simple y homogénea, sino una luz compuesta de una infinidad de rayos diversamente coloreados, entre los cuales se distinguen siete colores principales.*

Demostracion. Al postigo de la cámara oscura se adapta un *portaluz* (1), y se hace penetrar en lo interior de la cámara por un orificio de 4 ó 5 milímetros de diámetro un pequeño hacecillo de rayos solares, que recibidos sobre una pantalla, pintan en ella una *imágen blanca y redonda del sol*. Pero si delante y á corta distancia del orificio se coloca un prisma de cristal (fig. 66 n), el hacecillo incidente se refracta y proyecta sobre la pantalla *una imágen prolongada* en sentido vertical y muy coloreada, á que se ha llamado



Espectro solar. El espectro termina siempre lateralmente en dos rectas paralelas y en sus dos estremidades por dos semi-circunferencias.

Siete colores del espectro. Cuando el espectro está bien desarrollado, se distinguen fácilmente siete matices principales, que se suceden en el órden siguiente, yendo de arriba abajo: *violado, indigo, azul, verde, amarillo, anaranjado, rojo.*

(1) Espejo plano, móvil en todos sentidos, destinado á reflejar los rayos solares en cualquier direccion.

UNIVERSIDAD DE HUELVA 2010

Observacion. Estos colores se confunden unos con otros por degradaciones insensibles; por manera que si la vista no distingue en el *espectro solar* mas que siete matices bien distintos, es sin embargo evidente que debe haber una infinidad.

3. **Segundo principio.** *Los rayos diversamente coloreados del espectro solar son diversamente refrangibles y esta diferencia de refra gibilidad es en si misma la causa de la descomposicion de la luz blanca.*

Demostracion. Este principio puede deducirse fácilmente de la misma forma que presenta el espectro. Efectivamente, en el hacecillo incidente los rayos *rojos, violados.....* que componen el hacecillo de luz blanca, son paralelos y caen sobre el prisma con la misma incidencia. Al salir del prisma se separan y los rayos violados van á proyectarse en la parte superior del espectro, y los rayos rojos á la parte mas baja. Esta desigualdad en los ángulos de emergencia prueba evidentemente que los rayos violados tienen una refrangibilidad mayor que los rayos rojos.

Los rayos verdes, que ocupan la parte media del espectro, tienen forzosamente un grado de refrangibilidad intermedio. Si todos los rayos fuesen igualmente refrangibles, serian paralelos despues de su emergencia como antes, el hacecillo permaneceria blanco, al salir del prisma, y la luz no se descompondria. Esperiencias directas prueban esta misma verdad.

4. **Consecuencia.—Esplicacion de la forma y de la generacion del espectro.** Una vez admitidos los dos principios precedentes, es sumamente fácil esplicar la forma y generacion del espectro. En efecto, supongamos que hayamos aislado un solo rayo de luz blanca, y que le recibimos sobre un prisma horizontal. Los rayos elementales de los colores gradualmente cambiantes que le componen, y que son desigualmente refrangibles, irán despues de su emergencia á dibujar sobre una pantalla su imágen circular correspondiente, cuyo centro estará tanto mas elevado cuanto mas refrangible sea el rayo considerado. Pero variando la refrangibilidad de una manera insensible, todos los círculos coloreados tomarán unos de otros, se recubrirán en parte, y resultará una fusion de colores sin línea de demarcacion distinta. La forma cilíndrica del espectro es pues necesaria en esta generacion, forma que afecta el espectro en definitiva.

5. **Tercer principio.** *Los colores elementales que componen el espectro solar son colores simples ó inalterables.*

Demostracion. Sometiendo aisladamente los rayos de cada color á todas las acciones posibles, la luz permanece siempre la misma. Por ejemplo: un hacecillo de rayos rojos, aunque atraviese otros prismas, siempre se presenta con matices rojos. La refraccion tampoco les altera. En efecto, háganse caer los rayos rojos sobre un cuerpo cualquiera, verde, azul, amarillo. Este cuerpo, iluminado entonces por los rayos rojos, aparecerá rojos, perdiendo enteramente el color primitivo.

UNIVERSIDAD DE HUELVA 2010

Observacion.—Verdadera causa de la coloracion de los objetos. Para concebir esta última esperiencia es necesario suponer que la luz es la verdadera causa de la coloracion de los objetos, puesto que los cuerpos que no son luminosos no tienen color propio, y no hacen mas que reflejarnos, descomponiéndole una parte de la luz blanca que les ilumina. Si los diferentes cuerpos nos parecen cada uno de un color determinado, es únicamente porque nos envian mas abundantemente los rayos, ya simples, ya compuestos, cuya reunion produce en el órgano de la vista la sensacion de esta especie de color. Por consiguiente, cuando se les espone á una luz simple, no teniendo que reflejar mas que una sola especie de rayos, es forzoso que aparezca de su mismo color, que será el propio de los rayos que los iluminen.

6. **Recomposicion de la luz blanca.** *Puede recomponerse la luz blanca volviendo al paralelismo todos los rayos que forman el espectro solar, ó haciéndoles concurrir en un mismo punto.*

Demostracion. 1.ª *parte. Volver el paralelismo á los rayos del espectro.* Recibiendo el hacecillo luminoso refractado sobre otro prisma de igual sustancia y ángulo refringente que el primero, pero vuelto en sentido inverso, obtendrá mas el paralelismo de los rayos y el hacecillo luminoso coloreado entre los dos prismas es de una blancura perfecta al salir del segundo.

2.ª *parte. Hacer concurrir en un mismo punto los rayos coloreados.* Haciendo caer sobre un grande espejo cóncavo un espectro solar, se reconocerá por medio de una pantalla que todos los rayos concentrados en el foco del espejo forman en él una imágen perfectamente blanca del sol.

7. **Objetos vistos por medio de los prismas.** Analizando las diferentes luces artificiales por medio de prismas se reproduce siempre un espectro como el color, con la sola diferencia que los matices del espectro aparecen generalmente teñidos con el color de la llama que se mira.

Los colores naturales de los cuerpos estan sometidos al mismo análisis. Son generalmente compuestos. Si el color es blanco, se reproducirá el espectro con todos sus matices. Si el objeto es negro, no hay coloracion, puesto que el negro no es mas que la absorcion de todos los colores. Finalmente, mirando al través de un prisma un objeto amarillo, azul, rojo..... si estos colores son simples como los del espectro, el prisma no los descompone; pero si estos colores provienen de mezclas, el prisma separará los colores elementales que las constituyen. Por este medio se ha observado que todos los cuerpos de la naturaleza tienen un color compuesto.

8. **Acromatismo.** Llámase asi el procedimiento por el cual se dispone un prisma ó un lente de manera que desviando los rayos luminosos no les descomponga.

9. **Rayos del espectro.** Mirando con un microscopio un espectro so-

UNIVERSIDAD DE HUELVA 2010

lar bien puro, se distinguen una multitud de pequeñas rayas negras. Fraünhofer, su descubridor, las denominó *rayas del espectro.* — La luz eléctrica produce rayas brillantes en lugar de rayos oscuros.

10. **Distribucion del calor en el espectro.** M. Seebeck ha observado: 1.° que el calor en los rayos del espectro solar comienza á presentarse en los rayos violados; 2.° que el calor aumenta gradualmente hasta cierta banda colocada hácia los rayos rójos; 3.° que á partir desde este punto, el calor disminuye progresivamente y se estingue totalmente á cierta distancia.

11. **Propiedades químicas del espectro solar.** La influencia de los rayos del espectro solar en las acciones químicas reside principalmente en los rayos violados y en los próximos á ellos.

12. **Consecuencia.** Dedúcese de lo que precede que en un mismo hacecillo de luz se hallan *rayos luminosos*, *rayos caloríficos* y *rayos químicos.*

§. V. *De la vision.*

1. De qué partes se compone el órgano de la vista en el hombre?—2. Cuáles son las partes accesorias?—3. Cuáles son las necesarias para la vision?—4. Cuál es la marcha de la luz en el ojo?—5. Què esperiencia demuestra esta marcha?—6. Qué dos consecuencias se deducen de esta esperiencia.—7. A qué se llama distancia de la vista distinta?—8. A qué se llama miopia y presbiticia?—9. A qué se llaman anteojos y lentes, y cómo se sirven de ellos los miopes y los presbites?—10. Esplicar por qué hallándose las imágenes inversas en la retina no vemos nosotros del mismo modo los objetos.—11. Esplicar la unidad de impresion en los dos ojos.—12. Que es ángulo óptico y cómo se aprecian las distancias.—13. Qué es ángulo visual y cómo se aprecian los tamaños?

1. **Estructura del ojo** (1). El órgano de la vista en el hombre se compone de dos partes: las unas accesorias, las otras necesarias á la vision.

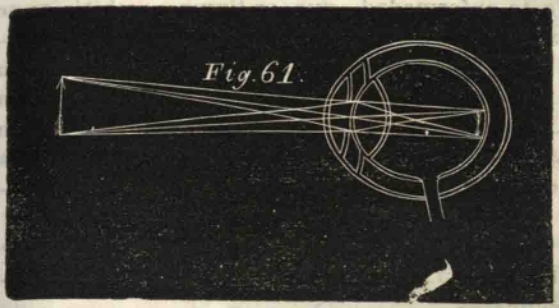
2. Las primeras son la *órbita*, los *músculos*, la *conjuntiva*, los *párpados* y el *aparato lacrimal.*

3. Las segundas son la *esclerótica*, que forma lo blanco del ojo; la *córnea trasparente*, membrana diáfana y en forma de segmento esférico; el *iris*, tabique vertical colocado detrás, y con un orificio en su centro, dicho *pupila;* el *cristalino*, pequeño lente trasparente de forma circular, y el *nervio óptico*, que viene del cerebro, y cuyas ramificaciones delicadas forman en la parte posterior del globo del ojo la *retina*, donde se pintan las imágenes de los objetos. Detrás de esta hay una membrana negra dicha *coroidea.*—El cristalino divide el globo del ojo en dos cámaras, la una *anterior*, que está llena de un humor acuoso, y la otra posterior, por otro humor llamado *vítreo.*

(1) Véase la descripcion mas lata en este órgano de los elementos de historia natural.

UNIVERSIDAD DE HUELVA 2010

4. **Marcha de los rayos luminosos en el ojo** (figura 61). Consideremos un punto luminoso colocado á cierta distancia delante del ojo y sobre su eje. El hacecillo de luz que emite sobre el globo ocular podrá dividirse en tres partes: los rayos esteriores caen sobre lo blanco del ojo, y son irregularmente reflejados en todos sentidos; una parte de los rayos interiores que atraviesan la córnea trasparente es detenida por el iris cuyo contorno ilumina; y finalmente, el hacecillo central, despues de esperimentar un principio de convergencia al refractarse sobre el humor acuoso, entra por la pupila, cae sobre el cristalino, por quien es refractado como por un lente-bi-convexo, y viene despues de sufrir la última refraccion en el humor vítreo á concentrarse definitivamente sobre un mismo punto situado sobre la retina.—Otro punto luminoso colocado fuera del eje principal formará sobre el eje secundario que le corresponde un foco semejante y una imágen.—Lo mismo sucederá con todos los puntos de un objeto luminoso; por manera que en el fondo del ojo se pintará una imágen inversa, que presentará todos los colores y contornos del objeto iluminado.—Cuando el objeto está colocado á una distancia conveniente, su imágen se forma exactamente sobre la retina.



5. **Esperiencia que demuestra la marcha de la luz en el ojo.** Adelgazando la esclerotica de la parte posterior de un ojo de buey ó de conejo albino frescamente preparado, y colocando delante y á alguna distancia de la córnea trasparente la llama de una bujía, se ve, mirando por detrás, dibujarse sobre la retina una pequeña imágen inversa de la luz.

6. **Consecuencias.** 1.ª Es indudable que el ojo está acromatizado, puesto que nos presenta las imágenes perfectamente claras; pero no es fácil hallar la causa de este acromatismo.—2.ª Puesto que en la vista la claridad de las imágenes es independiente de las distancias, es necesario que el todo de nuestro órgano este conformado de manera á trasformarse, segun lo exige la necesidad, en un lente mas ó menos convergente, cuyo foco se forma siempre sobre la retina.

7. **Distancia de la vista distinta.** Llámase asi aquella por la cual la vision se efectúa con menos esfuerzo y mas claridad.—En las personas que estan dotadas de una buena vista, esta distancia es próximamente de diez pulgadas.

8. **Miopia y presbiticia.** Sin embargo, hay personas que tienen la

UNIVERSIDAD DE HUELVA 2010

vista *muy larga* y se dicen *presbites*. Estos no leen una página sino á dos ó tres pies de distancia.—En esta enfermedad, que se llama *presbiticia*, se cree depende este defecto del achatamiento de la córnea y del cristalino, porque los rayos emanados cerca del ojo no convergen lo suficiente y forman su foco fuera de la retina.—Hay otros que, por el contrario, tienen una vista muy corta, y se dicen *miopes*, y á esta enfermedad *miopia*: solo distinguen los objetos á cinco ó seis pulgadas á lo mas. Atribúyese este defecto á una grande convexidad en la córnea y el cristalino, por lo cual los rayos convergen demasiado, y forman su foco delante de la retina.

9. **Anteojos y lentes.** Instrumentos de que se sirven los presbites y los miopes para tener una vista distinta. Los primeros emplean vidrios convexos, los segundos vidrios cóncavos.

10. **Esplicacion de algunas particularidades de la vision.—Imágenes inversas sobre la retina.** Aunque sobre la retina las imágenes aparecen inversas, nosotros juzgamos los objetos rectos; y nada hay de sorprendente en este hecho. En efecto, basta notar que nuestro cuerpo tiene su imágen inversa en la retina, y como los demas objetos sufren este mismo efecto, es evidente que nosotros debemos verlas en su verdadera posicion relativa. Entonces la conciencia que tenemos de nuestra propia posicion por el sentido del tacto determina la sensacion que nos hace ver los objetos rectos.

11. **Unidad de impresion en los dos ojos.** Aunque al ver un objeto se forma su imágen á un mismo tiempo en ambas retinas, nosotros no vemos mas que un solo objeto, lo que pende del hábito adquirido por el sentido del tacto.

12. **Angulo óptico.—Apreciacion de las distancias.** Llámase *ángulo óptico* el formado por los ejes ópticos de los dos ojos, cuando se dirigen hácia un mismo punto. A la manera que el punto considerado se aleja ó se acerca, ó que nosotros nos alejamos ó acercamos á él, el ángulo óptico disminuye ó aumenta. El sentimiento que tenemos de los movimientos impresos á nuestros ojos para fijar sus ejes ópticos sobre un punto mas ó menos lejano, es uno de los elementos esenciales que nos sirven para jugar las distancias de los objetos. Cuando los objetos estan lejanos, los ángulos ópticos correspondientes se hacen cada vez mas pequeños y escapan á la comparacion. Nosotros apreciamos entonces la distancia de los objetos por la intensidad mas ó menos grande de la luz que nos envian, cuya base no es exacta por las variaciones que sufre el brillo de la luz en los cambios atmosféricos.

13. **Angulo visual.—Apreciacion de los tamaños.** Llámase *ángulo visual* el formado por las líneas rectas que saliendo de los estremos opuestos de un objeto vienen á cruzarse en el centro de la pupila. Los dos rayos correspondientes refractados por el cristalino forman al entrar en el humor vítreo un segundo ángulo opuesto al primero, cuya base es el ta-

UNIVERSIDAD DE HUELVA 2010

maño de la imágen proyectada por la retina. El ángulo visual mide el tamaño aparente de los cuerpos. Cuando es muy pequeño, crece y decrece sensiblemente, lo mismo que el diámetro aparente en razon inversa de las distancias del objeto al ojo.

§. VI. *Instrumentos de óptica.*

1. Esplicar la cámara clara.—2. Esplicar la cámara oscura.—3. Dar una idea de los dibujos fotográficos del daguerreotipo.—4. Esplicar la linterna mágica.—5. Qué es fantasmagoría?—6. Esplicar el microscopio solar.—7. Qué aplicaciones se hacen de este instrumento?—8. Esplicar el microscopio simple.—9. Esplicar el compuesto.—10. Esplicar el microscopio compuesto de Amici.—11. Qué son anteojos?—12. Esplicar el anteojo astronómico.—13. Esplicar el anteojo de Galileo.—14. Esplicar el anteojo terrestre.—15. Esplicar el telescopio de Herschell.—16. Esplicar el telescopio de Newton.—17. Esplicar el de Gregory.—18. En qué se diferencia de este el de Casaigrain?

Cámara clara. Este instrumento ha sido imaginado por Wollaston para obtener un dibujo fiel de un paisaje. Su parte esencial es un prisma cuadrilateral (fig. 62). Una de las caras que forma el ángulo recto A es vertical, y está vuelta hácia los objetos. Los rayos luminosos que envia penetran por esta cara AD en el prisma, sufren una primera reflexion total sobre la cara inclinada DB, otra segunda sobre la cara BC, y vienen finalmente á salir casi verticalmente por la cara horizontal muy cerca del vértice C del ángulo agudo. Si un observador tiene el ojo colocado encima de este ángulo, en una posicion tal que su pupila esté próximamente dividida en dos partes iguales, recibirá una parte del hacecillo emergente, que formará una imágen de los objetos, y al mismo tiempo la punta del lapicero en la cual podria dibujar los contornos de la imágen sobre un carton blanco colocado á la distancia de la vision distinta. Delante del prisma se coloca un lente bi-convexo á fin de que los rayos tomen el grado de divergencia necesario para que el dibujante vea exactamente la imágen y la punta del lapiz sobre un mismo punto.

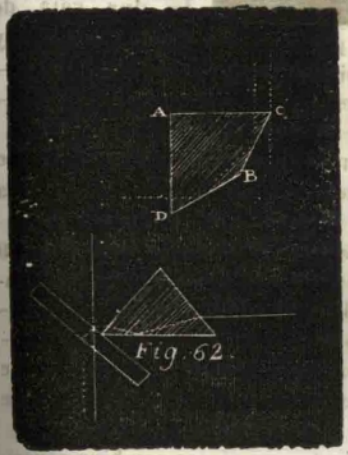


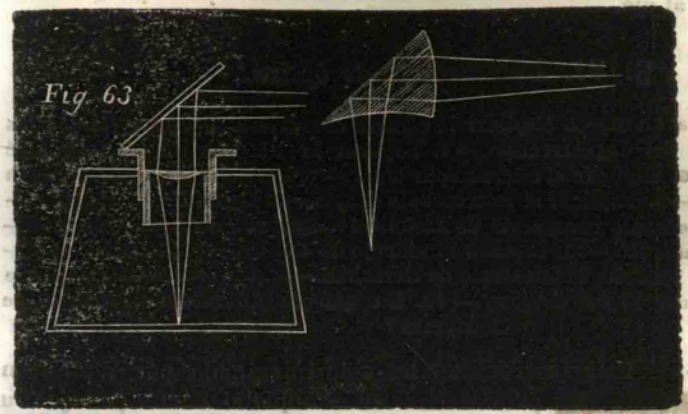
Fig. 62.

M. Amici sustituyó al prisma cuadrilateral una lámina de vidrio inclinada y de caras paralelas (fig. 62), y de un prisma triangular cuya hipotenusa está vuelta hácia abajo, y la otra cara es perpendicular á la lámina. Los rayos luminosos emitidos por los objetos caen sobre la cara que está vuelta hácia ellos, penetran en el prisma refractándose, sufren en la hipotenusa una reflexion total, salen del prisma, sufren una segunda reflexion

UNIVERSIDAD DE HUELVA 2010

sobre la lámina, y llegan casi verticalmente al ojo, que ve proyectarse la imágen de los objetos sobre el carton dispuesto para dibujarlos.

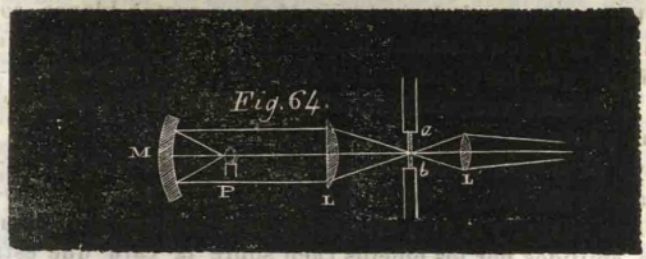
2. **Cámara oscura.** Es un aparato destinado á producir sobre un cuadro una imágen reducida de los objetos esteriores. Se reciben los rayos luminosos sobre un espejo plano, desde donde son reflejados sobre un lente convergente colocado en la pared superior y horizontal de una caja de madera (fig. 63). Los rayos que penetran por este lente se refractan y concentran sobre el cuadro destinado á recibir las imágenes. Formas, contornos, tintas y medias tintas, colores, prespectiva aérea, todo se reproduce con admirable verdad.



Se ha sustituido con ventaja á la combinacion del espejo y del lente convergente un *prisma menisco* que hace veces de ambos, como se ve en la fig. 63.

3. **Dibujos fotográficos.—Daguerreotipo.** M. Daguerre en 1839 halló el medio de *fijar* sobre el cuadro los dibujos producidos en él por la cámara oscura.—El aparato de M. Daguerre, llamado *daguerreotipo*, no reproduce los colores; pero sí deja impresos sobre el cuadro hasta los mas minuciosos detalles del objeto.—Este descubrimiento consiste principalmente en la preparacion de la lámina metálica que ha de recibir la impresion de los rayos luminosos (1).

4. **Linterna mágica.** Los efectos de la linterna mágica son bien conocidos, y se obtienen por medio de una combinacion muy sencilla de lentes convergentes.—La luz de una lámpara P es reflejada por un espejo cóncavo M (fig. 64), sobre un lente convexo L, que concentra los rayos en un objeto *ab*, que consiste generalmente



(1) Diremos algo de esta preparacion en los elementos de química.

UNIVERSIDAD DE HUELVA 2010

en un dibujo trazado sobre una lámina de cristal. Este objeto está colocado en otro lente convergente L' á una distancia mayor que su distancia focal principal. Este último lente forma sobre una pantalla convenientemente dispuesta una imágen real inversa y aumentada del objeto iluminado. No debe dejarse penetrar en la cámara donde se hace la esperiencia otra luz que la que ha de contribuir al fenómeno.

5. **Fantasmagoría.** La *fantasmagoría* no consiste mas que en una linterna mágica en la cual los objetos y el cuadro reciben movimientos simultáneos, combinados de manera que la pantalla esté siempre colocada exactamente en el foco donde ha de formarse la imágen. El objeto, lejano en un principio del lente, aproximándose por grados, su imágen aparece primero en un punto muy distante, luego se agranda, y parece precipitarse sobre los espectadores.

6. **Microscopio solar.** La teoría de este instrumento es la misma que la de la linterna mágica. Los rayos del sol reflejados por un espejo plano, colocado delante de la cámara oscura, caen sobre un lente convexo A, que les imprime un cierto grado de convergencia, son recibidos sobre otro lente B, que les concentra en su foco, en cuyo punto se coloca el pequeño objeto cuya imágen quiere verse y que tiene delante de sí otro lente convergente C, que se llama el *objetivo*, y que pinta sobre un cuadro lejano una imágen muy amplificada del objeto (fig. 65).

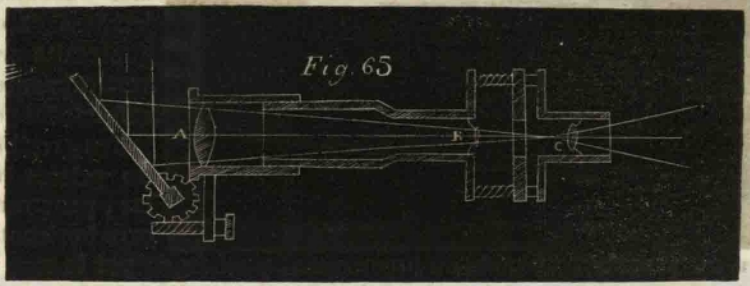


Fig. 65

7. **Aplicaciones.** Por medio de este aparato pueden observarse las alas de los insectos, los animales infusorios, la cristalizacion de las sales, los glóbulos de la sangre y una infinidad de cuerpecillos cuyos detalles son del mayor interés.

8. **Microscopio simple.** Cuando se quieren observar objetos muy pequeños, como los estambres de las flores, los órganos de un insecto, etc. se hace uno generalmente de un lente convergente de un foco muy corto, a que se llama *microscopio simple*.

UNIVERSIDAD DE HUELVA 2010

9. **Microscopio compuesto.** Este instrumento, cuyo objeto es hacer visibles los mas minuciosos detalles de los objetos, consiste esencialmente en dos lentes convergentes. El uno A (figura 66), colocado delante del objeto á una distancia poco mayor que su distancia focal, se llama *objetivo*, y forma una imágen real, inversa y abultada del objeto. La segunda B, llamada *ocular*, es un microscopio simple por el cual se ve la imágen amplificada PQ, que debe estar colocada á una distancia tal que la imágen definitiva P′Q′ sea virtual, y alejada del ojo del observador una cantidad igual á la distancia de la vision distinta.

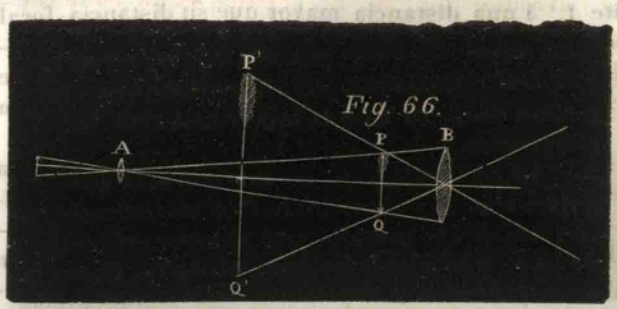


Fig. 66.

Microscopio compuesto de Amici. Este aparato está representado en la (fig. 67). El objeto que se quiere observar se coloca sobre MM′ debajo del objetivo A. Los rayos que emite se elevan verticalmente, son refractados por el objetivo, recibidos por un prisma triangular, penetran por su cara horizontal, sufren una reflexion total sobre su hipotenusa, y emergen por la cara vertical para ir á formar delante del ocular B la imágen amplificada del cuerpo sometido á la esperiencia.

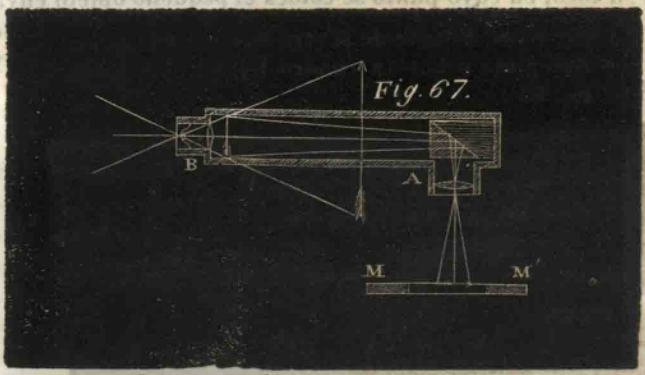
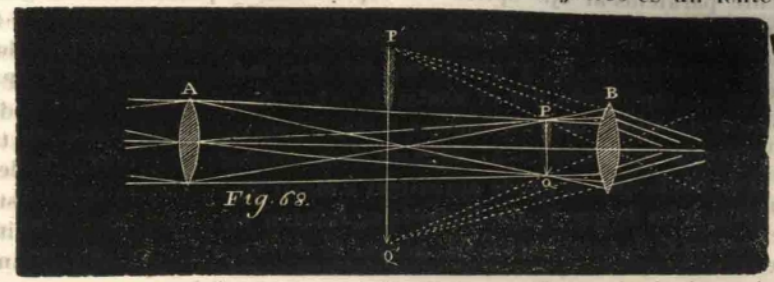


Fig. 67.

11. **Anteojos.** Los *anteojos* estan destinados á ver los objetos lejanos.

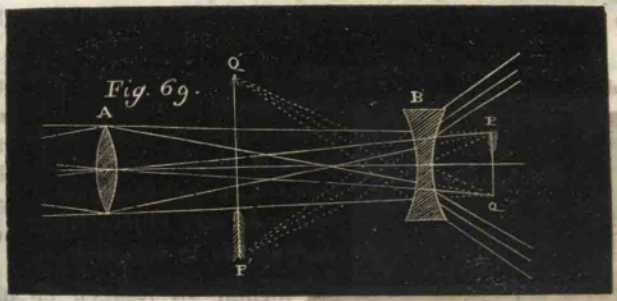
UNIVERSIDAD DE HUELVA 2010

12. **Anteojo astronómico.** Este anteojo se compone de dos lentes convergentes, el *objetivo* y el *ocular* (fig. 68). El *objetivo* es un lente con-

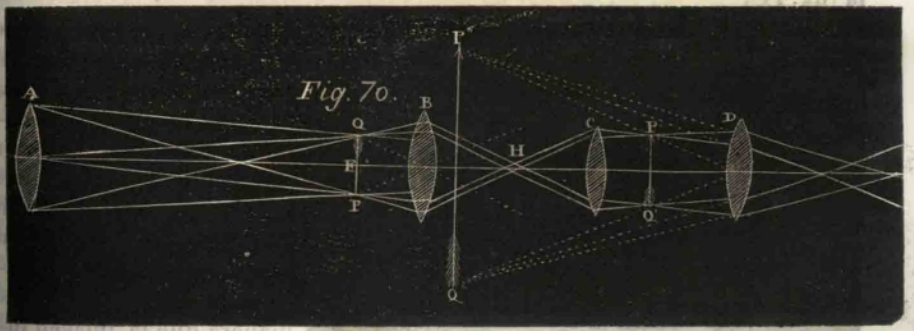


vexo A, de foco muy largo, y que forma en su foco principal una imágen inversa de los astros. El *ocular* es un lente convergente B, por medio del cual se ve la imágen como en los microscopios.

13. **Anteojo de Galileo.** En este anteojo el objetivo A es siempre un vidrio convergente, y el ocular B uno divergente. —Si el ocular no opusiera un obstáculo, los rayos luminosos emitidos por un objeto lejano formarian la imágen inversa del objeto en PQ, foco del objetivo. Pero el ocular se interpone, impide que los rayos concurran en PQ, y les imprime una divergencia tal que resulta una imágen virtual recta en P'Q' (fig. 69).



14. **Anteojo terrestre.** Este aparato se compone esencialmente de cuatro vidrios convergentes. El objetivo A (fig. 70) forma en PQ una imágen inversa



del objeto lejano. Los rayos que produce esta imágen, continuando su camino, caen sobre otro vidrio convergente B, cuyo foco coincide sensiblemente

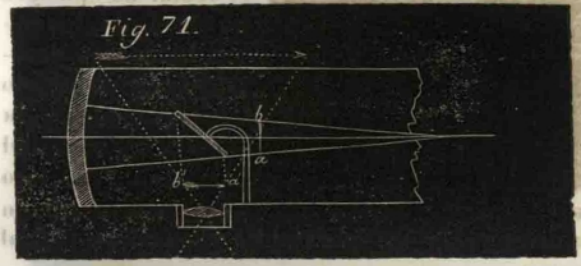
UNIVERSIDAD DE HUELVA 2010

con el lugar de la imágen.—Emergen entonces, formando hacecillos próximamente paralelos al eje óptico correspondiente al punto de la imágen de que emanan. De aqui el cruzamiento de los rayos delante del lente B.—Son entonces recibidos por el tercer lente C, cuyo foco principal está colocado en el punto de cruzamiento H, y que forma del otro lado una imágen P'Q' recta, que se ve amplificada por el ocular D.—Los dos vidrios intermedios, únicamente destinados á hacer la imágen recta, estan fijos en su mismo tubo y á una distancia invariable.—El objetivo está colocado al estremo de un tubo móvil de modo que se puede aproximar ó alejar de B, segun la distancia del objeto, á fin de que forme siempre su imágen en el foco F.—Finalmente, el ocular D es tambien móvil, porque la divergencia que imprime á los rayos luminosos de la segunda imágen P'Q' debe estar en armonía con la vista del observador.

15. **Telescopio de Herschell.** Este aparato consiste en un gran espejo cóncavo, cuyo eje se dirige á objetos muy lejanos, que forman su imágen inversa en el foco principal, y que se observa por medio de un lente de foco corto.

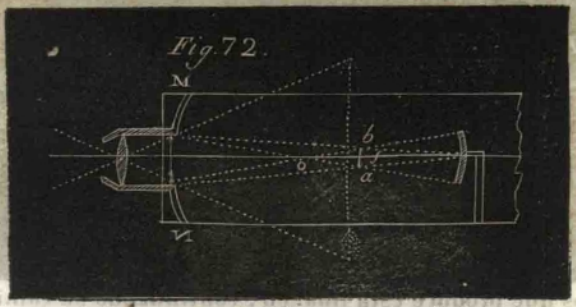
61. **Telescopio de Newton.** En este aparato el espejo cóncavo está colocado en el fondo de un tubo, cuyo eje está vuelto hácia el objeto que se observa. Los rayos que, emanados de este objeto irian, despues de la reflexion, á formar su imágen en *ab*, son recibidos antes de su punto de concurso sobre un pequeño espejo plano inclinado 45.° al eje del reflector, que arroja lateralmente en *a'b'* la imágen en *ab* delante de un lente destinado á amplificarla (fig. 71).

Fig. 71.



17. **Telescopio de Gregory.** El espejo cóncavo de este aparato tiene en su centro un orificio circular á que se adopta un tubo que lleva el ocular. — Los rayos que por una primer reflexion sobre el espejo MN forman en su foco la imágen *ab*, son recibidos sobre otro espejito cóncavo, colocado de manera que la imágen inversa *ab* esté entre su foco principal *f* y su centro *o*.—Entonces sus rayos vienen despues de una segunda reflexion á formar delante de este espejito

Fig. 72.



UNIVERSIDAD DE HUELVA 2010

otra nueva imágen recta y aumentada, que se percibe por medio del ocular (fig. 72).

18. **Telescopio de Casaigrain.** Al espejito cóncavo del telescopio que acabamos de mencionar sustituye Casaigrain otro convexo que recibe los rayos luminosos antes de su punto de concurso entre el gran reflector y su imágen *ab*.

SECCION V.—METEOROLOGIA.

§. I. *Preliminares.*

1. Qué es meteorologia?—2. Cuáles son las causas de los fenómenos meteorológicos?

1. Llámase *meteorologia* á uno de los ramos de la física, que se ocupa del estudio de los fenómenos que se producen ya á cada instante, ya á intervalos mas ó menos lejanos en el globo terrestre y en la atmósfera que le circuye.

2. Los fenómenos meteorológicos son relativos ya á las propiedades del aire atmosférico, ya al calor, magnetismo y electricidad.

§. II. *Variaciones barométricas.—Vientos.*

1. De cuántas especies son las variaciones barométricas?—2. Qué son variaciones accidentales y en qué partes del globo se esperimentan? Hallar las alturas medias del dia, mes y año.—3. Qué son variaciones regulares ó lunarias y en qué partes del globo se esperimentan?—4. Qué influencia ejerce el estado del aire atmosférico sobre el barómetro?—5. En qué consiste el viento?—6. Cuáles son las causas principales de los vientos?—7. Dónde reinan los vientos irregulares?—8. Dónde reinan los vientos regulares?—Qué son vientos monzones y alicios?—9. A qué se llama brisas de mar y tierra y cuál es la causa que las produce?—10. De cuántas maneras se propaga el viento?—11. Cuál es la velocidad de los vientos principales y cómo se ha medido?

1. En un mismo punto y á la misma latitud, la altura barométrica puesta á la temperatura normal de 0.° cambia continuamente ya con el estado de la atmósfera, ya con la hora del dia. Estas variaciones son de dos especies: las unas *accidentales* y las otras *regulares*.

2. **Variaciones accidentales.** Llámanse asi las que esperimenta el barómetro en nuestros climas..... Lo que conviene observar es la *altura media* para cada dia, para cada mes, para cada año y para un largo período de años. En el observatorio de Paris, por ejemplo, se hacen cada dia cuatro observaciones barométricas: la una á las nueve de la mañana, la segunda al medio dia; las dos últimas á las tres y á las nueve de la tarde. La altura observada al medio dia es, segun las observaciones de M. Ramon, *la altura media del dia*. La *altura media* del mes se obtiene sumando las alturas medias de los treinta dias de que se compone, y tomando la 30 parte de

UNIVERSIDAD DE HUELVA 2010

de la suma. Dividiendo por 12 la suma de las alturas medias del mes, tendremos la *altura media del año*. La altura media del barómetro varía con la posicion de los lugares, su latitud y elevacion sobre el nivel del mar. Ademas en un mismo pais el barómetro se halla en una oscilacion continua encima y debajo de la altura media del año. En estas variaciones accidentales se deprime á veces á poco tiempo muchos milímetros, y presenta otras ascensiones considerables. Estas variaciones barométricas disminuyen progresivamente de los polos al ecuador.

3. **Variaciones regulares ú horarias.** Llámanse asi las que esperimenta el barómetro en toda la zona ecuatorial, donde cesan completamente las irregulares. Las *variaciones horarias* han sido observadas con mucha exactitud por M. de Humboldt. Segun este observador, el barómetro llega á su mayor altura á las 9 dela mañana; pasada esta hora baja regularmente, llega á las doce á su altura media, y á su elevacion mínima á las 4 de la tarde. Desde entonces sube hasta las 11 de las noche, en que llega á su segunda altura máxima, baja hasta las 4 de la mañana, su segunda altura mínima, y vuelve á comenzar su período ascendente.

4. **Influencia del aire atmosférico sobre el barómetro.** En el ecuador ninguna circunstancia atmosférica altera la perfecta uniformidad de las variaciones diurnas del barómetro; pero en nuestros climas parece fuera de toda duda que á la aproximacion de un huracan el barómetro baja mucho y que esperimenta durante él grandes oscilaciones. La direccion del viento parece influye tambien sobre el barómetro, subiendo con los vientos del sur y del sur-oeste, y bajando con los del norte y nordeste. Aunque siendo la densidad del vapor de agua $^5/_8$ del aire, debe bajar el barómetro cuando este vapor aumenta en la atmósfera, no siempre sucede asi, y la influencia de la lluvia en el barómetro es muy irregular.

5. **De los vientos.** El viento consiste en el cambio de lugar mas ó menos rápido de una parte de la atmósfera.

6. **Causas principales de los vientos.** Las dos causas principales de los vientos son el calor y la lluvia. En efecto, si una parte de la superficie del globo se calienta demasiado, resultará una gran dilatacion en las capas de aire que descansan sobre ella. Estas capas disminuyendo de densidad se elevarán hácia las regiones superiores, y serán reemplazadas por el aire frio que afluirá de las partes laterales. Si una gran cantidad de vapor esparcido en la atmósfera se resuelve de repente en lluvia, se formará un gran vacío en las regiones del aire en que se efectúe esta condensacion, y el aire de las partes laterales se precipitará en él para llenarle.

7. **Vientos irregulares.** En nuestros climas los vientos soplan de una manera muy irregular. Su direccion y velocidad sufren tambien la influencia de las localidades. En las zonas glaciales son aun mas inconstantes, cambian de direccion en pocos minutos, y á veces parece soplan simultáneamente de todos los puntos del horizonte.

UNIVERSIDAD DE HUELVA 2010

8. **Vientos regulares.** Llámanse asi los que reinan en la zona tórrida porque soplan por largo tiempo en una misma direccion, y vuelven periódicamente en épocas fijas.

Vientos monzones. Estos vientos soplan constantemente durante seis meses, de abril á octubre y de octubre á abril, en dos direcciones opuestas, del nordeste al sudoeste, ó del noroeste al sudeste.

Vientos alicios. Estos vientos reinan tambien constantemente en las regiones ecuatoriales, y soplan entre los trópicos en la direccion de este á oeste.

9. **Brisas de mar y tierra.** Llámase asi el vientecillo que sopla en las costas por mañana y tarde en direccion de la costa al mar ó del mar á la costa. Hé aqui cómo se esplica generalmente este meteoro. Por la mañana el aire que baña las costas, siendo mas frio que el que descansa sobre la superficie del mar á causa de la radiacion de la noche, producirá una brisa que vendrá de la tierra á la mar, emanada por una corriente de aire frio que tiende á bajar en virtud de su esceso de densidad, y á ponerse en equilibrio con el aire caliente y menos denso que descansa en la mar. Por la tarde sucede á la inversa: el aire de las costas, siendo mas caliente que el que descansa sobre la superficie del mar, producirá una brisa de mar á tierra, emanada por la corriente de aire frio que afluye para llenar el vacío formado por la ascension del aire caliente de la playa.

10. **Manera de propagarse los vientos.** Parece que lo verifican de dos maneras: dícese que el viento se propaga por *impulsion* cuando sopla en una direccion, y se adelanta en el mismo sentido y por *aspiracion* cuando sopla en un sentido y se adelanta en una direccion contraria.

11. **Velocidad de los vientos.** Es muy variable. Se mide por el camino que recorren, en la unidad de tiempo, los cuerpecillos ligeros que arrastra consigo. La esperiencia dió los resultados siguientes:

0.m 5	por segundo	viento apenas sensible.
2.m	——	viento moderado.
10.m	——	viento fuerte.
27 m	——	gran tempestad.
45.m	——	viento que arranca los árboles y derriba los edificios.

UNIVERSIDAD DE HUELVA 2010

§. III. *Calor terrestre.*

1. De qué manera debe hacerse el estudio del calor terrestre?—2. Qué cambios sufre la temperatura del suelo, y á qué causas son debidos?—3. Esplicar las diversas temperaturas durante el dia.—4. Esplicar la causa de la variacion de temperatura en las estaciones.—5. A qué se llama temperatura media del dia y cómo se halla?—6. Cómo se halla la temperatura media del mes?—7. Cómo se halla la temperatura media del año?—8. Cómo se halla la temperatura media de un lugar?—9. Cuál es la causa de la temperatura media de un lugar?—10. Qué son lineas isothermas?—11. A qué se llama zona isotherma?—12. Cómo pueden dividirse los climas?—13. Cómo completaremos la fisonomia de un clima?—14. Qué fenómenos presenta la temperatura debajo de la superficie terrestre?—15. Qué ley guarda el calor á medida que uno se eleva á la atmósfera, y qué hechos lo comprueban?—16. Cuáles son las causas del frio en las capas elevadas de la atmósfera?—17. Qué son termómetros demáxima y y mínima?—18. Termómetro de Rutherford: 1.° de máxima, 2.° de mínima.

1. El estudio del calor terrestre debe hacerse por la observacion: 1.° de la temperatura de la superficie del suelo; 2.° por la temperatura á diversas profundidades debajo de esta superficie; 3.° por la temperatura de diversas alturas sobre ella.

2. **Temperatura en la superficie del suelo.** Esta temperatura varía con las latitudes, con la posicion de los lugares, y en un mismo lugar con la hora del dia y con la estacion del año. Estos cambios tienen por principal causa las cantidades diversas de calor que los rayos solares derraman sobre el globo terrestre, y que dependen: 1.° de su inclinacion; 2.° de la duracion de la presencia del sol sobre el horizonte.

3. **Diversas temperaturas durante el dia.** Por la mañana así que sale el sol el termómetro comienza á subir, y la temperatura aumenta progresivamente á medida que el sol se eleva sobre el horizonte: esta temperatura llega á su máximum entre 2 y 3 de la tarde, decrece luego á medida que el sol baja, y cuando ha pasado por debajo del horizonte el enfriamiento se hace cada vez mas intenso por efecto de la radiacion nocturna. El momento mas frio ó el mínimum de temperatura es el de pocos minutos antes de salir el sol.

4. **Temperatura en las diversas estaciones.** La oblicuidad de los rayos solares y la duracion de la insolacion, es causa de la temperatura en las diversas estaciones. En efecto, en verano tenemos 16 horas de dia y solo 8 de noche, y los rayos solares, aunque mas lejanos que en invierno, caen en direccion menos oblicua: debemos por consiguiente esperimentar mas calor. Por esta razon se sufren en nuestros climas dias tan calurosos como en el ecuador, donde la temperatura es uniforme por la igualdad de los dias y noches.

5. **Temperatura media del dia.** Basta hacer tres observaciones: al nacer el sol, á las 2 de la tarde y al ponerse el sol, y dividir su suma

UNIVERSIDAD DE HUELVA 2010

por tres. Tambien se obtiene tomando la semisuma de la mínima y de la máxima del dia.

6. **Temperatura media del mes.** Conocida la del dia, se obtiene la del mes haciendo la suma de todos los dias del mes y dividiéndola por su número.

7. **Temperatura media del año.** Dividiendo por doce la suma de la temperatura media de los doce meses se obtiene la del año.

8. **Temperatura media de un lugar.** Finalmente, la temperatura media de un lugar se obtiene reuniendo las medias de un gran número de años y dividiendo su suma por su número.

9. **Causas de la temperatura media de un lugar.** La temperatura media de un lugar depende de su latitud y de la elevacion sobre el nivel del mar. Decrece progresivamente yendo en un mismo meridiano del ecuador á los polos, y á medida que uno se eleva sobre la superficie del mar. La distancia á la mar, la proximidad de las montañas, la naturaleza del suelo, su inclinacion, los vientos que reinan, son causas que influyen en la determinacion de la temperatura media de un lugar.

10. **Líneas Isothermas.** Llámanse asi las formadas por varios lugares que gozan de una misma temperatura media.

11. **Zona Isotherma.** Llámase asi el espacio comprendido entre dos líneas isothérmicas.

12. **Climas.** Pueden dividirse en tres clases: 1.° climas *constantes*, aquellos que presentan poca diferencia (5 ó 6.°) entre la temperatura media del mes mas cálido y la del mes mas frio; 2.° climas *variables*, aquellos en que esta diferencia es mayor (15 á 16.°); 3.° climas *escesivos*, aquellos en que esta diferencia es mucho mayor de 30 á 32°.

13. Para completar la fisonomía del *clima* de un pais, deben añadirse á los caracteres sacados de su temperatura la reunion de los fenómenos meteorológicos que puedan ejercer una influencia bienhechora ó dañosa sobre el hombre, los animales y la vegetacion.

14. **Temperatura debajo de la superficie terrestre.** Observaciones termométricas repetidas han puesto en evidencia los principios siguientes:

1.° A cierta profundidad debajo de la superficie esterior de la tierra existe una capa de *temperatura invariable*, cuyo grado de calor es siempre el mismo, independientemente de las vicisitudes que sufre la temperatura del suelo.

2.° Debajo de esta capa invariable, la temperatura de las capas inferiores es asimismo invariable para cada una de ellas, y que la temperatura aumenta con las profundidades (1).

---

(1) En los elementos de geologia nos ocuparemos con alguna mas estension de este asunto y sus consecuencias.

UNIVERSIDAD DE HUELVA 2010

15. **Temperatura sobre la superficie del suelo.** Esta temperatura decrece progresivamente á medida que uno se eleva en la atmósfera.

Dos hechos comprueban esta verdad: 1.° La existencia de las nieves perpetuas sobre las cumbres de las altas montañas; 2.° las observaciones de temperatura hechas en las ascensiones aerostáticas.

16. **Causas del frio en las capas elevadas de la atmósfera.** 1.° El aire es eminentemente permeable á los rayos caloríficos, y tanto mas cuanto menor es su densidad, y lo es mas al calor *luminoso* que al calor *oscuro*. Resulta de aqui que el aire absorve menos calor en las partes elevadas de la atmósfera que en las inferiores.

2.° El aire hace latente el calor que se eleva de las capas superficiales á medida que las dilata.

3.° El aire en las altas regiones atmosféricas está sujeto á una radiacion continua hácia los espacios celestes, que debe producir un gran enfriamiento.

17. **Termómetros de máxima y mínima.** Llámanse asi ciertos instrumentos que abandonados á sí mismos conservan la señal de la mas alta y baja temperatura á que han llegado durante el dia.

18. **Termómetro de Rutherford. 1.° Termómetro de máxima.** Consiste en un termómetro comun de mercurio, cuyo tubo es encorvado y horizontal. En lo interior del tubo está colocado un pequeño cilindro de hierro que sirve de índice. Cuando la temperatura crece, el mercurio impele el cilindro delante de sí; cuando baja queda en su lugar (fig. 73).

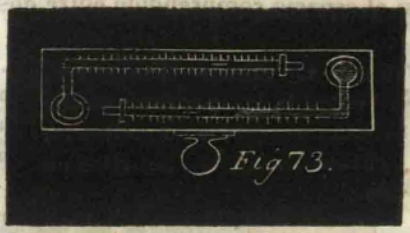


Fig 73.

2.° **Termómetro de mínima.** Es el mismo termómetro lleno de alcohol, en cuyo interior hay un pequeño índice de esmalte. Si la temperatura crece, este cilindro permanece en su lugar; pero si baja, el alcohol al contraerse arrastra consigo el índice.

§. IV. *Meteoros acuosos.*

1. Qué es el rocio?—2. Cuáles son las causas de su produccion?—3. A qué se llama sereno?—4. Qué es la escarcha?—5. A qué se llama helada comun?—6. A qué deben su origen las nieblas y las nubes? ¿Qué es vapor vesicular?—7. Cómo se forman las nieblas y las nubes?—8. Cómo se esplica la suspension de las nubes en la atmósfera?—9. Qué es la lluvia?—10. Qué son udometros?—11. De qué resulta la niebla?—12. Esplicar la piedra.—13. Esplicar el verglas ó agua nieve.

1. **Rocio.** Este meteoro consiste en una infinidad de gotitas líquidas de que se cubren las superficies de los cuerpos en las noches de calma y serenas.

2. **Causa del rocio.** El doctor Wells ha probado que la formacion del

UNIVERSIDAD DE HUELVA 2010

rocío tiene por causa el enfriamiento que sufren los cuerpos terrestres por efecto de su radiacion nocturna. De la temperatura de estos cuerpos, siendo menor que la del aire que les baña, resulta, en circunstancias convenientes, una condensacion parcial del vapor de agua esparcido en él.

3. **Sereno.** Llámase asi el rocío que se forma al ponerse el sol algunos momentos antes del crepúsculo.

4. **Escarcha.** Llámase asi el rocío congelado. No reconoce, pues, otra causa que el rocío, y solo necesita que la temperatura de los cuerpos baje á cero. Las gotitas de rocío se congelarán entonces y formarán agujitas cristalinas de hielo que se adherirán á las ramas de los árboles y á las hojas de las plantas.

Observacion. En nuestros climas la escarcha se forma generalmente en la primavera y en el otoño, y puede ser muy funesta á las plantas. Para preservarlas deben cubrirse con cualquier cuerpo que se oponga á la radiacion.

5. **Helada comun.** Llámase asi la congelacion pura y simple del agua esparcida en la superficie del suelo. Reconoce la misma causa que los meteoros precedentes: la baja de temperatura por la radiacion.

6. **Nieblas y nubes.—Vapor vesicular.** Las nubes y las nieblas deben su orígen al *vapor vesicular*. Consiste este en unos globullillos blanquizcos, que son unas bolitas de aire cubiertas con una película de agua muy tenue y huecas interiormente.

7. **Formacion de las nieblas y de las nubes.** Las nieblas se formarán siempre que una masa de aire cargada de humedad, se enfrie lo bastante para que el vapor de agua que contiene se condense. Asi, pues, las nieblas se formarán en la superficie de los rios si el aire está en calma y la temperatura es mas baja que el agua. Pueden tambien formarse las nieblas sobre la superficie de los rios ó de los lagos cuando el agua está fria, y una corriente de aire caliente saturado de humedad pasa por su superficie. En las montañas cerca de los manantiales y las cascadas, donde el aire es generalmente muy húmedo, puede asistirse con frecuencia á la formacion de las nieblas y las nubes. Si el aire que baña las faldas húmedas de las montañas se calienta por los rayos solares, se cargará de una gran cantidad de vapor de agua. Cuando el sol se oscurezca ó sus rayos se intercepten momentáneamente, el aire caliente se enfriará, y el vapor de agua de que está impregnado se convertirá en una *niebla* ó en una *nube*. Finalmente, estas pueden tambien formarse directamente en el seno de la atmósfera por dos causas muy generales: 1.ª por la condensacion súbita que esperimentan al elevarse en las altas regiones del aire las corrientes de vapor, que toman orígen en la superficie del suelo húmedo, por el calor de los rayos solares; 2.ª por el encuentro y mezcla de dos corrientes de aire saturadas de humedad á temperaturas diferentes.

8. **Suspension de las nubes en la atmósfera.** A pesar de la for-

UNIVERSIDAD DE HUELVA 2010

ma de las vesículas acuosas, parece deben poseer una densidad superior á la del aire, y su suspension en la atmósfera en masas considerables, parece difícil de concebir: sin embargo, hé aquí razones que la esplican: 1.ª El aire absorve con mayor facilidad el calor radiante *oscuro* que el calor *luminoso*. Las nubes interceptan la luz en gran parte, trasformando en calor oscuro el calórico de los rayos solares. Así el aire contenido en las vesículas y al rededor de ellas, calentándose mas que el aire que rodea la nube, esta se hará específicamente mas ligera y se contendrá en la atmósfera como un mongolfiero. 2.ª Los vientos, las corrientes de aire caliente que se elevan continuamente en la superficie del suelo, y finalmente la resistencia que el aire opone á los globulillos vesiculares por la dificultad que esperimentan en filtrar por sus mismos intersticios, son tambien causas que esplican la suspension de las nubes en la atmósfera. La exactitud de estas esplicaciones se halla comprobada con un hecho general: las nubes estan tanto mas próximas á la superficie terrestre cuanto mas baja es la temperatura.

9. **Lluvia.** Este meteoro resulta de la licuefaccion del vapor de agua contenido en las nubes y de la caida de gotas de vapor condensadas. Esta condensacion es efecto de un enfriamiento.

10. **Undómetros ó pluviómetros.** Llámanse así ciertos aparatos destinados á medir la cantidad de lluvia que cae anualmente en un mismo punto de la tierra. La fig. 62 representa el *undómetro comun*. Consiste en un cilindro de cobre de 6 á 8 pulgadas de diámetro. Compónese de un recipiente CC′ y de un depósito SS′. El recipiente tiene un fondo único con un orificio O, que se ajusta sobre el depósito SS′.—En el fondo de este se abre un tubo doblado TT, que se alza á lo largo de la pared esterior: aquí recibe un tubo de vidrio VV′, que se divide en partes iguales. y que sirve para indicar la altura del líquido interior. Se mide exactamente la superficie del recipiente C′C, se afora el depósito SS′ para saber la cantidad de líquido que corresponde á las diversas divisiones del tubo VV′, y es fácil deducir la cantidad de lluvia, esto es, el grueso de la capa que haya formado en un vaso de fondo horizontal.

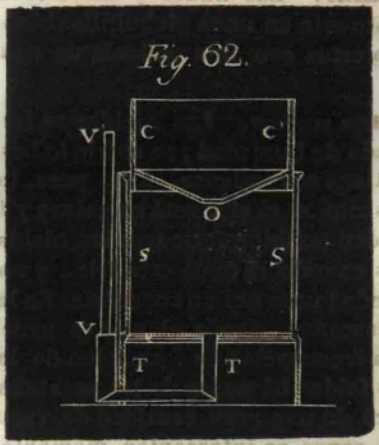


Fig. 62.

11. **Nieve.** La nieve resulta, como la lluvia, del enfriamiento de las nubes; pero su formacion exige que la temperatura de esta masa de vapores sea bajo cero. El vapor, condensándose entonces, se congela y cristaliza.—Si la cristalizacion se efectúa en un aire sereno, la nieve se presenta bajo formas perfectamente geométricas, afectando casi siempre la de una estrella de seis radios.

UNIVERSIDAD DE HUELVA 2010

12. **Piedra.** La *piedra*, cuya causa es tambien la congelacion del vapor de agua esparcido en la atmósfera, está formada de agujas de hielo entrelazadas unas con otras formando una especie de pelotillas bastante compactas.

13. **Verglas.** Este meteoro es una capa de hielo delgada, lisa y trasparente que se forma en la superficie del suelo cuando el aire está bastante caliente para que las nubes den orígen á la lluvia, y el suelo bastante frio para congelar esta lluvia á medida que cae.

§. V. *Electricidad atmosférica.*

1. Manifestar la semejanza entre los efectos del rayo y los de la electricidad.—2. Esperiencias de Dalibard para averiguar la electricidad de las nubes.—3. Esplicar las de Franklin con el mismo objeto.—4. Medios de estudiar la electricidad atmosférica.—5. Electrómetro de Saussure.—6. Qué particularidades se han observado en la electricidad atmosférica en los dias serenos?—7. Y en los tiempos nublados?—8. Cuáles son los manantiales de la electricidad atmosférica?—9. Qué es el relámpago?—10. Qué es el rayo?—11. Qué es el trueno?—12. Cómo esplica M. Poullet el ruido del trueno?—13. Cómo podemos apreciar la distancia á que se hallan de nosotros las nubes tempestuosas por el ruido del trueno?—14. Qué efectos causa el rayo?—15. Qué es choque de retroceso?—16. Qué observaciones deben hacerse acerca del rayo?—17. Cómo podemos preservarnos del rayo? Qué son para-rayos?—18. Cuáles son los efectos del para-rayos?—19. Qué condiciones se requieren para que sean eficaces?—20. Cuál es su esfera de actividad?—21. Esplicar el fuego de S. Telmo?—22. Qué es el granizo?

1. **Semejanza entre los efectos del rayo y los de la electricidad.** Desde 1746 los físicos comenzaron á sorprenderse de esta semejanza. En efecto, la forma sinuosa y comun del relámpago y de la chispa eléctrica, las propiedades de quebrar y desgarrar los cuerpos malos conductores, de inflamar las sustancias combustibles, de fundir y volatilizar los metales y de matar los animales, pertenecen en pequeño á la chispa eléctrica de nuestras baterías, como en grande al rayo.—Esta identidad hacia ya presumir la identidad de la materia de este meteoro y el flúido eléctrico.

2. **Electricidad de las nubes tempestuosas.—Esperiencias de Dalibard.** Este físico estableció en un jardin, en Marli-la-Ville, una barra metálica vertical terminada en punta de cuarenta pies de altura y aislada por su base. Suponiendo que una *nube tempestuosa* fuese un depósito de electricidad, al pasar sobre la barra metálica debia descomponer por influencia su flúido neutro; el flúido del nombre contrario atraido á la punta debia esparcirse libremente en la atmósfera, y el flúido del mismo nombre repelido á la parte inferior debia producir chispas á la aproximacion de un cuerpo conductor en comunicacion con el suelo.—La esperiencia confirmó estas suposiciones.

3. **Esperiencias de Franklin.** Este físico seguia en América distinto camino casi al mismo tiempo que Dalibard en Francia para comprobar el mismo hecho. Una cometa dirigida á una nube tempestuosa le

UNIVERSIDAD DE HUELVA 2010

sirvió al efecto. Hizo la esperiencia en Filadelfia en junio de 1752. Habiendo unido las cuatro puntas de un pañuelo de seda á dos varillas en cruz armadas de una punta metálica, ató á este aparato una larga cuerda y le lanzó en la atmósfera hácia una nube tempestuosa. Suspendió una llave á la estremidad de la cuerda, que sujetó á un poste por medio de un cordon de seda á fin de aislarle. El primer signo de electricidad que obtubo fue el erizamiento de los filamentos de la cuerda. Pero habiendo sobrevenido una ligera lluvia que mojó la cuerda, haciéndola mejor conductora, consiguió sacar varias chispas eléctricas, con que logró inflamar el alcohol y cargar una botella de Leyde. Esta esperiencia, repetida y variada por los sabios, comprobó la identidad de la electricidad atmosférica con la de nuestras máquinas.

4. **Medios de estudiar la electricidad atmosférica.** El flúido eléctrico no existe únicamente en las nubes, sino tambien en el aire atmosférico. Entre los medios de que podemos valernos para comprobarlo solo citaremos uno.

5. **Electrómetro de Saussure.** Consiste en un electróscopo comun de pajas. El conductor fijo está cubierto de un sombrero cónico de metal, que preserva la caja del contacto de la lluvia, que está colocada en una larga barra de cobre. Elevando verticalmente este aparato en el aire atmosférico, la electricidad del aire descompone el flúido neutro del conductor, y hace diverger las pajas una cantidad correspondiente á su intensidad.

6. **Electricidad del aire en los dias serenos.** Con el auxilio del aparato que acabamos de describir, y de otros fundados en el mismo principio, se han comprobado los hechos siguientes:

En el tiempo *sereno* existe siempre en la atmósfera un esceso de electricidad positiva libre que comienza á hacerse sensible en campo raso á 3 ó 4 pies de elevacion, aumentando de intensidad á medida que se eleva en la atmósfera. Esta electricidad sufre variaciones diurnas en su intensidad, y no es tan abundante en verano como en invierno. Saussure reconoció que en general es mayor en los lugares elevados y aislados, y nula en las casas, debajo de los árboles, en las calles, en los patios y generalmente en los parajes abrigados. Es, sin embargo, sensible en medio de las grandes plazas, en las orillas de los lagos, y principalmente sobre los puentes.

7. **Electricidad del aire en los tiempos nublados.** La electricidad libre esparcida en la atmósfera cuando llueve, nieva, y especialmente durante una tempestad, es ya positiva, ya negativa, y su intensidad es mayor que en los tiempos serenos.

8. **Manantiales de la electricidad atmosférica.** Hasta ahora la evaporacion del agua en la superficie terrestre es la única causa comprobada á que puede atribuirse la formacion de la electricidad atmosférica. Monsieur Pouillet atribuye tambien á la vegetacion un gran papel en la produccion de este fenómeno.

9. **Relámpago.** El *relámpago* consiste en la chispa eléctrica, saltan-

UNIVERSIDAD DE HUELVA 2010

do ya entre dos nubes electrizadas en sentido inverso, ya entre una nube y el suelo.

10. **Rayo.** El *rayo* es una chispa eléctrica mayor que la del relámpago: el relámpago es, pues, un rayo menor. El relámpago y el rayo se propagan casi siempre en zis-zas, lo que es efecto de que las masas de vapores que surcan, no siendo un conductor continuo, la chispa eléctrica sigue, no la línea mas corta, sino la que le opone menos resistencia.

11. **Trueno.** Llámase asi el ruido que generalmente acompaña á los relámpagos y los rayos.

12. **Esplicacion del ruido del trueno.** M. Pouillet esplicó asi este fenómeno: Siempre que una conmocion instantánea sucede en el aire, resulta un ruido mas ó menos fuerte. Ahora bien: la chispa eléctrica, la de una batería por ejemplo, determina en el aire que atraviesa un chasquido particular que la acompaña. Lo mismo sucede con el relámpago y el rayo. Cuando brillan, aparece á un mismo instante en puntos muy lejanos: en toda esta vasta estension el aire y el vapor son en un mismo instante desgarrados y dilatados: las moléculas de materia ponderable, conmovidas en un largo tránsito, se ponen en vibracion, y la larga detonacion que resulta, repetida y aumentada por los ecos de las nubes, forma los retumbamientos del trueno.

13. **Apreciacion de la distancia de las nubes tempestuosas por el ruido del trueno y la luz de los relámpagos.** Como la velocidad de la luz es tan inmensa, el momento que tarda en venir de la nube á nuestros órganos visuales es inapreciable. Pero como el sonido recorre 340.m por segundo, deben pasarse entre la aparicion del relámpago y la detonacion que le sigue tantos segundos como veces haya 340.m entre el observador y el paraje donde estalla el trueno. De aqui el medio de medir la distancia á que se hallan las nubes tempestuosas por el número de segundos que tardamos en oir el ruido del trueno desde la vision del relámpago. Cuando brilla el relámpago sin que le siga el trueno, prueba que la nube en que tuvo orígen está de tal modo lejana del observador que el sonido se estingue antes de llegar á él.

14. **Efectos del rayo.** Son de mayor escala los mismos que los de la batería eléctrica. Esplicaremos algunos, y especialmente el

15. **Choque de retroceso.** Cuando una nube tempestuosa pasa sobre la superficie de la tierra, ejerce su accion por influencia sobre todos los cuerpos que se hallan bajo su esfera de actividad. Si la nube se aleja sin esplosion, los cuerpos electrizados por influencia vuelven á su estado natural. Si la electricidad de la nube se recompone por medio de un relámpago con la electricidad contraria de un cuerpo colocado sobre la superficie de la tierra, este cuerpo es forzosamente herido del rayo directamente. Entonces se dice que ha *caido un rayo*. Finalmente, si el relámpago parte de una nube tempestuosa á otra nube, ó entre los estremos de una nube y un cuer-

UNIVERSIDAD DE HUELVA 2010

po terrestre, otros cuerpos á veces bien lejanos, pero que estaban sometidos á su influencia, pueden ser heridos por el *choque de retroceso*, cuando esta influencia aniquilada de repente, se hace asiento de una recomposicion instantánea de dos flúidos eléctricos que la accion de la nube habia descompuesto.

16. **Observaciones acerca del rayo.** El rayo ataca siempre con preferencia los cuerpos conductores y los que estan mas próximos de las nubes tempestuosas, como los edificios elevados, las iglesias, los campanarios, las torres, los árboles cuyas hojas y ramas pueden asemejarse á las puntas. La diversa conductibilidad de estos diferentes cuerpos hace su abrigo á veces fatal á las personas que le buscan.

Subsiste aun hoy en muchos puntos la preocupacion funesta de tocar las campanas durante una tempestad. La esperiencia prueba que el rayo ataca con preferencia las campanas que suenan.

17. **Preservativos contra el rayo.** A veces un vestido de seda ha bastado á preservar de los funestos efectos del rayo; pero el mejor preservativo son los

Para-rayos. Este aparato, imaginado por Franklin, consiste en una larga barra metálica sin solucion de continuidad y terminada en punta. Se coloca verticalmente sobre el techo del edificio, y se hace comunicar con el suelo por medio de un conductor metálico.

18. **Efectos del para-rayos.** Si una nube tempestuosa pasa sobre un para-rayos, descompone por influencia su flúido neutro, repele al suelo el flúido del mismo nombre, y atrae á la punta el de nombre contrario, que obedeciendo á la atraccion de la nube, sale por la punta y va á neutralizar á cada momento el flúido eléctrico de la nube. La accion preservadora del para-rayos aumenta con la proximidad, y carga de la nube, y si á pesar del torrente de electricidad que sale de la barra fuese insuficiente para neutralizar la accion de las nubes y oponerse á la caida del rayo, preservaria sin embargo los cuerpos próximos, puesto que recibiria él solo la descarga, como siendo el mejor conductor y mas propio para trasmitirle al suelo.

19. **Condiciones para la eficacia de los para-rayos.** 1.ª Desde la cúspide de la barra hasta la estremidad inferior del conductor no debe haber la menor solucion de continuidad.

2.ª La comunicacion del conductor debe ser tan perfecta como sea posible; y si hay un pozo inmediato, debe ir á parar á él, ó de lo contrario á una profundidad de 5 ó 6 metros debajo del suelo.

3.ª El diámetro del conductor debe ser de 17 á 18 milímetros en cuadro. Este conductor es á veces formado por una reunion de barras de hierro cuadradas, ó de cuerdas metálicas, que tienen la ventaja de ser mas flexibles.

4.ª La punta del para-rayos debe ser de forma piramidal ó conoidea: esta punta debe terminar en una aguja de cobre de 55 centímetros de lar-

UNIVERSIDAD DE HUELVA 2010

go, con su estremidad dorada, ó mejor, formada de platino de 5 ó 6 centímetros de largo.

20. **Esfera de actividad del para-rayos.** Un para-rayos protege todos los cuerpos que estan á su alrededor en un espacio circular cuyo radio sea el doble por lo menos de su longitud.

21. **Fuego de San Telmo.** Luz meteórica que se observa á menudo en la punta de los mástiles de los buques. Todos los cuerpos conductores elevados, y especialmente los terminados en punta cuando se hallan bajo la esfera de actividad de una nube tempestuosa, pueden dar orígen á estas llamas eléctricas. Se observan muchas veces al rededor de las puntas de los para-rayos. Sus efectos se esplican por las propiedades de las puntas.

22. **Granizo.** Lluvia de piedras redondas, á veces de un tamaño considerable, que acompaña frecuentemente á los grandes vientos y á las fuertes descargas eléctricas. Parece que este meteoro debe su orígen á la electricidad; pero nada mas que hipótesis existen acerca de su formacion.

§. VI. *Luz meteórica.*

1. Que es el miraje?—2. Cuál es la causa del miraje?—3. Qué es el arco iris y de qué proviene?—4. Qué son halos?—5. Qué son perielios?—6. Qué son coronas?—7. Qué son aereólitos?

1. **Miraje.** Se ha observado á veces en la mar y en los paises llanos que los objetos lejanos presentan, ademas de su imágen que es recta, una segunda imágen inversa, cuyos contornos estan algo alterados y mal definidos. A este fenómeno se llama *miraje*.

2. **Causa del miraje.** Cuando dos capas de aire de temperatura, y por consiguiente de densidad diferente, estan separadas por una superficie perfectamente determinada, lo que solo puede suceder en momentos de calma, los rayos de luz, que viniendo de la capa mas densa caigan formando un ángulo muy pequeño sobre la superficie de separacion, podrán reflejarse totalmente en ella y producir imágenes por reflexion: tal es la causa del *miraje*. Si la capa mas caliente y menos densa toca al suelo, como sucede frecuentemente en las arenosas llanuras del Bajo Egipto, la superficie de la tierra hácia el horizonte parecerá un lago tranquilo, y reflejará las imágenes inversas de los oasis que bordan estas llanuras. Si la capa mas caliente es superior á la mas densa, como acontece á menudo en alta mar, se verán las imágenes inversas de los buques que vogan hácia el horizonte colocadas sobre ellas y marchando á la par. Finalmente, si las masas de aire diferentemente calientes estan en un mismo nivel y separadas por planos verticales, los objetos parecerán dobles y sus imágenes serán rectas. Este último caso se presenta algunas veces en las costas marítimas.

UNIVERSIDAD DE HUELVA 2010

3. **Arco iris.** Arco que presenta los colores del espectro solar. Es uno de los mas hermosos fenómenos naturales dependientes de la descomposicion de la luz: tiene por condiciones esenciales: 1.ª la presencia del sol sobre el horizonte; 2.ª la resolucion de una nube en lluvia; y 3.ª que el espectador esté colocado entre la nube y el sol con la espalda vuelta á este astro. Es producido por los rayos luminosos que llegan al ojo del observador despues de haber sufrido una descomposicion por efecto de dos refracciones (la una á la entrada y la otra á la salida), y de haber esperimentado ademas en lo interior de las gotitas líquidas una, dos ó varias reflexiones, lo que produce uno, dos ó varios arco-iris concéntricos, pero de un colorido muy diferente. El arco interior es el que tiene los colores mas vivos, y aunque cada uno de los arcos presenta los colores del espectro es en un órden inverso. En el arco interior el color mas elevado es el rojo, en el esterior el violado. Cuando el tercer arco es visible, el órden de los colores es el mismo que en el primero, y asi de los demas. Se han observado á veces arco-iris *lunares;* pero estos arcos son poco brillantes.

4. **Halos.** Llámanse asi unos círculos coloreados en cuya parte céntrica domina el rojo, y que aparecen al rededor del sol en ciertas épocas del año. Mariotte esplica este fenómeno por la presencia en la atmósfera de unas agujitas de hielo que refractan la luz del sol.

5. **Perielios.** Llámanse asi á otros círculos blancos que pasan por el sol y forman una faja muy viva é iluminada, cuya altura es igual al diámetro del astro. M. Babinet mira este meteoro como formado por la reflexion que la luz solar esperimenta sobre las caras verticales de las agujitas de hielo.

6. **Coronas.** Este meteoro solo se diferencia del halo en que la parte rojiza es esterior y la interior violada.

7. **Aereólitos.** Globos de fuego mas ó menos voluminosos que caen de la atmósfera con gran velocidad, dejando un camino á veces sinuoso, señalado por una cadena de luz que persiste durante algunos segundos. Este globo estalla ya en la atmósfera, ya en el momento de contacto con la tierra, y sus fragmentos se dispersan en varias direcciones. Todos los fragmentos se hallaron cubiertos en todo ó parte de una capa *vidriosa*, y el análisis químico ha comprobado que su composicion difiere de la de todos los minerales conocidos, que el hierro constituye esencialmente parte, y muy á menudo el nikel.

UNIVERSIDAD DE HUELVA 2010

CAPITULO V.

QUIMICA.

PRIMERA PARTE.

QUÍMICA INORGÁNICA.

§. I. *Nociones generales.*

1. Qué es química? Cómo se divide?—2. Cuántos órdenes de cuerpos presenta la naturaleza? Qué son cuerpos simples y compuestos?—3. De qué estan formados los cuerpos y qué nombres reciben las partes que les constituyen?—4. Qué se entiende por combinacion?—5. Cómo se esplica la tendencia de los cuerpos á combinarse? Cómo se llama esta tendencia?—6. La atraccion molecular cuándo recibe el nombre de cohesion y el de afinidad?—7. Qué es análisis químico y síntesis?—En qué consiste toda la ciencia química?—8. De qué medios se vale la química para analizar los cuerpos? Qué se entiende por agente y reactivo?—9. Qué es cristalizacion? Y cristal? Y precipitado? De qué medios nos valdremos para conseguir la cristalizacion?—10. Que cuerpos tenian los antiguos por simples? Eran tales?—11. Cuántos cuerpos simples conocemos hoy y cómo se llaman?—12. Cómo se dividen los cuerpos simples?—13. A quién se debe la primera idea de la momenclatura química, y quiénes fueron los autores de la metódica que vió la luz pública en 1787?—14. Cuál es la ley general de los principios antagonistas?—15. Cómo se forma, pues, la nomenclatura del compuesto?—16. Cuál es el cuerpo simple que hace el principal papel en la nomenclatura? Distincion del *ácido*, del *óxido* y del álcali.—17. Cómo se forma la nomenclatura de las combinaciones binarias del oxígeno?—18. Cómo se forma la nomenclatura de los compuestos binarios no oxigenados?—19. Cómo se forma la nomenclatura de las sales?—20. Qué son propiedades físico químicas y organolécticas?—21. Qué se entiende por equivalentes y números proporcionales?—22. Esplicacion de la teoría atómica.—23. Signos ó fórmulas químicas.—24. Qué es aire atmosférico?—25. El aire es un elemento?—26. Que esperiencias hizo Lavoissier para descomponer el aire?—27. Qué es oxígeno?—28. Caracteres del oxígeno.—29. Usos del oxígeno.—30. Preparacion.—31. Combustion y llama.—32. Teoría de la combustion.—33. Respiracion.

1. Definicion de la química. La *química* es una ciencia que nos da á conocer la naturaleza íntima de los cuerpos y la accion recíproca que tienen entre sí (1). La química se divide en *orgánica* é *inorgánica*, segun que tiene por objeto el estudio de los cuerpos brutos é inorgánicos, ó el de los cuerpos organizados, vegetales ó animales (2).

(1) Por esta razon se divide tambien la química en *mineral*, *vegetal* y *animal*.

(2) El químico penetra en lo interior de los cuerpos para aislar sus diversos principios, consiguiendo ademas por una serie no interrumpida de trasformaciones repro-

UNIVERSIDAD DE HUELVA 2010

2. **Cuerpos simples y compuestos.** La naturaleza presenta dos órdenes de cuerpos: los unos *simples*, que son en muy corto número, y los otros *compuestos*, que constituyen casi ellos solos todos los cuerpos de la naturaleza.

Los *cuerpos simples* son aquellos de quienes no se ha logrado aun estraer mas que una sola y única sustancia.

Los *cuerpos compuestos* son los formados por mas de una sustancia simple ó elemental.

3. Todos los cuerpos, asi simples como compuestos, estan formados por una multitud de partecillas, llamadas *moléculas*, *átomos* ó *particulas* (1).

Las moléculas de los cuerpos simples se denominan *átomos integrantes;* las de los compuestos *átomos constituyentes.*

4. **Combinacion.-Atraccion molecular.-Cohesion.-Afinidad.** Si ponemos en contacto dos cuerpos simples en determinadas circunstancias se unen, y de esta union resulta un tercer cuerpo, que no se semeja á ninguno de los dos cuerpos que hemos empleado. A este fenómeno es al que se ha llamado *combinacion.*

5. Se esplica esta tendencia de los cuerpos á combinarse admitiendo una fuerza inherente á las moléculas ó átomos de la materia, á que se ha dado el nombre de *atraccion molecular* ó *atómica.*

6. La *atraccion molecular* se llama *cohesion* cuando se verifica entre átomos similares, esto es, cuando esplica la fuerza que une los átomos integrantes.

La *atraccion molecular* se llama *afinidad* cuando se verifica entre cuerpos de naturaleza distinta, esto es, cuando esplica la fuerza que une los átomos constituyentes.

7. **Del análisis y de la síntesis.** El *análisis químico* es el arte de descomponer los cuerpos y reconocer sus principios constitutivos.

La *síntesis química* es el arte de recomponer los cuerpos, esto es, de reunir varios cuerpos simples para formar un compuesto.

Toda la ciencia química consiste en estas dos operaciones fundamentales: *analizar* y *componer.*

---

ducir los compuestos que ha destruido. La química es una de las ciencias de que mas interés reporta la humanidad é higiene pública; la medicina y un gran número de industrias reclaman sus socorros, y reciben de ella todo su incremento y esplendor. A pesar de los estrechos límites á que debemos ceñirnos en esta parte, quedarán en ella demostradas todas las ventajas que hemos espuesto.

(1) Esta última denominacion se aplica mas especialmente á las moléculas de los cuerpos simples.

UNIVERSIDAD DE HUELVA 2010

8. Dos son los medios que usa la química para analizar los cuerpos: los *agentes* y los *reactivos*.

Se llama *agente* cualquier cuerpo por medio del cual conseguimos separar las partes constituyentes de un compuesto, y *reactivo* á cualquier cuerpo que por medio de su reaccion sobre los principios constituyentes de un compuesto deja percibir una de sus propiedades distintivas, permitiendo de este modo distinguir su diversa naturaleza.

9. **Cristalizacion.** Cuando un cuerpo pasa lentamente del estado gaseoso ó líquido al estado sólido, se nota que sus átomos se reunen por las caras que mas se convienen, dando lugar á un sólido regular, que ofrece igual forma para cada cuerpo á que se ha llamado *cristal*, y al fenómeno que le produce *cristalizacion*.

Hay dos medios de conseguir la cristalizacion: el fuego y los líquidos. Por este último medio los cristales contienen frecuentemente una corta cantidad de agua llamada *agua de cristalizacion*.

Precipitado. Llámanse asi los cuerpos insolubles en los líquidos en que han sido formados.

10. **Enumeracion y clasificacion de los cuerpos simples.** Los antiguos solo conocian cuatro cuerpos simples ó cuatro sustancias elementales: la *tierra*, el *fuego*, el *aire* y el *agua;* pero estos pretendidos elementos son, esceptuando el fuego, cuerpos que la química logró descomponer.

11. Nosotros conocemos hoy *cincuenta y cuatro* cuerpos simples, á saber (1):

Oxígeno	Carbono	Mercurio	Manganeso (2)
Fluor	Boro	Plata	Zirconio
Cloro	Silicio	Cobre	Thorinio
Bromo	Colombio	Uranio	Aluminio
Yodo	Titano	Bismuto	Itrio
Azoe ó nitrógeno	Antimonio	Estaño	Glucinio
Azufre	Teluro	Plomo	Magnesio
Selenio	Oro	Cerio	Calcio
Fósforo	Hidrógeno	Cobalto	Stroncio
Arsénico	Osmio	Nickel ó niquel	Bario
Molibdeno	Iridio	Hierro	Lithio
Vanadio	Rhodio	Cadmio	Sodio
Cromo	Platino	Zinc	Potasio.
Tungsteno	Paladio		

12. Los *cuerpos simples* se dividen en dos grandes series: la primera comprende los cuerpos malos conductores del calor y la electricidad, llamados *metaloideos*, que son el *oxígeno*, el *hidrógeno*, el *car-*

(1) Esta lista está formada de manera que cada cuerpo es *electro-negativo* con relacion al siguiente y *electro-positivo* con referencia al precedente.

(2) Recientemente se han descubierto el *lántano* y el *niobium*, cuyas propiedades no estan aun bastante estudiadas: hay pues en el dia 56 cuerpos ó sustancias simples.

UNIVERSIDAD DE HUELVA 2010

bono, el *boro*, el *silicio*, el *fósforo*, el *azufre*, el *selenio*, el *cloro*, el *bromo*, el *yodo*, el *fluor* y el *azoe* ó *nitrógeno:* la segunda serie comprende los cuerpos buenos conductores del calor y la electricidad, llamados *metales*, y son todos los demas cuerpos simples que dejamos enumerados.

13. **Nomenclatura química.** La primera idea de la *nomenclatura química*, que tantos adelantos proporcionó á la ciencia, se debe á *Guyton de Morveau;* y á este ilustre químico y á sus colaboradores no menos ilustres *Lavoisier*, *Bertollet* y *Fourcroy* el presentar *la nomenclatura metódica* que vió la luz pública en 1787.

14. Es una ley general no desmentida hasta ahora por la esperiencia que, sea cual fuere el número de los elementos que constituyan un cuerpo compuesto, se hallan siempre unidos por dos fuerzas antagonistas que se neutralizan. En efecto, si un compuesto *binario* (1) se somete á la accion de la esfera de actividad de una pila, uno de los dos elementos del compuesto se coloca en un polo y el otro en el opuesto. Si el compuesto es ternario, pasa á cada polo una combinacion binaria con propiedades antagonistas. Lo mismo sucede con un compuesto cuaternario, y asi de los demas (2).

15. Se forma pues la *nomenclatura* del compuesto formando el nombre del *género* con el nombre del elemento *electro-negativo*, que es el que pasa al polo positivo de la pila, y el nombre específico con el elemento *electro-positivo*, que es el que pasa al polo-negativo.

16. El oxígeno es el cuerpo que hace el principal papel en la nomenclatura por ser el elemento mas electro-negativo conocido.

Todos los cuerpos simples pueden combinarse con el oxígeno, por lo cual se denominan *oxigenables ó combustibles;* llamándose el oxígeno por oposicion *comburente*.

17. Las sustancias que mas abundan en la naturaleza consisten en cuerpos *oxigenados* ó en combinaciones de estos cuerpos.

Los *cuerpos oxigenados* que enrojecen la tintura de tornasol (3) se llaman *oxácidos* ó simplemente *ácidos* (4).

Los *compuestos oxigenados* que no enrojecen la tintura de tornasol, y que por el contrario le devuelven su primitivo color azul cuando ha sido enrojecida por un ácido, se llaman *óxidos*.

Los óxidos de *calcio*, *estroncio*, *litio*, *bario*, y especialmente los de

---

(1) Si los cuerpos estan compuestos por dos elementos se llaman *binarios*, si de tres *ternarios*, si de cuatro *cuaternarios* etc.

(2) Rara vez los compuestos esceden de mas de cuatro elementos.

(3) Esta tintura es naturalmente verde azulada.

(4) Porque tienen un sabor ácido mas ó menos pronunciado.

UNIVERSIDAD DE HUELVA 2010

sodio y *potasio*, se llaman *álcalis*, y son los que tienen mayor afinidad con los ácidos.

18. **Combinaciones binarias del oxígeno.** Para formar la nomenclatura de estas combinaciones se atiende á las condiciones siguientes: 1.ª á la acidificacion ó no acidificacion del compuesto; 2.ª á la naturaleza del cuerpo que se une al oxígeno; 3.ª á las diferentes proporciones en que se une.

Ácidos. Por consiguiente, para nombrar una combinacion binaria del oxígeno que sea ácida, se emplea primero el nombre genérico *oxácido* ó simplemente *ácido*; y el nombre específico, ó sea el del otro cuerpo simple, con la terminacion *ico* ú *oso*, segun que la cantidad de oxígeno sea mas ó menos. Haciendo preceder el nombre específico de la palabra *hipo*, rebajamos su grado de acidificacion.

Ejemplo. El oxígeno forma con el azufre cuatro ácidos en cuatro diferentes grados con cuatro distintas proporciones, que espresaremos así:

Acido sulfúr*ico*—indica el ácido que contiene mayor cantidad de oxígeno.

Acido *hipo*sulfúr*ico*—el que contiene algo menos que el anterior.

Acido sulfur*oso*—el que contiene aun menos.

Acido *hipo* sulfur*oso*—el que contiene la menor cantidad posible de oxígeno.

Óxidos. Cuando la combinacion forma un *óxido*, se nombra primero el nombre genérico *óxido*, y luego el específico: v. g. *óxido* de *aluminio*.

Pero estos óxidos pueden tener distintos grados de oxidacion, en cuyo caso se emplean las palabras *proto*, *deuto*, *trito*, que indican el *primero*, *segundo* y *tercer* grado de oxidacion.—La palabra *per* indica el mayor grado posible de oxidacion. Ejemplos:

Protóxido de hierro. . . . . 1.er grado.
Deutóxido de hierro. . . . . 2.º grado.
Tritóxido ó *per* óxido de hierro. . 3.er grado.

Nota. Algunos químicos sustituyen á las voces *deuto*, *trito*, *etc.* *sesqui*, *bi* y *tri* para denotar que el compuesto binario contiene 1½, 2, 3 partes de oxígeno iguales á la cantidad del protóxido. Así, por ejemplo, los óxidos de manganeso contendrán:

El óxido de manganeso. . . = 1 de oxígeno.
El *sesqui* óxido de magneso = 1½ oxígeno.
El *bióxido* de manganeso. . = 2 de oxígeno.

M. Berzelius simplificó esta nomenclatura de los óxidos haciéndola análoga á la de los ácidos, uniendo al nombre genérico, que llama *sustantivo*, el específico ó *adjetivo* terminado en *ico* ó en *oso*, como en los

UNIVERSIDAD DE HUELVA 2010

ácidos.—Para indicar los diferentes grados de oxidacion emplea antes del nombre *óxido* las preposiciones latinas *super* ó *sub* (1). Ejemplos:

Oxido plóm*bico*.
Oxido plom*boso*.
Super óxido plom*boso*.
Sub óxidovanád*ico*.

19. **Nomenclatura de los compuestos binarios no oxigenados.—Acidos.** Se empleará esta voz, luego el nombre del elemento *electro-negativo*, y finalmente, el *electro-positivo* terminado en *ico* ó en *oso* como en los demas ácidos. Asi para indicar la combinacion del cloro con el fósforo diremos:

Acido cloro fosfórico.

Berzelius en las combinaciones análogas termina el cuerpo electro-negativo en *ido*. Asi diria:

Acido clor*ido* fosfórico.

No ácidos. Los compuestos binarios no oxigenados no ácidos se forman terminando en *uro* el nombre del cuerpo elemental *electro-negativo*, precedido de las voces *proto*, *deuto*, *trito*, cuando se combina en distintas proporciones. Asi, para indicar la union del cloro con el hierro, diríamos:

Proto clor*uro* de hierro.
Deuto clor*uro* de hierro.

Y segun Berzelius:

Clor*uro* ferr*oso*.
Clor*uro* férr*ico*.

20. **Nomenclatura de las sales.** Cuando dos principios antagonistas, el uno ácido y el otro óxido, se combinan entre sí, el compuesto que resulta se llama *sal*. Si ninguno de los dos principios domina en el compuesto, la sal se dice *neutra*, si predomina el principio ácido *ácida*, y si el principio alcalino *básica*.

Se cuentan tantos géneros de sales como ácidos. Para nombrar una sal se atiende á tres cosas: 1.ª á la naturaleza del ácido; 2.ª á la base salificable; 3.ª á las proporciones en que el ácido y la base se combinan.

Para formar, pues, el nombre de una sal se enuncia primero el ge-

(1) Equivalen á *sobre*, *debajo*.

UNIVERSIDAD DE HUELVA 2010

nérico y luego el específico, esto es, primero el ácido y luego la base, con las alteraciones siguientes:

1.ª Cuando el nombre del ácido termina en *ico* varía esta terminacion en *ato*.

2.ª Cuando el ácido termina en *oso* la cambia en *ito*.

Asi, para indicar las combinaciones del *ácido sulfúrico* con el *óxido de plomo*, y del ácido *sulfuroso* con el *óxido de potasio*, diríamos:

Sulf*ato* de protóxido de plomo.
Sulf*ito* de potasio.

Y segun Berzelius:

Sulf*ato* plomboso.
Sulf*ito* potásico.

Para distinguir las sales neutras de las en que domina esceso de ácido ó base se establece:

1.° Las sales neutras, ó que se apróximan á tales, se denominan únicamente con el nombre genérico y el específico, con las alteraciones arriba espresadas: v. g.:

Sulfato de protóxido de hierro, ó ferroso.

2.° En las sales en que domina el ácido se hace preceder el nombre genérico de la voz *sobre*: v. gr.

Sobre sulfato de potasa.

3.° En las sales en que hay esceso de base se hace preceder el nombre genérico de la voz *sub:* v. g.:

Sub acetato de plomo.

Sin embargo, habiendo acreditado la esperiencia que las diversas proporciones de ácido que se unen á una base, ó recíprocamente de una base con un ácido, son entre sí como los números 1, 1½, 2, 3, 4, etc. Para fijar estas relaciones con exactitud se ha establecido:

1.° Reemplazar en las *sobre sales* la voz *sobre* por *sesqui*, *bi*, *tri*, *cuadri*, etc., segun que las proporciones correspondan á 1½, 2, 3, 4, etc., cuyas voces precederán al nombre genérico: v. g.

Bi sulfato de potasa.

2.° Reemplazar en las *sub* sales la voz *sub* por las mismas voces *sesqui*, *bi*, etc., pero precediendo el nombre específico ó base: v. g.:

Acetato *tri* plómbico.

21. **Propiedades de los cuerpos.** Los químicos dividen las propiedades en tres grupos: 1.° de las propiedades físicas; 2.° de las químicas; 3.° de las organolécticas.

UNIVERSIDAD DE HUELVA 2010

Propiedades físicas. Se consideran como tales: 1.° el estado de agregacion de las partículas de los cuerpos, es decir, si son *sólidos*, *líquidos* ó *gaseosos;* 2.° su peso específico; 3.° su relacion con el calórico, el lumínico y la electricidad.

Propiedades químicas. Las constituyen las diferentes relaciones que existen entre los cuerpos que se examinan y los demas de la naturaleza.

Propiedades organolépticas. Las constituyen cuantas percibimos al poner los cuerpos en inmediato contacto con nuestros órganos.

Equivalentes químicos.—Teoría atómica. MM. Gay-Lussac y Humboldt probaron que un volúmen de gas oxígeno combinado con dos volúmenes de gas hidrógeno producen agua. Este hecho y las investigaciones sucesivas dieron por resultado que todos los gases se combinan de manera que un volúmen dado de gas absorve 1, 1½, 2, 3 volúmenes iguales de otro gas, ó lo que es lo mismo, *que los gases se combinan ó en volúmenes iguales, ó que el volúmen del uno es múltiplo del del otro.* Igual ley observan las demas combinaciones, y de todo se deduce la conclusion siguiente: *Que al hacer el análisis de un compuesto binario, puede afirmarse que si los elementos que encierra son susceptibles de combinarse en otras proporciones, será siempre en cantidad múltiple ó sub-múltiple de la hallada en el primer caso.* Esta ley es conocida con el nombre de *ley de las proporciones múltiples.* Las cinco combinaciones del *azoe* con el oxígeno nos las harán comprender mejor.

	Azoe.		*Oxígeno.*
1.ª —	100	+	50.
2.ª —	100	+	100.
3.ª —	100	+	150.
4.ª —	100	+	200.
5.ª —	100	+	250.

Citaremos aun en apoyo de la ley los resultados siguientes:

El protoxido de estaño está formado de	100 de radical	+13,6 de oxígeno
bióxido.	100	+27,2
protóxido de cobre de.	100	+12,63
bióxido.	100	+25,27
quatrióxido.	100	+50,55 etc.

Esta ley es tambien comun á la combinacion de los átomos compuestos. Ejemplo:

	Base.		*Ácido.*
Sulfato de protóxido de potasio =	117,98	+	100
Bi-sulfato de protóxido de potasio =	117,98	+	200

UNIVERSIDAD DE HUELVA 2010

22. **Equivalentes.-Números proporcionales.** Comparando varias series de combinaciones de un mismo radical resulta: *Que para la misma cantidad en peso de radical, las cantidades ponderables de los demas cuerpos son estraordinariamente variables.* Estas cantidades, comparadas todas á un número conocido, el del oxígeno, reciben el nombre de *equivalentes* ó proporciones químicas. Por ejemplo:

1204,50 de plomo se combinan con 100 de oxígeno para formar el protóxido de plomo.

1294,50 de plomo se combinan con 423,65 de cloro para formar cloruro de plomo, combinacion correspondiente al protóxido de plomo.

Luego si se consideran 100 de oxígeno en peso como un equivalente, es indudable que 442,65 de cloro en peso serán tambien un equivalente, puesto que esta cantidad equivale á 100 de oxígeno.

Todas las ideas relativas á las proporciones de los compuestos químicos estan contenidas en la ley siguiente:

Las cantidades ponderables de dos sustancias conservan en todas las combinaciones que puedan formar con una misma masa de cualquier otro cuerpo una relacion constante, ó cuyas variaciones, si las tiene, son múltiplos ó submúltiplos de uno de sus valores.

23. **Teoría atómica.** Esta parte de la ciencia química no está todavía ilustrada cual corresponde, y tiene su parte hipotética. Toda la cuestion se reduce á *hallar el número de los átomos componentes de una combinacion dada.*—Un volúmen de oxígeno y dos de hidrógeno forman agua; pero ignoramos: 1.° si en esta combinacion hay un átomo de oxígeno y otro de hidrógeno; 2.° ó dos de oxígeno y dos de hidrógeno. Para decidir entre estas dos opiniones, y averiguar aproximadamente este hecho, la ciencia posee solo algunos datos; pero antes de esponerlos manifestaremos qué se entiende por *átomo químico.*

El átomo químico es la particula pequeñísima de un cuerpo que da origen á una combinacion por la simple juxta-posicion con las particulas de otro cuerpo.

24. Veamos ahora los datos que poseemos para averiguar el peso atómico de los cuerpos:

1.° Que en los gases los átomos estan colocados á una distancia igual, y que un mismo volúmen contiene un número de átomos igual. De que se deduce: *Que el peso de los átomos de los cuerpos gaseosos es proporcional á su densidad.*

2.° Que los átomos de todos los cuerpos simples tienen la misma capacidad para el calórico (1).

(1) La relacion que existe entre el calor específico de los cuerpos simples y las proporciones en que se combinan, ofrecen uno de los mejores medios de determinar el peso relativo de los átomos.

UNIVERSIDAD DE HUELVA 2010

3. Que un mismo número de átomos reunidos de un mismo modo produce la misma forma cristalina, sea cual fuere la diferencia de sus elementos (1).

Siendo la *isomorfia* una consecuencia mecánica de la igualdad en la construccion atómica, conocido el número de átomos de un cuerpo isomorfo, está conocido el de los que lo sean con él.

Sin embargo de esto, pone un obstáculo la

Isomería, segun la cual, cuerpos de una misma composicion, y de igual capacidad de saturacion, pueden poseer propiedades y formas cristalinas diferentes.

24. **Signos ó fórmulas químicas.** M. Berzelius introdujo en la química el uso de las fórmulas (2) que vamos á dar á conocer:

1.° Los *cuerpos* simples se designan por la inicial de su nombre latino, seguida de la segunda ó tercera letra, segun que la primera y segunda sean comunes á varios cuerpos.

2.° El número de átomos contenidos en cada combinacion se espresa por medio de cifras. Una cifra á la izquierda multiplica todos los átomos colocados á la derecha hasta la separacion de la fórmula por el signo +. Una cifra colocada á la derecha de la letra á manera de esponente algebraico multiplica solamente los pesos atómicos colocados inmediatamente á la izquierda. Asi:

$$S\ O^3 = 1 \text{ azufre} + 3 \text{ oxígeno} = 1 \text{ de ácido sulfúrico.}$$
$$2\ S\ O^3 = 2 \text{ azufre} + 6 \text{ oxígeno} = 2 \text{ de ácido sulfúrico.}$$

3.° Cuando el principio electro-positivo representa dos átomos, se raya la letra por medio: v. g.:

$$\overline{N}\ O^5 = 2 \text{ nitrógeno} + 5 \text{ oxígeno} = 1 \text{ ácido nítrico.}$$

4.° Para simplificar la fórmula M. Berzelius ha sustituido á la letra O puntos colocados sobre la letra del elemento electro-positivo, que indican los átomos del electro negativo: v. g. :

$$\dot{\dot{\dot{F}}}e = 3 \text{ oxígeno} + 2 \text{ hierro} = \text{óxido ferrico.}$$

---

(1) Las combinaciones obtenidas de este modo se llaman *isomorfas*, y la ley enunciada *isomorfia* ó *isomorfismo*.

(2) Estas fórmulas determinan de una manera clara la composicion de los cuerpos tanto respecto al número de sus elementos como al de sus átomos

UNIVERSIDAD DE HUELVA 2010

Cuadro de los cuerpos simples, signo químico y peso atómico.

		Peso atómico.			Peso atómico.
Oxígeno.	O	100	Rhodio.	R	651,387
Hidrógeno	H	6,2398	Plata.	Ag	675,80
Azoe ó nitrógeno.	N	88,518	Mercurio.	Hg	1265,825
Azufre.	S	201,165	Cobre.	Cu	395,695
Fósforo.	Ph	196,143	Uranio.	U	750,000
Cloro	Cl	221,326	Bismuto.	Bi	1330,337
Yodo.	Y	789,750	Estaño.	Sn	735,294
Bromo.	Br	489,153	Plomo.	Pb	1294,498
Fluor.	F	116,900	Cadmio.	Cd	696,767
Carbono.	C	75,000	Zinc.	Zn	403,226
Boro.	B	136,204	Nickel.	Ni	369,675
Silicio.	Si	277,312	Cobalto.	Co	368,991
Selenio.	Se	494,583	Hierro.	Fe	339,205
Arsénico.	As	470,042	Manganeso.	Mn	345,887
Cromo.	Cr	351,815	Cerio.	Ce	574,696
Vanadio.	V	855,840	Thorinio.	Th	884,900
Molibdeno.	M	598,520	Zirconio.	Zr	420,201
Tungsteno.	W	118,3	Itrio.	I	402,514
Antimonio.	Sb	806,452	Glucinio.	G	331,261
Teluro.	Te	804,76	Aluminio.	Al	171,166
Tántalo.	Ta	1153,715	Magnesio.	Mg	158,352
Titano.	Ti	0303,662	Calcio.	Ca	256,019
Oro.	Au	1243,013	Estroncio.	Sr	547,284
Osmio.	Os	1244,487	Bario.	Ba	856,880
Iridio.	Ir	1233,499	Litio.	L	80,375
Platino.	Pt	1233,499	Sodio.	Na	290,897
Paladio.	Pd	665,899	Potasio.	K	489,916

26. **Aire atmosférico.—Principios que le constituyen.—Propiedades físicas** (1). El aire es un flúido invisible, trasparente, inodoro, insípido, compresible y muy elástico. Un litro de aire á la temperatura de 0 y á la presion de 0 metros, 76 pesa 1 gramo, 2991. El aire se toma por unidad para determinar el peso de los demas gases. El aire, como todo cuerpo gaseoso, está sometido á la ley de Mariotte, esto es, se comprime en razon de la fuerza ó peso comprimente; ó en otros términos, su volúmen está en razon inversa de la presion que esperimenta. Es mal conductor de la electricidad, á menos que esté saturado de humedad. El peso del aire fué descubierto por *Galileo* en 1640 y puesto en evidencia por *Toriceli* y *Pascal*. Espuesto á un grandísimo calor ó á un escesivo frio, no sufre la mas leve alteracion. Su poder refractario, á que se comparan todos los demas gases, es=1. Sometido á una corriente eléctrica, no se altera á menos que contenga una gran cantidad de agua ó materias alcalinas, en cuyo caso se

(1) No hacemos mas que recordarlas por quedar suficientemente conprobados en las nociones de física.

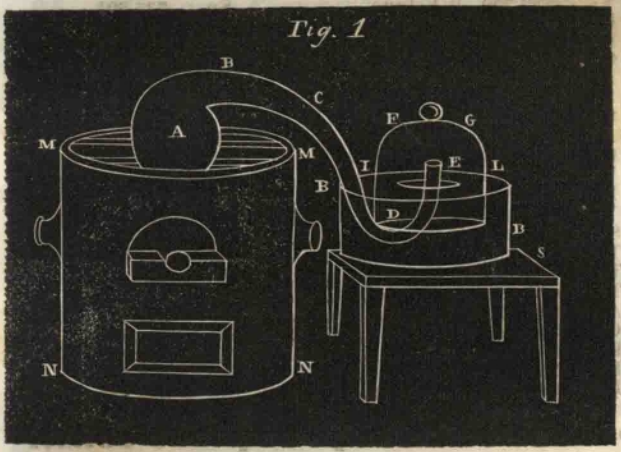
UNIVERSIDAD DE HUELVA 2010

forma *ácido nítrico*, lo que esplica el motivo porque en las tempestades la lluvia contiene frecuentemente este ácido.

27. El aire, cuyas propiedades físicas conocemos, no es un elemento como pensaban los antiguos. «*Juan Rey* en 1630 publicó algunas esperiencias que probaron que el aire contenia un principio susceptible de fijarse en el estaño durante su calcinacion y que aumentaba su peso; pero la composicion del aire no fue conocida hasta 1743, cuyo descubrimiento, fecundo en resultados y por siempre memorable, se debe á *Lavoisier*.

28. **Esperiencias de Lavoisier para descomponer el aire.** Las tomaremos testualmente del mismo Lavoisier.— Tomé, dice, un matrás *A* (fig. 1) de 36 pulgadas cúbicas próximamente de capacidad, cuyo cuello *BCDE* era bastante largo y tenia de 6 á 7 líneas de diámetro interior. Encorvado segun se ve en la figura le coloqué en una hornilla *MMNN*, de manera que el estremo *E* de su cuello fuese á parar debajo de la campana *FG*, colocada en un baño de mercurio *RRSS*. Introduje luego en este matrás cuatro onzas de mercurio muy puro, y chupando por un sifon que introduje debajo de la campana *FG*, elevé el mercurio hasta *LL*, cuya altura marqué cuidadosamente con una tira de papel encolado, observando exactamente el barómetro y termómetro. Asi preparadas las cosas, encendí fuego debajo de la hornilla *MMNN*, que mantuve casi continuamente por espacio de doce dias; por manera que el mercurio llegó casi al punto de ebullicion. Nada notable se observó en el primer dia; y el mercurio, aunque no hervia, se hallaba en un estado de evaporacion continua, entapizando el interior de las vasijas con gotitas, en un principio muy finas, que iban luego en aumento, pero que asi que adquirian cierto volúmen, caian por sí mismas en el fondo de la vasija, y se reunian con el otro mercurio. Al segundo dia comencé á ver sobrenadar en la superficie del mercurio unas particulitas rojas, que durante cuatro ó cinco dias aumentaron en número y volúmen, pasado cuyo tiempo cesaron de crecer y permanecieron absolutamente en el mismo estado. Al cabo de doce dias, viendo que la calcinacion del mercurio no hacia el menor progreso, apagué el fuego y dejé enfriar las vasijas. El volúmen de aire contenido, tanto en el matrás

Fig. 1



UNIVERSIDAD DE HUELVA 2010

como en su cuello y en la parte vacía de la campana, reducido á una presion de 28 pulgadas y á 10.° del termómetro, era antes de la operacion como unas 50 pulgadas cúbicas próximamente. Terminada la operacion, este mismo volúmen á igual presion y temperatura se habia reducido de 40 á 43 pulgadas cúbicas. Por otra parte, habiendo reunido cuidadadosamente las particulitas rojas que se habian formado, despues de separarlas lo mejor posible del mercurio líquido de que estaban bañadas, hallóse ser su peso cuarenta granos. El aire que habia quedado despues de esta operacion, y que habia sido reducido á cinco sestas partes de su volúmen, no era útil ni para la respiracion ni para la combustion, puesto que los animales que se ponian en él perecian á poco rato, y las luces introducidas en su atmósfera se apagaban instantáneamente como si se las metiese en agua.—Tomé en seguida los cuarenta y cinco granos de materia roja formados durante la operacion y los puse en una pequeña retorta de cristal, á que adapté un aparato á propósito para recoger los productos líquidos y aeriformes: encendí luego fuego en la hornilla, y observé que á medida que la materia roja se iba calentando, su color aumentaba de intensidad. Al acercarse la retorta á la incandescencia, la materia roja comenzó á perder poco á poco su volúmen y en algunos minutos desapareció enteramente, condensándose al propio tiempo en el pequeño recipiente cuarenta y un granos y medio de mercurio líquido, y pasando bajo la campana siete ú ocho pulgadas cúbicas de un flúido elástico mucho mas propio que el aire atmosférico para mantener la combustion y la respiracion animal (1). Habiendo trasladado una porcion de este aire á un tubo de cristal de una pulgada de diámetro, y habiendo metido en él una bugía, noté que despedia un vivísimo resplandor: el carbon, en vez de consumirse apaciblemente como en el aire ordinario, ardia con una llama y una especie de decrepitacion como el fósforo, y con una luz tan viva que apenas podia la vista soportarla. Este aire que hemos descubierto casi á un mismo tiempo M. Priestley, M. Scheele y yo, ha sido llamado por el primero *aire desflogisticado*; por el segundo *aire imperial*: yo por mi parte le dí el nombre de *aire eminentemente respirable*, al que se ha sustituido el de *aire vital*, y finalmente el de *oxígeno*.

De estas esperiencias se deduce que el aire atmosférico está por lo menos compuesto de dos flúidos elásticos de naturaleza diferente, y por decirlo asi, opuesta. Una prueba de esta verdad es que si se reunen los dos gases obtenidos se vuelve á formar aire.

29. **Proporcion relativa de ambos gases.** Lavoissier ha determinado tambien esta proporcion introduciendo bajo una campana graduada, colocada sobre un baño de mercurio, 100 partes de aire en volúmen, alguna agua y un cilindrito de fósforo atado á un alambre de hierro delgado. A las

(1) Sin embargo, este gas, respirado sin la mezcla conveniente de ázoe, mata por esceso de vida, como luego veremos.

UNIVERSIDAD DE HUELVA 2010

pocas horas el fósforo deja de brillar en la oscuridad, lo que prueba haber absorvido todo el oxígeno; y retirando entonces el cilindro, se comprueba que las 100 partes de aire se han reducido á 79 próximamente, cuyo residuo no es ya aire, sino ázoe; lo que deja conocer la circunstancia de que las bugías que se introducen en él se apagan instantáneamente, y que las otras 21 partes absorvidas por el fósforo son de oxígeno, componiéndose por consiguiente el aire de 21 volúmenes de este gas y 79 de ázoe.

Segun las esperiencias de MM. Dumas y *Boussingault*, resulta que el aire está formado por 23 de *oxígeno* y 77 de *ázoe en peso*, y por 20,8 *oxígeno* y 79,2 de *ázoe* en *volúmen*. El aire contiene ademas de 0,004 á 0,006 de *ácido carbónico* en volúmen, igual cantidad próximamente de *hidrógeno carbonado*, cantidades variables de *vapor acuoso* y de *carbonato* y *nitrato* de amoniaco, cuya existencia es casi momentánea en la atmósfera á causa de su solubilidad en el agua. Tambien se puede hacer el análisis del aire por medio de la combustion del hidrógeno en el *eudiómetro de Volta*.

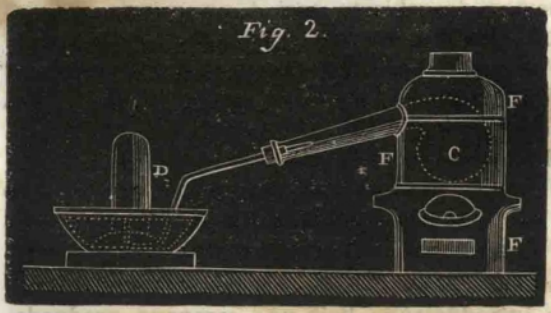
30. **Oxígeno.—Aire desflogisticado.—Aire vital.—Aire eminentemente respirable.** Fue descubierto por Priestley: es un gas incoloro, insípido, inodoro y permanente. Su peso específico es de 1,1057: su peso atómico es 100. Sometido á una fuerte presion, desprende calórico y luz.

31. **Caractéres.** El oxígeno se combina en diferentes proporciones con todos los cuerpos simples, ya con desprendimiento de calórico, ya de calórico y luz.

32. **Usos.** Forma parte del aire atmosférico y de casi todos los óxidos y ácidos, y es el único gas que puede mantener la vida y la combustion.

33. **Preparacion.** La mas económica consiste en calentar hasta el rojo el *bióxido de manganeso* en una retorta de barro C (fig. 2), colocada en un horno de reverbero FF, con lo cual el *oxígeno* se desprende y es conducido por un tubo encorvado á la campana llena de agua D. En la retorta queda solamente *protóxido* y algun *bióxido* de manganeso. Valiéndose del *clorato de potasa* se obtiene el oxígeno mas puro.

Fig. 2.



34. **Combustion y llama.** La *combustion* se define hoy: *un fenómeno general que tiene lugar cuando los cuerpos se combinan con desprendimiento de calórico y de luz*. Se habia creido que no podia presentarse este fenómeno sino cuando habia fijacion de óxigeno; pero el desprendimiento

UNIVERSIDAD DE HUELVA 2010

de calórico y luz que se observa cuando se arroja *arsénico* y *antimonio* en polvo en una atmósfera de *cloro*, ha hecho variar la opinion en esta parte.

Cuando el desprendimiento de calórico y luz se desarrolla en una sustancia gaseosa, se produce lo que llamamos *llama*. Por consiguiente, la *llama* no es otra cosa que una materia gaseosa calentada hasta el punto de aparecer luminosa. Para obtener una luz comparable á la del sol, basta recibir sobre *cal* la llama que resulta de la combinacion del *hidrógeno* con el *oxígeno* puro.

Para aumentar considerablemente el calor de la llama, se dirige á ella una corriente de aire, que activa vivamente con su oxígeno la combustion de los gases que la producen.

El instrumento empleado con este objeto se llama *soplete* (1).

35. **Teoría de la combustion.** Esta teoría ha sido siempre la base de las doctrinas químicas: vamos, pues, á esponer muy brevemente las diferentes hipótesis:

36. **Teoría del flogístico.** Consiste en suponer que todos los cuerpos combustibles contenian una sustancia particular llamada *flogisto*, la cual desprendiéndose producia la combustion. *Staalh* fue el inventor de esta teoría, que destruyó Lavoissier probando que los cuerpos ganaban en vez de perder sustancia alguna con la combustion, y formó la

Teoría antiflogística. Consiste en suponer que el gas oxígeno al entrar en combinacion perdia su calórico latente, y que de aqui resultaba el desprendimiento de calor. Sin embargo, esta opinion de Lavoissier no es sostenible examinando la combustion del gas hidrógeno y la formacion del agua, puesto que la suma del calórico específico de los dos gases, oxígeno é hidrógeno, que entran en la formacion del agua es menor que el calórico específico de esta: debia, pues, resultar enfriamiento, y no desprendimiento de calor, cuyo orígen fue preciso buscar en otra parte, creándose asi la

Teoría electro-química. Consiste esta en suponer: *Que en toda binacion química hay neutralizacion de electricidades opuestas, cuya neutralizacion produce el fuego del mismo modo que la descarga de la botella de Leyde, de la pila y del rayo.* Esta opinion es la mas probable, puesto que en efecto, asi en la combinacion de dos cuerpos como en la de dos electricidades opuestas, hay casi siempre desprendimiento de luz y de calor; no siendo menos notable la influencia de dos corrientes de electricidades contrarias para descomponer todos los cuerpos y separar sus elementos.

37. **Respiracion.** Este fenómeno de la fisiologia animal se efectúa en los pulmones del hombre y de casi todos los animales. Esta funcion no puede ejercerse en un medio privado de aire; se detiene si la cantidad de aire es demasiado pequeña ó si está muy rarificado. Para probar este hecho se coloca un pájaro vivo debajo del recipiente de una máquina neumática cu-

(1) Este instrumento es de mucho uso tanto en química como en mineralogia.

UNIVERSIDAD DE HUELVA 2010

bierta con una campana herméticamente cerrada. Luego que se ha estraido una parte del aire encerrado bajo el recipiente, el pájaro se debilita instantáneamente, bate las alas, cae abatido, hace inspiraciones frecuentes, y no tarda en sucumbir si no se le suministra inmediatamente aire. Ningun otro gas sirve para la respiracion: el oxígeno puro es demasiado activo: los demas flúidos obran ó como venenos, ó como materia inerte: el ácido carbónico se encuentra en el primer caso; el ázoe en el segundo. Sin embargo, el oxígeno hace un papel muy importante en la respiracion. *Priestley* y Lavoisier han probado que el aire espirado contiene algo mas de *vapor de agua*, un poco menos de *oxígeno* y algo mas de *ácido carbónico* que el aire inspirado; que el ázoe apenas varía en sus proporciones, y finalmente, que el volúmen de aire espirado es casi igual al del aire inspirado. De estos hechos Lavoissier y Laplace dedujeron que la sangre venosa, al ponerse en contacto con el aire de los vasos capilares de los pulmones, perdia una parte del *carbono* que se unia al *oxígeno* formando *ácido carbónico*, y de su hidrógeno que unido al mismo principio se convertia en agua. Esta teoría de la respiracion es muy sencilla, y el fenómeno principal consiste en una verdadera combustion. M. Edwards ha probado que este fenómeno no se efectuaba únicamente en los pulmones, sino en todo el aparato respiratorio (1). Esta teoría esplica tambien satisfactoriamente la causa del *calor animal*.

§. II. *De los metaloideos.*

1. Cuáles son los caractéres distintivos de los metaloideos? Qué es oxígeno?—2. Cuáles son las principales propiedades del hidrógeno?—3. Cuál es la causa de la detonacion en la combinacion del hidrógeno con el oxígeno?—4. Qué color comunican las diferentes sales á la llama del hidrógeno, segun las esperiencias de M. Bibra?—5. Cuáles son los caractéres esenciales para reconocer el hidrógeno?—6. A qué usos está destinado el hidrógeno?—7. Cuál es la preparacion del hidrógeno?—8. Cuáles son las combinaciones del hidrógeno?—9. Que caractéres presenta el boro?—10. Qué caractéres presenta el silicio?—11. Cuáles son los caractéres del carbono?—12. Qué es el diamante?—13. Qué es la plombagina?—14. Qué es la antracita?—15. Qué es la hulla?—16. Qué son los carbones?—17. Cómo se distingue el carbon vegetal y animal?—18. Cuáles son los caractéres esenciales para reconocer el carbono?—19. Cómo se prepara el carbono?—20. Cuáles son los usos del carbono?—21. Cuáles son las combinaciones del carbono?—22. Cuáles son las combinaciones del carbono con el hidrógeno?—23. Del proto-carburo de hidrógeno.—24. Del bi-carburo de hidrógeno.—25. Cómo se prepara el bi-carburo ó gas del alumbrado?—26. Usos del bi-carburo.—27. Historia del fósforo. Propiedades del fósforo. Dónde se encuentra el fósforo?—28. Preparacion del fósforo.—29. Cuáles son los usos del fósforo?—30. Combinaciones del fósforo.—31. Cuáles son las combinaciones del fósforo con el hidrógeno?—32. Cuáles son las propiedades del azufre?—33. Cómo y dónde se halla el azufre?—34. Cómo se estrae el azufre?—35. Cuáles son los usos del azufre?—36. Qué combinaciones forma el azufre?—37. A qué cuerpo son análogas las propiedades químicas del selenio?—38. Cuál es la historia del yodo?—38. Cuáles son las propiedades del yodo?—39. Cuáles son los caractéres esenciales para reconocer el yodo?—

(1) Véase la parte de historia natural en que se trata esta materia.

UNIVERSIDAD DE HUELVA 2010

40. Cómo se prepara el yodo?—41. Cuáles son los usos del yodo?—42. Combinaciones del yodo.—43. Cuáles son las propiedades del bromo. Tiene aplicaciones?—44. Con quién se combina el bromo?—45. Historia del cloro.—46. Cuáles son las propiedades del cloro?—47. Cómo se prepara el cloro?—48. Cuáles son otras propiedades del cloro y sus aplicaciones? Cómo se efectúan las fumigaciones del cloro?—49. Qué es cloro líquido?—50. Cuáles son las combinaciones del cloro?—51. Cuáles son las combinaciones del cloro con el yodo y en qué se emplean?—52. Por qué no puede obtenerse libre el fluor?—53. Cuáles son las propiedades del ázoe?—54. Y los caractéres esenciales en que se le reconoce?—55. Dónde se encuentra el ázoe?—56. Cómo se estrae el ázoe y qué se hace para obtenerle puro?—57. Cuáles son las combinaciones del ázoe?

1. Los cuerpos *metaloideos* que hemos enumerado (pág. 359) tienen por carácter principal ser todos electro-negativos respecto á los *metales*, y conducir con menos facilidad que estos el calórico y la electricidad; y en especial formar generalmente *ácidos*, mientras los metales forman las mas de las veces *bases*.

2. **Oxígeno.** Véase la pág. 370 y siguientes del párrafo anterior.

Hidrógeno.—Aire inflamable. Estudiado particularmente por Cavendish en 1766. Este cuerpo abunda mucho en la naturaleza. Unido al oxígeno constituye el agua; al carbono y al oxígeno las materias vegetales; y finalmente al ázoe, carbono y oxígeno, las animales: en su estado de pureza es siempre gaseoso.—El hidrógeno es incoloro, inodoro, insípido: su peso específico muy débil, pues es —0,0688, su poder refractario considerable. Apaga los cuerpos en combustion, y es inútil para la respiracion. Es el mas electro-positivo de los metaloideos. Dos volúmenes de hidrógeno y uno de oxígeno; ó en peso 11,10 del primero y 88,90 del segundo colocados en un *eudiómetro* tratados por el fuego ó una chispa eléctrica, se combinan con desprendimiento de calor y luz, y forman agua.

3. En esta combinacion el vapor de agua que resulta de los dos gases componentes por efecto del calor de la combustion, ocupando menos espacio que estos, comprime el agua del eudiómetro de alto abajo; pero al ponerse en contacto con ella se condensa, y deja un espacio que de repente llena el agua, de cuyos dos efectos instantáneos resulta un doble choque, que produce la detonacion que se oye siempre en esta combinacion.—Esto puede tambien efectuarse con una fuerte presion por el calor que esta produce; y aun en frio por medio del paladio, el rodio, el iridio y el platino.—La llama del hidrógeno es la que produce el mayor calor de los conocidos, por lo cual se emplea para fundir las sustancias miradas como infusibles.—Una bugía encendida no puede inflamar el hidrógeno por el intermedio de una tela metálica, en cuya propiedad está fundada la lámpara de seguridad ó Davy, tan útil á los mineros.

4. De las esperiencias de M. Bibra acerca del color que las diferentes sales comunican á la llama del hidrógeno, resulta: que las de potasa le dan

UNIVERSIDAD DE HUELVA 2010

un color violeta; las de sosa, un amarillo intenso; las de barita, un verde claro; las de estronciana, un rojo intenso; las de cal, un color de rosa; las de bismuto y mercurio, uno azulado; las de cobre, verde; y las combinaciones del arsénico y antimonio, blanco.

5. **Caractéres esenciales.** El gas hidrógeno es fácil de reconocer: 1.° por su ligereza; 2.° porque una bugía le inflama, produciendo una ligera detonacion y un poco de agua; 3.° porque introduciendo una bugía en lo interior de una campana llena de este gas, se apaga despues de haber puesto fuego á las primeras capas.

6. **Usos.** Sirve para hacer el análisis del aire, obtener una elevada temperatura y llenar los globos aerostáticos. El metal de la voz se cambia respirando hidrógeno puro mezclado con aire.

7. **Preparacion.** Se obtiene el hidrógeno derramando ácido sulfúrico disuelto en agua sobre limaduras de zinc ó hierro: el agua se descompone, su oxígeno se combina con el metal, el cual, oxidado, se une al ácido y forma sulfato de hierro ó de zinc, y el hidrógeno del agua se desprende.—Se obtiene tambien el hidrógeno descomponiendo el agua por medio de la pila

8. **Combinaciones del hidrógeno.** Se combina con los demas metaloideos, y forma tres series de compuestos: 1.° los neutros, llamados hidruros; 2.° los ácidos, llamados *hidrácidos;* 3.° los álcalis, como el amoniaco.

9. **Boro.** El *boro* es sólido, pulverulento, insípido, inodoro, y de un color oscuro verdoso: forma el *acido bórico*, y el borato de sosa y de magnesia. No tiene aplicaciones.

10. **Silicio.** De un color oscuro negruzco, infusible, sin brillo, color, ni sabor: existe en gran cantidad en la naturaleza en combinacion con el oxígeno.

11. **Carbono.—Carbono puro.** Esta sustancia está muy esparcida en la naturaleza en estado de combinacion, pues todas las materias vegetales y animales le contienen en gran cantidad, formando ademas parte del ácido carbónico y de todos los carbonatos. El *diamante* es carbono puro, verdad descubierta por Lavoissier, pues tratando esta materia por el fuego al contacto del aire desaparecia formándose ácido carbónico lo mismo que con el carbon comun. Posteriormente se ha comprobado evidentemente este hecho tomándose igual cantidad en peso de diamante y carbono puro, y combinando separadamente estos dos cuerpos con igual cantidad de oxígeno, pues resulta de ambos esperimentos una misma cantidad de ácido carbónico, igual en peso al oxígeno y diamante, ó al oxígeno y carbono. Newton sospechó mucho antes la combustibilidad del diamante, fundado en su gran fuerza refractaria = á 3.1961.

12. El *diamante* se presenta bajo la forma de cristales muy brillantes, limpios y trasparentes, aunque frecuentemente cubiertos con una corteza

UNIVERSIDAD DE HUELVA 2010

mas ó menos gruesa. Se encuentra en las Indias orientales ó en el Brasil acompañado de una especie de terreno arenisco, que los naturales llaman *cascallo*. Es el mas duro de los cuerpos conocidos, pues raya todos los demas, y solo puede impresionarle su propio polvo, de cuya propiedad se valen para pulirle. Privado del contacto del aire ó del oxígeno, es inalterable al fuego. Se emplea como un objeto de lujo.

13. La *plombagina*, llamada tambien *gráfito*, *mina de plomo y lapiz negro*, es una variedad del *carbono* mas ó menos impuro que se presenta en masas de color gris negruzco. Contiene mezcla de tierra y algun óxido de hierro, y se emplea en la fabricacion de lapiceros.

14. La *antracita* es una sustancia carbonosa y negra, empleada como combustible.

15. La *hulla*, palabra sajona, es otra sustancia carbonosa que se encuentra en grandes masas en el seno de la tierra, y que está formada de carbon y betun con una porcion variable de materias terrosas. Es el combustible mas abundante y precioso que se conoce, pues forma la base de todas las industrias en que se emplea el calor. Las mas abundantes minas de *hulla* se encuentran en Inglaterra y Bélgica. En España hay minas de *hulla* en Asturias, Cataluña y Andalucía.

16. **Carbones.** Lo que llamamos *carbon* es siempre una mezcla de *carbono*, de *hidrógeno* y de sales que constituyen la ceniza. En el carbon animal se halla el ázoe en una proporcion bastante grande. La cantidad de carbono puro varía segun la especie de carbon: el de materias animales es el que contiene menos.

17. **Distincion del carbon vegetal y animal.** El *carbon vegetal ó hidrogenado* es sólido, negro, frágil, muy poroso, inodoro, insípido, poco mas pesado que el agua, buen conductor del calórico cuando contiene pocas materias estrañas, y mal conductor del flúido eléctrico á no estar perfectamente calcinado. El calor le hace perder el agua absorvida, produciendo un gas compuesto de *óxido de carbono*, *hidrógeno é hidrógeno carbonado*. Por el mismo medio se combina con el oxígeno, y produce *ácido carbónico*. Este carbon posee, como todos los cuerpos porosos, la singular propiedad de absorver los gases: por esto se le emplea como desinfectante.

El *carbon animal* difiere poco del carbon vegetal: sin embargo, lo que mas le distingue es su composicion y la manera de comportarse con las materias colorantes. En efecto, este carbon posee la propiedad decolorante en tres veces mayor grado que el carbon vegetal.

18. **Caractéres esenciales del carbono.** El carbono combinándose con el oxígeno, produce ácido carbónico que turba el agua de cal.

19. **Preparacion.** El *carbono puro* es muy difícil de obtener. Se ha tenido como el mejor medio el calentar fuertemente *negro de humo* ó de marfil; pero el carbono que se obtiene no es puro. En el dia se cree prefe-

UNIVERSIDAD DE HUELVA 2010

rible descomponer por el fuego en vasijas cerradas una materia orgánica pura, como la fécula ó el azúcar cristalizado.

20. **Usos.** El carbon tiene diversos usos: entra en la composicion de la pólvora y en la de la tinta de imprenta. Sirve para quitar el mal olor de las materias pútridas, para decolorar los líquidos y para la reduccion de los metales.

21. **Combinaciones del carbono.** El carbono se combina con el *hidrógeno*, el *azufre*, el *cloro* y el *ázoe*. Estas combinaciones se llaman *carburos*.

22. **Combinaciones del carbono con el hidrógeno.** Muchas son las combinaciones que forman estos cuerpos; pero nosotros solo mencionaremos las dos mas interesantes, que son el *protocarburo* y el *bicarburo* de *hidrógeno*.

23. **Protocarburo de hidrógeno.—Hidrógeno protocarbonado.—Gas inflamable de las lagunas.** Gas insípido, inodoro, sin color, insoluble en el agua, es dos veces mas denso que el hidrógeno: mezclado con el aire ó el oxígeno, detona por medio de la chispa eléctrica. Si se enciende un surtidor de este gas en el aire, arde con una llama amarillenta. El cloro le descompone instantáneamente á la temperatura roja, apoderándose del hidrógeno, formando ácido cloro-hídrico y dejando el carbon libre. Se encuentra este gas en el fango de las lagunas y de todas las aguas estancadas. Se le encuentra tambien en algunas minas. A este gas son debidos los fuegos naturales que se observan en la pendiente septentrional del Apenino.

Se obtiene agitando el fango y recibiendo el gas que se desprende en frascos llenos de agua y provistos de anchos embudos.

24. **Bicarburo de hidrógeno.—Hidrógeno bicarbonado.—Gas oleificante, gas del alumbrado.** Este gas es incoloro, insípido, de un olor empyreumático; apaga los cuerpos en ignicion y su densidad es de 0,9852.—Si se le hace pasar por un tubo de porcelana incandecente, se descompone en carbon é hidrógeno. Las chispas eléctricas producen el mismo resultado, obteniéndose el hidrógeno puro.—El aire y el oxígeno á una alta temperatura le descomponen, produciéndose ácido carbónico y agua. Este gas mezclado al oxígeno ó el aire produce una fuerte detonacion si se le aplica una bugía.—El agua disuelve la sesta parte de su volúmen. El *cloro* le descompone, y forma un líquido oleaginoso, llamado *hidro-bicarburo* de *cloro*, que es una especie de éter.—El azufre y el yodo le descomponen tambien, formándose *ácido sulfuhídrico* y un compuesto cristalizado.

25. **Preparacion.** Se obtiene este gas, que no se halla puro en la naturaleza, calentando en una retorta cuatro partes de ácido sulfúrico y una de alcohol; pues descomponiéndose *este en bicarburo de hidrógeno* y *agua*, resulta que el *ácido sulfúrico* se apodera de esta, dejando libre el *bicarburo* que se desprende.

UNIVERSIDAD DE HUELVA 2010

26. **Usos.** El *bicarburo de hidrógeno* se emplea en Francia é Inglaterra para el alumbrado; pero en este caso proviene, ó de la destilacion de la hulla, ó de la descomposicion de la resina y del aceite por medio de una fuerte temperatura.—Este alumbrado económico principalmente en aquellas naciones, no lo seria tanto en España, donde la abundancia de aceites suple ventajosamente su falta, no dando lugar á los peligros que resultan del empleo de este gas, y son de dos especies: 1.° Las esplosiones que pueden producirse en los depósitos; 2.° la asfixia que el mismo gas puede producir y de que hay recientes ejemplos.

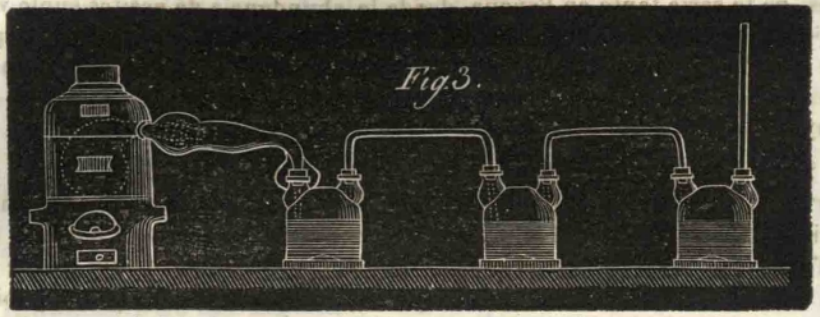
27. **Fósforo.—Historia.** Este cuerpo fue descubierto por *Brandt*, alquimista de Hamburgo, en 1669 al hacer esperiencias con los orines. *Kraft* compró el secreto, que no quiso comunicar á *Kunkel*, que á fuerza de trabajos consiguió tambien estraerle, y lo mismo *Boile;* pero este descubrimiento no se hizo público hasta 1707, en que el gobierno francés compró el secreto á un estrangero.—*Schéele* y *Gahn* le descubrieron en los huesos de los animales, y desde entonces se obtiene con facilidad.

El fósforo es sólido á la temperatura ordinaria, insípido y deun olor á ajos, flexible en estado de pureza; pero $^1/_{600}$ de azufre le hace quebradizo; la uña le raya con facilidad. Su peso específico es de 1,77. Su color varía: en el estado ordinario es trasparente y amarillo; pero si se le enfria bruscamente despues de haberle fundido, se presenta negro y opaco.—Es luminoso en la oscuridad, y de aqui el nombre de *fósforo* que se le ha dado. Es fusible á los 43.°, y cristaliza en agujas ú octaedros.—Agitado durante su enfriamiento con un líquido (alcohol, eter ó agua), se pulveriza. Sometido á un fuerte calor, y en vasijas cerradas, se volatiliza y puede destilársele. El fósforo espuesto á los rayos solares se enrojece, sea en el vacío, en el hidrógeno, en el ázoe ó en el aire. El fósforo en contacto con el oxígeno arde con brillantez, y se producen vapores blancos de ácido fosfórico anhidro y un poco de óxido rojo.—La presion influye en la temperatura, necesaria para determinar la combustion del oxígeno con el fósforo: la mezcla de ázoe, hidrógeno ó ácido carbónico favorece esta combustion. El agua no disuelve el fósforo; pero si contiene aire se forma óxido rojo y ácido fosforoso con la accion de la luz. Por eso se le conserva en agua destilada y fria y en la oscuridad. El fósforo no se halla puro en la naturaleza, sino en estado de combinacion en los huesos, en la materia cerebral, en los nervios, en grandes masas, en estado de fosfato de cal en Logrosan, en Estremadura, en los orines, etc.

28. **Preparacion.** Se toma *fosfato ácido de cal* reducido á la consistencia de jarabe: se mezcla esta sal con el cuarto de su peso de carbon y se seca esta mezcla, que se introduce en una retorta de barro colocada en una

UNIVERSIDAD DE HUELVA 2010

horno de reverbero: se adapta al cuello un tubo de cobre que se sumerge en un frasco lleno de agua, y se enlazan otros tubos con otros frascos hasta el tercero, que tiene uno recto, por donde se desprenden los gases, segun se ve (fig. 3). Se da fuego al horno, y al cabo de dos horas comienza á des-



prenderse gas *óxido de carbono*, *hidrógeno carbonado y fosforado*, que provienen de la descomposicion por el carbon del agua que contenia la mezcla; y finalmente, al cabo de cuatro horas aparece el fósforo que se condensa en el agua de los frascos y en los tubos. Este producto se coloca despues de frio en una piel de gamuza que se comprime dentro de agua bien caliente; el fósforo sale entonces por los poros de la piel, dejando en ella un poco de carbon y óxido de fósforo.

29. **Usos.** El fósforo se emplea para hacer el análisis del aire, para las pajuelas y eslabones fosfóricos, y en medicina como estimulante por su accion violenta sobre la economía animal.

30. **Combinaciones del fósforo.** El fósforo se combina con el hidrógeno, el azufre, el selenio, el yodo y el cloro.

31. **Combinaciones del fósforo con el hidrógeno.** Algunos químicos solo admiten una, otros dos, y son:

1.ª **El protofósfuro de hidrógeno.—Hidrógeno protofosforado.** Gas incoloro y de un olor desagradable: no tiene aplicaciones, por lo cual nada mas diremos de él.

2.ª **El sesqui-fosfuro de hidrógeno.** Gas incoloro, de un olor fuerte parecido al ajo, de sabor amargo: su densidad =1,761.

Espuesto á una temperatura elevada, pierde el tercio de su fósforo y se convierte en proto-fosfuro.

Este gas se inflama espontáneamente al contacto del aire, propiedad característica que permite reconocerle siempre. Este gas al inflamarse produce vapor de agua y ácido, que se elevan en forma de aureolas blancas.—Es algo soluble en el agua.

Este gas se forma en los parajes en que se hallan enterrados restos animales, y atravesando las hendiduras de los terrenos llega á la atmósfera, se inflama y produce los *fuegos fatuos* que se ven en los cementerios, y que tantos terrores causan al vulgo.

UNIVERSIDAD DE HUELVA 2010

Preparacion. Se obtiene el sesqui-fosfuro de hidrógeno calentando en un matraz una pasta formada con cal, fósforo y agua.—Esta se descompone, cede su hidrógeno á una parte del fosforo para formar el gas sesqui-fosfuro, mientras que el oxígeno se une á la otra parte para formar el hipofosfito de cal. (fig. 4).



32. **Azufre.** El azufre es sólido, amarillo anaranjado, insípido, quebradizo: su fractura es luciente é inodora, á menos que se le frote, en cuyo caso toma un olor débil: su peso específico es 1,99.

El azufre es mal conductor de la electricidad: el frote desarrolla en su superficie flúido eléctrico negativo.—Sometido á una tempera de 108.° se funde; entre 110 y 140, aparece mas limpio y amarillo; á 160° comienza á condensarse, y entre 220° y 250° se vuelve pastoso: una temperatura mas alta lo liquida. Si á 140 se enfria bruscamente, se vuelve sólido, seco y quebradizo; pero si se ha calentado lo bastante hasta hacerse pastoso, permanece blando aunque se le enfrie repentinamente. Este fenómeno se atribuye al diverso arreglo de sus moléculas. Finalmente, el azufre á una temperatura conveniente se volatiliza, y al enfriarse constituye las *flores de azufre.*

El oxígeno no tiene accion sobre el azufre; pero si se sumerge un pedazo de azufre con un punto de ignicion en un vaso lleno de oxígeno, este se combina con él, y produce *ácido sulfuroso.*

33. El azufre está muy esparcido en la naturaleza, asi puro como combinado: puro, en las cercanías de los volcanes y en *Hellin;* combinado, en todos los súlfuros, sulfatos, en muchos vegetales, particularmente en la familia de las crucíferas, y en algunas materias animales, como los huevos, los cabellos, la materia cerebral, etc.

34. **Estraccion.** Se usan diversos procedimientos para obtener el azufre: daremos á conocer el mas usado. A la proximidad de los volcanes se encuentran terrenos que contienen azufre en gran cantidad. Para estraerle se colocan las materias terrosas en ollas de barro cocido provistas de un tubo que comunica con otras ollas, cuyo fondo está tapizado de agujeros y que descansa sobre una tina de madera llena de agua. Calentando el azufre se volatiliza, y viene á condensarse en el agua de la tina: el azufre obtenido se llama *en bruto.* Para separar las materias estrañas se le sublima. Al efecto se calienta en una caldera, que comunica con una cámara de albañilería destinada á recibir el azufre en vapor y á condensarle en forma de pol-

UNIVERSIDAD DE HUELVA 2010

vo, que es lo que se llama *flores de azufre*. Si la operacion se continúa convenientemente, llega una época en que el calor de la cámara no condensa los vapores sino en estado líquido, y entonces el azufre corre á lo largo de un plano inclinado, y saliendo por una abertura practicada en la parte inferior pasa á los moldes de madera, que estan convenientemente humedecidos, y toma la forma con que se conoce el *azufre en canutillo*.

35. **Usos.** El azufre es una de las materias mas empleadas en las operaciones químicas. Se emplea tambien el azufre para la fabricacion de pajuelas, del ácido sulfúrico, de la pólvora, del ácido sulfuroso, del súlfuro de mercurio, del sulfato de cobre etc. La medicina le emplea en las enfermedades de la piel etc.

36. **Combinaciones del azufre.** El azufre se combina con el hidrógeno, con el carbono, con el fósforo, con el selenio, con el yodo y con el cloro: los compuestos que resultna no tienen aplicaciones, y solo estudiaremos en otro lugar el que forma con el hidrógeno.

37. **Selenio.** Descubierto por Berzelius: sus propiedades químicas son análogas á las del azufre. No tiene aplicaciones.

38. **Yodo.—Historia.** Descubierto por el fabricante Courtois en la sosa de varech, y estudiado por Gay-Lussac, que le dió el nombre de *yodo*, palabra griega que significa violado, por recordar el hermoso color de sus vapores.

38. **Propiedades.** El yodo es sólido á la temperatura ordinaria, de testura hojosa, de un color gris azulado parecido á la plombagina. Su tenacidad es muy débil; su olor análogo al del cloruro de azufre, su peso específico=4,946. Es de los cuerpos mas electro-negativos. Aplicado á la piel produce un color amarillo, y destruye los colores vegetales lo mismo que el cloro.

El yodo entra en fusion á los 107.° y en ebullicion á los 175, sin embargo, en razon de su tension se evapora en el agua hirviendo. Su vapor, cuya densidad es de 8,716, presenta siempre un hermoso color violado.

Para combinarse con el oxígeno, necesita este hallarse en estado de gas naciente.

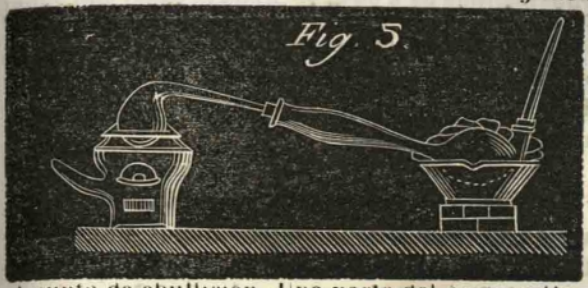
Tiene una accion marcada sobre el hidrógeno que roba á una multitud de cuerpos.

El yodo no se halla puro en la naturaleza. En combinacion le contienen los focus, esponjas, algas y varechs. Vauquelin reconoció que un mineral de plata del Brasil era un *yoduro de plata*.

39. **Caractéres esenciales.** El yodo tratado por el calor produce un hermoso vapor violado: en contacto con el almidon se une á él, y forma un color azul, por lo cual se emplea para reconocer la fécula.

UNIVERSIDAD DE HUELVA 2010

40. **Preparacion.** Se le estrae de las *aguas madres* de las sosas de varechs, donde se halla en estado de yoduro de potasio, ó de hidriodato de potasa (1). Despues de convenientemente concentradas se introduce en una retorta (figura 5) con un esceso de ácido sulfúrico concentrado, y se da fuego hasta el punto de ebullicion. Una parte del ácido sulfúrico se apodera de la potasa y deja libre el ácido hidroyódico, que cede su hidrógeno á un poco de oxígeno de la otra parte del ácido sulfúrico, y se forma agua, dejando el yodo libre, se desprende y viene á condensarse en un recipiente adoptado á la retorta. Lavándole, destilándole en una poca de agua de potasa, secándole entre las hojas del papel *joseph* y fundiéndole en un tubo, se obtiene el yodo suficientemente puro.



41. **Usos.** El yodo se emplea en medicina solo ó en estado de combinacion, con muy buen éxito.

42. **Combinaciones del yodo.** El yodo se combina con el hidrógeno, con el azufre, con el cloro y con el ázoe, cuyas combinaciones, no siendo la primera, no tienen aplicaciones.

43. **Bromo.** Descubierto por M. Balard. El *bromo* presenta la mayor analogía con el yodo. Se liquida á la temperatura ordinaria. En masa aparece de un color rojo oscuro, y en capas delgadas de un rojo jacinto. Su olor fuerte y desagradable es análogo al del cloro. Su sabor es muy cáustico. Aplicado á la piel, la pone amarilla como el yodo. Es un veneno enérgico, pues una sola gota colocada en el pico de un ave basta para matarla. No tiene aplicaciones, y se estrae del bromuro de magnesio, que se encuentra en las aguas madres de las salinas.

44. **Combinaciones del bromo.** El bromo se combina con el hidrógeno, el silicio, el carbono, el fósforo, el azufre, el yodo y el cloro, cuyos compuestos no estan estudiados ni tienen aplicaciones.

45. **Cloro.—Historia.** Fue descubierto en 1774 por Schéele, que le dió el nombre de *ácido marino* desflogisticado. Llamóse luego *ácido muriático oxigenado*, y *gas oximuriático* segun Kirwan. Finalmente, Gay-Lussac y Thenard le denominaron *cloro*.

46. **Propiedades.** Este cuerpo es un gas amarillo verdoso, con un olor y sabor tan fuertes y caracterizados, que permiten se le reco-

(1) Las aguas madres son el producto de la incineracion de las plantas marinas de que se estrae por medio del agua el carbonato de sosa.

UNIVERSIDAD DE HUELVA 2010

nozca con facilidad.—Su peso específico es=2,4216.—Hace amarilla la tintura de tornasol; apaga las bugías encendidas, cuya llama palidece desde luego y se enrojece en seguida antes de apagarse.

No cambia de estado á una temperatura de—50.° si está bien seco; pero húmedo, se congela y forma un hidrato.—Uniendo la presion al enfriamiento puede obtenerse líquido.

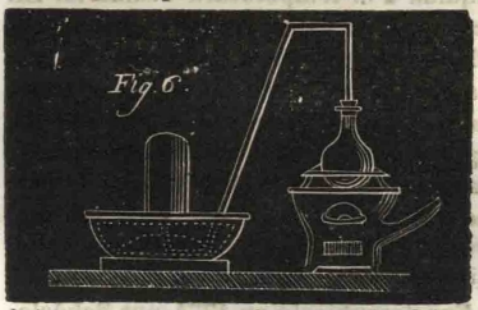
No se combina con el oxígeno sino en estado de gas naciente.

El cloro se une con el hidrógeno en volúmenes iguales, y forma gas *clorohídrico*. Esta combinacion va acompañada de fenómenos singulares: 1.° Esta combinacion no tiene lugar si la mezcla de hidrógeno y cloro se hace en paraje oscuro, sea cual fuere el tiempo empleado; 2.° espuesta la mezcla á la luz difusa, la combinacion se efectúa lentamente y es forzosa la accion de los rayos solares para terminarla; 3.° finalmente, si la mezcla se espone inmediatamente á la luz solar ó al fuego, la combinacion se efectúa instantáneamente con ruptura del frasco que contenga la mezcla.

El agua disuelve á la temperatura ordinaria una vez y media de su volúmen de cloro, y la disolucion posee las mismas propiedades que este.—Espuesta á una temperatura de—2° ó —3° se produce una multitud de cristales luminosos, amarillo-oscuros, formados del ázoe y del cloro.

Este cuerpo no se encuentra puro en la naturaleza; pero en estado de combinacion forma parte del ácido clorohídrico y de todos los cloruros.

47. **Preparacion.** Para obtener el cloro se coloca en un matraz (fig. 6) peróxido de manganeso, sobre el cual se derrama ácido clorohídrico, observándose inmediatamente una efervescencia debida al desprendimiento del cloro, que es conducido por un tubo á frascos llenos de agua y saturados de sal marina.—La teoría es muy sencilla: una parte del ácido se descompone en cloro, que se desprende, y en hidrógeno, que se une á una parte del oxígeno del peróxido de manganeso, forma agua.



48. **Propiedades y usos del cloro.** El cloro ejerce una accion muy fuerte sobre la economía animal. Respirado por algunos instantes produce tos, y dificulta la respiracion; si se continúa respirando, esputos sanguinolentos, y finalmente la muerte. Los químicos Pelletier y Rué perdieron la vida estudiando las propiedades de este gas.—Se neutralizan prontamente sus efectos por el desprendimiento del amoniaco.—Ataca las materias colorantes, vegetales ó animales, dándoles un color amarillento. De aquí el uso del clo-

UNIVERSIDAD DE HUELVA 2010

ro para el blanqueo de las telas. Esta propiedad, lo mismo que la desinfectante, que posee el cloro, se debe á su afinidad con el hidrógeno, de cuyo principio se apodera.

Fumigaciones de cloro. Para hacer fumigaciones de cloro en enfermerías ó cárceles se toman 300 gramos de cloruro de potasio en polvo, 500 de bióxido de manganeso, 200 de acido sulfúrico y 200 de agua. Se mezcla el cloruro de sodio, el bióxido de manganeso y el agua en una cápsula de cristal ó barro, á que se añade luego el ácido sulfúrico, y al momento se desprenderán unos vapores amarillos verdosos, que serán mas abundantes si se menea la mezcla. Conviene usar al efecto un tubo de cristal ó de porcelana. La pieza en que se haga la fumigacion debe estar perfectamente cerrada á lo menos una media hora. Las dosis indicadas son suficientes para desinfectar una pieza de 113 métros cúbicos y se aumentará ó disminuirá en proporcion del espacio.

49. **Cloro líquido.—Solucion de cloro.** Cuando se quiere obtener este producto se emplea el aparato usado para obtener el gas en estado de disolucion en el agua, y que se llama *aparato de Wolf*.

50. **Combinaciones del cloro.** El cloro se combina con todos los demas cuerpos simples. Con el hidrógeno forma un ácido importante que luego estudiaremos. Las demas combinaciones no tienen usos, y únicamente las

51. **Combinaciones del cloro con el yodo.** Son el *proto-cloruro* y *el percloruro de yodo*, que se emplean en los daguerreotipos para obtener placas muy rápidamente impresionables.

52. **Flúor ó plúoro.** Este cuerpo no puede obtenerse libre, porque ataca todas las vasijas en que se ha querido obtener, por lo cual no pudo estudiarse, ni darle aplicaciones.

53. **Azoe ó nitrógeno.—Mofete.** Notable por sus propiedades negativas. Es gaseoso, incoloro, inodoro é insípido; apaga los cuerpos en ignicion: su peso específico es =0,972. El frio le dilata sin hacerle cambiar de estado. Es poco refractario. El oxígeno no tiene la menor accion forzosa sobre él: sin embargo, la chispa eléctrica da lugar á la formacion de algun ácido nítrico cuando los gases estan húmedos. Para las demas combinaciones es necesario que entrambos cuerpos se hallen en estado de gas naciente.

54. **Caractéres esenciales.** Se reconoce el ázoe: 1.° en que es incoloro; 2.° en que apaga los cuerpos en combustion; 3.° en que enrojece la tortura de tornasol; 4.° en que es insoluble en el agua; 5.° en que no forma precipitado con el agua de cal.

55. El ázoe está muy esparcido en la naturaleza, hace parte de los nitratos, del amoniaco, de algunas materias vegetales y de casi todas las materias animales. Finalmente, forma casi las $^4/_5$ partes del volúmen de aire atmosférico.

56. **Estraccion.** Se estrae el ázoe del aire atmosférico, á cuyo efecto

UNIVERSIDAD DE HUELVA 2010

se quema en una cantidad determinada de aire una ligera porcion de fósforo; pues apoderándose este del oxígeno, forma ácido fosfórico, dejando el ázoe en libertad. Para purificarle del gas ácido fosfórico en vapor que contiene, se le añade una ligera porcion de cloro, que forma cloruro de fósforo, luego se pone en el frasco un poco de potasa, y despues de tapado se agita, con lo cual el cloruro, el esceso de cloro y un poco de ácido carbónico se disuelven, y el ázoe que sobrenada en el líquido puede considerarse puro.

57. **Combinaciones del ázoe.** El ázoe no se combina directamente en circunstancias comunes con ningun cuerpo simple; pero en estado de gas naciente y en otras condiciones forma, compuestos muy interesantes, de los cuales estudiaremos algunos de otro lugar. Con el hidrógeno forma el *amoniaco;* con el carbono el *nitruro de carbono* ó *cianógeno*, que forma con el hidrógeno el ácido cianohídrico, veneno peligroso, que tambien daremos á conocer muy luego, y finalmente, con el yodo y el cloro forma *nitruros* de yodo y cloro, cuerpos peligrosísimos de manejar.

§. III. *De los óxidos y ácidos no metálicos.*

1. Cómo se distinguen los óxidos de los ácidos?—2. Qué combinaciones forma el oxígeno con el hidrógeno?—3. Quién descubrió la composicion del agua?—4. De qué medios se valió Lavoissier para descomponer el agua?—5. Cómo verificó Lavoissier la recomposicion ó síntensis del agua?—6. Cuáles son las propiedades físicas del agua?—7. Cuáles son sus propiedades químicas?—8. Cuál es el estado natural del agua?—9. De qué medios podemos valernos para reconocer la bondad de las aguas?—10. Qué preparacion se usa para destilar el agua?—11. Qué es destilacion?—12. Destilacion por el alambique.—13. Cuáles son las propiedades del bióxido de hidrógeno?—14. Qué usos tiene?—15. Cuáles son las propiedades del ácido bórico?—16. Cuáles son sus usos?—17. Cuáles son las combinaciones del carbono con el oxígeno?—18. Cuáles son las propiedades del ácido carbónico?—19. Dónde se encuentra este ácido?—20. Cómo se prepara?—21. Cuáles son sus usos.—22. Qué presenta de mas notable el ácido silícico?—23. Cuáles son las combinaciones del fósforo con el oxígeno?—24. Cuáles son las combinaciones del azufre con el oxígeno?—25. Cuáles son las propiedades del ácido sulfuroso?—26. Y su estado y preparacion?—27. Cuáles son sus usos?—28. Es muy importante el ácido sulfúrico?—29. Cómo se prepara el ácido sulfúrico y cuántas especies resultan de su preparacion?—30. Preparacion del ácido de Nordhaussen.—31. Cómo se obtiene la modificacion anhidro?—32 Qué propiedades presenta?—33. En qué se emplea?—34. Cómo se obtiene el ácido sulfúrico hidratado en los laboratorios?—35. Y para las artes?—36. Cuáles son las propiedades del ácido sulfúrico hidratado?—37. Qué fenómenos presenta el ácido sulfúrico con el agua?—38. Y con los metales?—39. Cuáles son sus usos?—40. Cuáles son las combinaciones del silicio con el oxígeno?—41. Cuáles son las combinaciones del yodo con el oxígeno?—42. Cuáles son las combinaciones del cloro con el oxígeno?—43. Cuáles son las del ázoe con el oxígeno?—44. Qué hay de notable en el óxido de ázoe?—45. Propiedades del bióxido de ázoe.—46. Estraccion del bióxido de ázoe.—47. Cuáles son las propiedades del ácido nítroso?—48. Cuáles son las propiedades del ácido hiponitroso?—49. Quién descubrió el ácido nítrico?—50. Qué propiedades tiene?—51. Cómo se prepara?—52. Cuáles son sus usos?

1. **Distincion de los óxidos y de los ácidos.** El principal carácter de los ácidos es el poderse combinar con los óxidos

UNIVERSIDAD DE HUELVA 2010

los metales electro-positivos y formar sales; los caractéres accesorios son un sabor agrio y la propiedad de enrojecer el color azul vegetal.

El principal carácter de las bases ú óxidos báricos es el de poder combinarse con los ácidos y formar sales; sus caractéres accesorios son: un sabor urinoso, la propiedad de devolver su primitivo color azul al papel de tornasol enrojecido por un ácido, la de enverdecer la tintura de violeta y enrojecer el papel amarillo de cúrcuma.

Asi los óxidos como los ácidos insolubles en el agua no pueden revelar los caractéres accesorios que se les asignan.

2. **Combinaciones del oxígeno con el hidrógeno.** El oxígeno al combinarse con el hidrógeno forma dos combinaciones, el *agua* y el *sobreóxido de hidrógeno* ú *agua oxigenada.*

3. **Agua.—Oxido de hidrógeno.—Oxido hídrico.** A pesar de la importancia de este líquido, de sus continuas y diversas aplicaciones y de ser necesario á la vida, no se ha conocido su composicion hasta fines del siglo XVIII, en que el genio de Lavoissier la descubrió, cuya gloria no pueden arrebatarle Watt, Cavendish y Priestley, segun opinion del ilustre Berzelius.

4. **Medios de que se valió Lavoissier para descomponer el agua.** Varias esperiencias empleó Lavoissier para hallar la composicion del agua; pero la mas eficaz y decisiva fue la siguiente, que tomamos de las obras del mismo Lavoissier.

Esperiencia III.—Descomposicion del agua. Se toma un tubo de cristal EF poco fusible, enlodado y rodeado de bricho (fig. 7) de 8 á 12 lí-

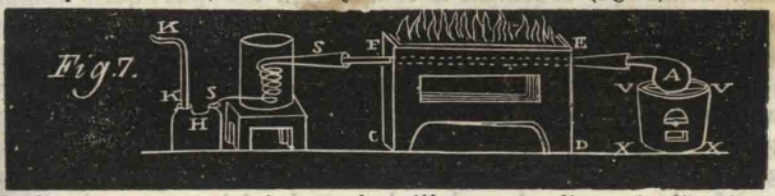


Fig. 7.

neas de diámetro, que atraviesa un hornillo con una ligera inclinacion de E á T, y dentro del cual se colocan 27½ granos de laminitas de hierro dulce en espiral. Al estremo superior E de este tubo se ajusta una retorta de cristal A, que contiene una cantidad de agua destilada. A su estremo inferior F se adapta un serpentin SS', que se introduce en S' en el cuello de un frasco H de dos tubuluras, en una de las cuales se adapta un tubo de cristal encorvado KK', destinado á conducir los flúidos aeriformes ó gases á un aparato propio para determinar su calidad y cantidad.

Asi todo dispuesto, se enciende fuego en el horno EFCD, y se mantiene de manera que se enrojezca el tubo de cristal EF sin fundirle (1), encen-

(1) A fin de evitar este inconveniente, se ha sustituido despues á este tubo uno de porcelana.

UNIVERSIDAD DE HUELVA 2010

diendo tambien en el horno VVXX el fuego suficiente para mantener hirviendo el agua de la retorta A.

Efecto. Despréndese desde luego un gas inflamable 13 veces mas ligero que el aire atmosférico: el peso total que se obtiene son 15 granos, y su volúmen 416 pulgadas cúbicas próximamente. Comparando la cantidad de agua empleada primitivamente con la que queda en el frasco H, se halla un déficit de 100 granos. Por otra parte, los 274 granos de hierro encerrados en el tubo EF resultan pesar 85 granos mas, y su volúmen se halla aumentado considerablemente. En una palabra, este hierro se encuentra en el estado de óxido negro de hierro, como el que ha sido en el oxígeno.

Reflexiones. El resultado de esta esperiencia presenta una verdadera oxidacion del hierro por el agua; oxidacion del todo semejante á la que se opera en el aire con el auxilio del calor. Cien granos de agua aparecen descompuestos, 85 de oxígeno unidos al hierro para constituirle en el estado de óxido negro, y 15 granos de un gas inflamable y particular se han desprendido. De todo lo cual se deduce evidentemente que el agua es un compuesto de oxígeno y de la base de un gas inflamable, en la proporcion de 85 partes contra 15.—El agua, pues, independientemente del oxígeno, que es uno de sus principios, y que le es comun con otras muchas sustancias, contiene otro que le es peculiar, que es su radical constitutivo, y al cual nos vemos obligados á dar nombre, y ninguno nos ha parecido mas propio que el de *hidrógeno*, es decir, principio generador del agua; *hidros* agua, y *geno* yo engendro.

5. **Recomposicion ó síntesis del agua.** Lavoissier, no satisfecho de haber hallado por el análisis la composicion del agua, quiso comprobar este hecho por la sintésis formando este líquido. Al efecto, despues de hecho el vacío en un matraz de cristal de unos treinta cuartillos de capacidad y de boca ancha, se pasan á él por un aparato conveniente un volúmen de gas oxígeno y dos de hidrógeno, perfectamente puros y bien secos; se encienden los gases por medio de una chispa eléctrica, y continuando el suministro de los gases se consigue mantener largo tiempo la combustion. A medida que esta se efectúa, se van colocando en las paredes del matraz gotitas de agua, que van aumentándose poco á poco, hasta que ruedan por las paredes y se reunen en el fondo del matraz. Pesando el matraz antes y despues de la operacion, se viene en conocimiento de la cantidad de agua que se ha formado, teniendo en este hecho una prueba doble, pues el peso de los dos gases empleados es igual al del agua formada.

Este fenómeno de la descomposicion y recomposicion del agua se verifica continuamente á nuestra vista á la temperatura de la atmósfera y por efecto de las afinidades compuestas, y á esta descomposicion son debidos muchos de los fenómenos de la vegetacion.

Se puede descomponer el agua por medio de la pila.

Todos estos hechos prueban evidentemente que el agua es un compuesto

UNIVERSIDAD DE HUELVA 2010

de 2 de hidrógeno y 1 de oxigeno=H^2O. —En peso contiene una parte de hidrógeno y ocho de oxígeno.

6. **Propiedades físicas del agua.** El agua es líquida á la temperatura ordinaria, trasparente, incolora, inodora, insípida, elástica, capaz de trasmitir el sonido y mojar los cuerpos. Su compresibilidad, negada por mucho tiempo, ha sido demostrada por MM. Perkins, Oersted y Canton. Su peso específico es la unidad á que se comparan todos los líquidos y sólidos. Un litro de agua á + 4.° pesa 1000 gramas.

El agua conduce mal el flúido eléctrico, refracta estraordinariamente la luz. Entra en ebullicion á los 100.° á la presion ordinaria. El aumento y disminucion de esta retarda ó acelera su punto de ebullicion. Las sales que tienen afinidad con el agua la retardan igualmente; pero algunas sales metálicas la aceleran. El agua se volatiliza fácilmente, y el vapor que resulta, ocupa un espacio 1700 veces mayor que en el citado líquido. La tension del vapor del agua aumenta, lo mismo que la de los demas gases, con la temperatura.

El agua se condensa segun que la temperatura disminuye hasta + 4.°; y por el contrario, se dilata desde este punto hasta el de congelacion, que se efectúa á 0.° Por eso el hielo es mas ligero que el agua, cuyo mayor grado de densidad es + 4.° Su punto de congelacion puede retardarse, lo mismo que el de ebullicion, con las mismas sustancias salinas, habiéndose conseguido mantener el agua sin congelarse hasta —12.°

7. **Propiedades químicas.** El oxígeno se disuelve en el agua con cantidad tanto mayor cuanto menor sea la temperatura y la presion mas fuerte. El aire se disuelve tambien, pero en menor cantidad. El hidrógeno se disuelve en una pequeñísima cantidad. De los metaloideos solo el ázoe, el yodo, el bromo y el cloro se disuelven en el agua. El boro y el carbono la descomponen á una elevada temperatura, formándose con el primero ácido bórico é hidrógeno, y con el segundo ácido carbónico y protocarburo de hidrógeno. El carbon puede absorver agua, y perder asi los gases que contenia. Calentado con ella el yodo la descompone, y forma ácido yodohídrico y ácido yódico. El cloro disuelto en agua constituye el cloro líquido. El calor ó la luz solar aplicados á esta disolucion determinan la descomposicion del agua, la formacion de ácido clorohídrico, de oxígeno que queda libre, y de un poco de ácido clórico.

Ningun metal es soluble en el agua; pero muchos la descomponen á diferentes temperaturas.

La mayor parte de los ácidos se disuelven en el agua, y muy particularmente los que tienen un sabor pronunciado.

Las aleaciones obran sobre el agua como los metales que contienen. La mayor parte de los óxidos metálicos son insolubles, aunque hay algunos, como los de la primera seccion, que se disuelven en el agua.

8. **Estado natural.** El agua se halla abundantemente en la naturale-

UNIVERSIDAD DE HUELVA 2010

za en el estado sólido, líquido y gaseoso. En estado sólido, constituye el *hielo*, el *granizo* y la *nieve*. En estado líquido es mucho mas abundante, pues constituye los rios, los lagos, los mares, etc.; pero nunca está pura, conteniendo diversas materias, como sal comun, sal de cal, hierro, magnesia, ácido carbónico, sulfuhídrico etc. Cuando la proporcion de estos cuerpos es bastante para obrar en la economía animal, toma el nombre de *agua mineral;* pero si la cantidad de las sales es poco notable, de manera que no puede darle sabor, entonces toma el nombre de *agua dulce ó potable.* Finalmente, en estado de vapor se encuentra en bastante cantidad en la atmósfera.

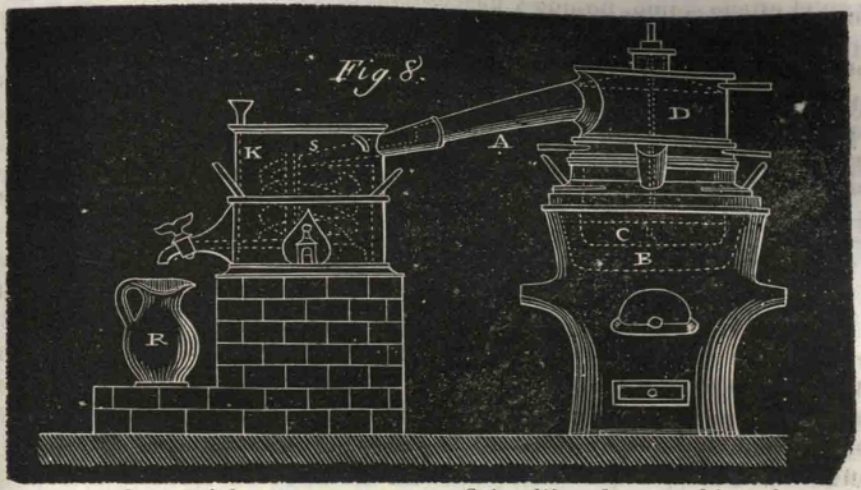
9. **Medios para reconocer la bondad de las aguas.** Se considera el agua como suficientemente pura y buena para los usos comunes cuando es inodora, agradable al gusto, que disuelve el jabon sin formar cuajarones, y que no da precipitados abundantes por medio de los nitratos de barita y plata ó del oxalato de amoniaco; y finalmente, cuando haciéndola evaporar desprende al principio de la operacion numerosas burbujas, sin que deje un residuo superior á cuatro decígramas por litro.

10. **Preparacion del agua destilada.** Para obtener el agua en estado de pureza y privada de aire, se destila, sin recoger los productos, hasta haber desperdiciado las 0,04 del agua empleada, y continúa la operacion hasta las $^{3}/_{4}$. En la primera parte se halla carbonato de amoniaco, procedente de las materias animales; en la segunda, por el contrario, ciertas sales que el agua encierra suelen obrar sobre sí y formar productos volátiles de que se carga el agua.

11. **Destilacion.** La destilacion es una operacion que tiene por objeto separar un producto volátil de sustancias que son menos volátiles que él. Hay varios medios de destilacion; pero el principal es

12. **La destilacion por el alambique.** Este instrumento se compone de tres partes, cuya forma ejerce una influencia esencial en el resultado; estas tres partes son: la *cucurbita*, el *chapitel* y el *refrigerante* (figura 8).

UNIVERSIDAD DE HUELVA 2010



La *cucurbita* C debe tener una superficie dilatada con objeto de conseguir mas fácilmente la evaporizacion, pues está esta en razon directa de la mayor estension de aquella.

El chapitel D ha sufrido importantes y numerosas modificaciones; pero hoy se ha reconocido ser el mejor uno pequeño ó simplemente un tubo de cobre encorvado, que se adapte exactamente á la caldera por el estremo mas ancho, ajustando la menor al *refrigerante.*

Este, conocido en Francia con el nombre de *serpentin*, es la parte destinada á la condensacion de los vapores y á volverles al estado líquido. En un principio era un tubo recto; pero en el dia está enroscado en espiral y contenido en un vaso K, derramándose el líquido destilado por la llave en el recipiente R.

13. **Bióxido de hidrógeno.—Agua oxigenada.** Este compuesto es líquido, incoloro é inodoro. Destruye el color de curcuma; tiene gusto metálico; produce una picazon en la lengua y espesa la saliva: ataca la piel, la altera y destruye aplicado en capas densas: su tension es mas débil que la del agua. Todos los metales, menos el antimonio, el teluro, el hierro y el estaño, le reducen al estado de agua comun. Muchos ácidos metálicos le descomponen. Los ácidos, por el contrario, le fijan mas.

14. **Usos.** El agua oxigenada se emplea á lo esterior como un escitante muy enérgico, y para restaurar las pinturas antiguas ennegrecidas por el ácido sulfuhídrico, en cuyo caso el súlfuro negro de plomo que se ha formado pasa al estado de sulfato blanco.

15. **Acido bórico.—Acido borácico.—Sal sedativa de Hamberg.** Sólido, blanco, inodoro y que enrojece la tintura de tornasol, aunque débilmente. Su peso específico es=1803 A mas alta

UNIVERSIDAD DE HUELVA 2010

temperatura se funde y presenta en cristal incoloro y trasparente. Se volatiliza en el agua hirviendo.

Caractéres esenciales. Se reconoce este ácido disolviéndole en el alcohol, pues comunica á su llama un color verde.

16. **Usos.** Se emplea para analizar las piedras gemas, y en medicina como calmante y antiespasmódico.

17. **Combinaciones del carbono y del oxígeno.** El carbono se une con el oxígeno, y forma cinco compuestos, á saber: el *óxido de carbono*, CO; el *ácido carbónico*, CO^2; el *ácido oxálico* C^2O^3; el *ácido cocrónico*, C^5O^4; el *ácido melítico*, C^4O^3. Solo hablaremos del mas importante de estos compuestos, que es el

18. **Acido carbónico.—Propiedades.** El ácido carbónico es un gas incoloro, de sabor acre; su olor produce una especie de cosquilleo: enrojece débilmente la tintura de tornasol, apaga los cuerpos en combustion, y no solo es impropio para la respiracion, sino que asfixia los animales que le respiran. Su densidad es 1,5245; este peso, mayor que el del aire, hace que se le pueda trasvasar como un líquido. A—20 no cambia de estado; pero aumentando la presion liquifica.

A la temperatura ordinaria el agua disuelve vez y media el volúmen de este gas; pero aumentando la presion, y disminuyendo la temperatura, puede disolver hasta seis veces su volúmen.

19. **Estado natural.** El ácido carbónico existe en estado de gas: 1.° En el aire atmosférico, y en estado de pureza en muchas grutas (1); 2.° disuelto en el agua y en muchos medicinales; 3.° en combinacion en estado de carbonato con varios óxidos. Se forma ademas constantemente por la combustion del carbon y por la respiracion.

---

(1) Una de las mas conocidas es la nombrada del *Perro* cerca de Pouzzoles en Italia: contiene ordinariamente una capa de cinco á seis decimetros de gas *ácido carbónico*: por manera que un hombre puede bajar á ella sin peligro; pero un perro se asfixia inmediatamente.

UNIVERSIDAD DE HUELVA 2010

20. **Preparacion.** La creta, los mármoles son carbonatos de cal mas ó menos puros, que puestos en contacto con ácidos enérgicos desalojan el *ácido carbónico*, que puede recogerse fácilmente. Para prepararle se toman algunos fragmentos de mármol blanco, se introducen en un frasco de dos tubuluras (figura 9), á una de los cuales se adapta un tubo que va á parar á un frasco de Wolf que contiene un poco de agua ligeramente alcalina: á este frasco está adaptado otro tubo propio para recoger el gas y conducirle á una cuba de agua ó mercurio. A la otra tubulura se adapta un tubo con un embudo para introducir por él *ácido hidroclórico* en cantidad suficiente para descomponer el carbonato de cal, y la operacion marcha por sí sola á la temperatura ordinaria.

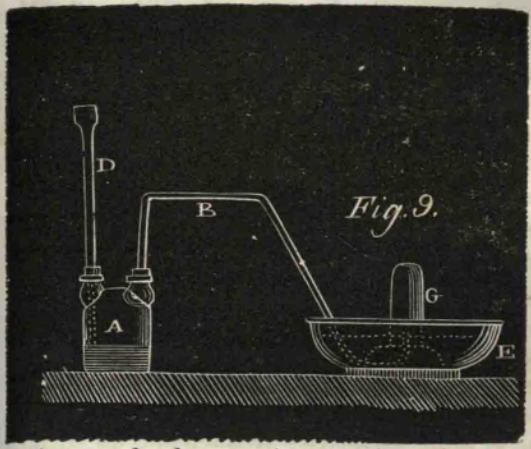


Fig. 9.

21. **Usos.** El agua con cinco veces su volúmen de gas ácido carbónico constituye el agua gaseosa, que sirve de base al agua de Seltz artificial, de tan comun uso. Sirve de alimento á las plantas, pues absorve el carbono necesario, descomponiendo este ácido.

22. **Acido silícico.—Sílice.** Bergmann examinó el primero las propiedades de la *sílice*, que constituye la base de una gran cantidad de minerales: el cristal de roca, donde se halla pura, las piedras de chispa, los barros, la arena, la ágata, el ópalo etc. El *ácido silícico* es blanco, pulverulento, insoluble en el agua y en los ácidos: su peso específico 2,66. Infusible al calor de nuestros hornos, solo se funde por medio de la lámpara alimentada con el oxígeno.

23. **De las combinaciones del fósforo y del oxígeno.** Se conocen cinco combinaciones del fósforo con el oxígeno, á saber: el *óxido de fósforo*, el *ácido hipo-fosforoso*, el *ácido fosforoso*, el *ácido fosfático* y el *ácido fosfórico*. Este último, que es el mas importante, se aplica en medicina para hacer limonadas: no tienen usos, por lo cual no nos ocuparemos de ellos.

24. **De las combinaciones del azufre con el oxígeno.** Las combinaciones del azufre con el oxígeno son cuatro: los ácidos *hipo-sulfuroso y sulfuroso*, é *hipo-sulfúrico y sulfúrico*.

25. **Acido sulfuroso.** Es un gas invisible, de un sabor fuerte y desagradable, de un olor picante, *sui generis*, que escita la tos,

UNIVERSIDAD DE HUELVA 2010

estrecha el pecho y sofoca los animales que le respiran. Enrojece la tintura de tornasol, y luego la vuelve amarilla. Su peso específico =2,234. El calor no le descompone. Una baja temperatura le liquidifica, siendo suficiente para este efecto una mezcla de dos partes de hielo y una de sal comun. Líquido, es incoloro, trasparente, muy volátil, y entra en ebullicion á—10.° Al volatilizarse produce un frio tal, que puede solidificar el mercurio, liquidificar el cloro, el amoniaco y el cianógeno, y hasta solidificar este. El oxígeno no tiene accion sobre este ácido: el hihidrógeno y el carbono le descomponen. El agua disuelve 37 veces su volúmen á la temperatura de 20.°, y presion de 0.m 76. Este gas descompone el ácido sulfuhídrico, de que resulta agua y azufre. El potasio y el sodio le descomponen.

26. **Estado natural.—Preparacion.** Se encuentra este ácido en las cercanías de los volcanes. Se obtiene frotando el ácido sulfúrico por el mercurio y aplicando calor: el ácido se descompone en oxígeno, que forma con el mercurio un óxido que se une al ácido sulfúrico, produciendo un sulfato de mercurio, y en ácido sulfuroso que se desprende. Este mismo ácido se produce siempre que se quema el azufre al aire libre, siendo por consiguiente el que se desprende cuando se encienden pajuelas.

27. **Usos.** Se emplea para decolorar los tejidos, blanquear las telas de seda, lana, etc., quitar las manchas de frutas de los lienzos y evitar la fermentacion al cohólica (1); y en medicina suministrado en fumigaciones para las enfermedades de la piel.

28. **Acido sulfúrico.—Aceite de vitriolo.** Es el mas importante de los ácidos, y fue descubierto por Basilio Valentin, monge y alquimista.

29. **Preparacion.** El ácido sulfúrico se prepara de dos modos, y segun que se emplea uno ú otro método, se obtienen dos modificaciones distintas, conocidas en el comercio bajo el nombre: 1.° de *ácido de Nordhaussen;* 2.° de *ácido de Francia* ó de *Inglaterra*, ó de *ácido sulfúrico hidratado.*

30. El *ácido de Nordhaussen* se prepara calentando el sulfato de hierro hasta que perdiendo su agua de cristalizacion haya pasado al estado de sulfato férrico, se introduce luego en retortas de barro, y se calienta hasta el rojo blanco. A esta temperatura el óxido férrico es abandonado por el ácido que se recibe en un recipiente de cristal adaptado á la retorta. Este ácido contiene dos modificaciones: la anhidro y la hidratada.

31. Esta es la que se obtiene de la operacion precedente. La *anhidro* se consigue calentando dulcemente la hidratada de Nordhaussen en una retorta provista de un recipiente bien seco, produciéndose una masa de cristalitos semejantes al *abesto.*

(1) Con este motivo le emplean á menudo los traficantes de vinos.

UNIVERSIDAD DE HUELVA 2010

32. **Propiedades.** Espuesto al aire, esparce un humo espeso: á + 18 se liquida: á + 20 su densidad es 1,97. A algunos grados mas de su punto de fusion se volatiliza; y tiene una afinidad tan marcada en el agua, que derramando algunas gotas de esta, presenta el mismo fenómeno que si se introdujese en el agua un hierro ardiendo.

33. **Usos.** Este ácido se emplea para disolver el índigo en su preparacion para la tintura de lana conocida con el nombre de *azul de Sajonia*.

34. *El ácido sulfúrico acuoso inglés ó hidratado (aceite de vitriolo)* se obtiene en los laboratorios por medio del aparato (figura 10). Consiste en un globo B lleno de aire y cerrado con un tapon con tres agujeros, que dan paso á dos tubos encorvados y á un tubo recto que sirve para introducir el aire á voluntad: los otros dos comunican con dos redomitas FF, de las cuales, la una desprende deutóxido de ázoe, y la otra gas ácido sulfuroso. Luego que estos dos gases húmedos llegan al globo B, el aire cede su oxígeno al deutóxido de ázoe y le convierte en ácido hiponítrico. Una parte de este ácido se descompone por el ácido sulfuroso, que se convierte en ácido sulfúrico, y que entonces se une con cierta cantidad de ácido nitroso y agua para formar unos cristalitos blancos que se adhieren á las paredes del globo, y que á su vez se descomponen por un esceso de agua, disolviéndose el ácido sulfúrico, y desprendiéndose deutóxido de ázoe y gas hiponítrico, sobre los cuales el aire y el ácido sulfuroso obran de nuevo.

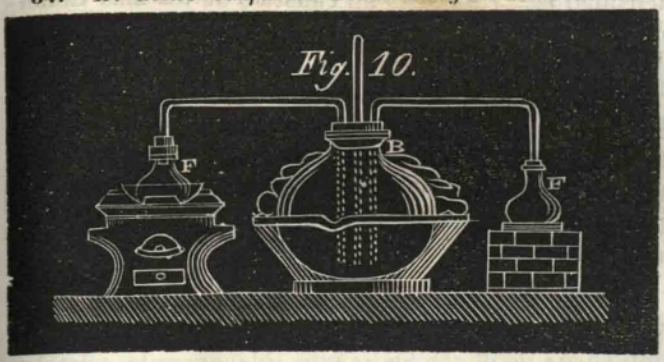


Fig. 10.

35. En las artes se reemplaza el globo con un cuarto tapizado de planchas de plomo, á donde se dirige el ácido sulfuroso y el óxido de ázoe, que provienen de la combustion de ocho partes de azufre y una de nitro. La mayor parte del azufre se convierte en ácido sulfuroso á espensas del oxígeno del aire, y el resto, combinándose con el oxígeno del ácido nítrico, que queda convertido en bióxido de ázoe, pasa á ser ácido sulfúrico, que se une á la potasa del nitro. El bióxido de ázoe y el ácido sulfuroso, hallando en el cuarto aire y humedad, obran el uno con el otro del mismo modo que en el globo, y forman cristales que se disuelven en el agua que contiene el suelo del cuarto, suelo que está ligeramente inclinado para que pueda correr el ácido sulfúrico. Por este medio se obtiene un líquido de una densidad de 40 á 45.° del areómetro de Baumé. Este ácido no es puro, puesto que contiene agua, ácido sulfuroso y nitroso, y sulfato de hierro, plomo, potasa y cal. Se colo-

UNIVERSIDAD DE HUELVA 2010

ca este líquido en una caldera de platino, y se calienta hasta 66.°, con lo cual se estraen los ácidos nitroso y sulfuroso. El ácido sulfúrico que se obtiene es claro, de una consistencia oleaginosa, en cuyo estado se emplea en las artes; pero para los usos químicos se separa con las sales procediendo á su destilacion.

36. **Propiedades.** Este ácido es siempre líquido, blanco, inodoro, de una consistencia oleaginosa, enrojece enérgicamente la tintura de tornasol, y su densidad es=1,842. Es un cáustico de los mas violentos, pues desorganiza rápidamente las materias animales y vegetales; por lo cual es tambien un veneno enérgico. A 12.° se congela y cristaliza, á menos que se le mantenga disuelto en agua, en cuyo caso resiste hasta 0.° Calentado poco á poco se dilata, hierve y se evaporiza sin descomposicion. El oxígeno y el aire no le alteran y solo se apropia su humedad. Aunque el aire le ennegrece, no es efecto suyo, sino de las materias orgánicas que contiene, que se descomponen en agua, que se combina con el ácido, y en carbono, que le da el color negruzco que se observa. El oxígeno, el boro, el carbono, el azufre y fósforo no le descomponen sino á una alta temperatura.

37. El ácido sulfúrico hidratado derramado en el agua se combina con ella, con desprendimiento de mucho calor y disminucion de volúmen. El calor producido es tal, que cuatro partes de ácido y una de agua elevan la temperatura á 105.° Si en lugar de agua se emplea nieve ó hielo en iguales proporciones, la temperatura se elevará mas; pero si se mezclase con proporciones inversas el termómetro baja á —17. Cuando el ácido está disuelto en agua, abandona por el calor un esceso de agua hasta que solo contenga un átomo, en cuyo caso se volatiliza.

38. Los metales le descomponen con facilidad, los unos á la temperatura ordinaria, los otros por medio del calor, de que resultan sulfatos y ácido sulfuroso que se desprende.

39. **Usos.** Son tantos y tan variados los usos á que se aplica el ácido sulfúrico, que, segun la espresion de M. Dumas, un cuadro exacto del consumo de este ácido en los diversos paises presentaria la medida exacta del desarrollo de la industria general. Los químicos le usan ordinariamente como reactivo, y sirve para la formacion de casi todos los ácidos. Se emplea en la fabricacion de la sosa artificial, del alumbre, en la afinadura de la plata; y por decirlo de una vez, casi todas las operaciones de los laboratorios ó de las manufacturas reclaman directa ó indirectamente su auxilio. Algunas gotas de ácido sulfúrico en un litro de agua constituyen la limonada mineral usada en medicina.

40. **Combinaciones del selenio con el oxígeno.** El oxígeno con el selenio presenta tres combinaciones: el *óxido de selenio*, el *ácido selenioso* y el *ácido selénico*.

UNIVERSIDAD DE HUELVA 2010