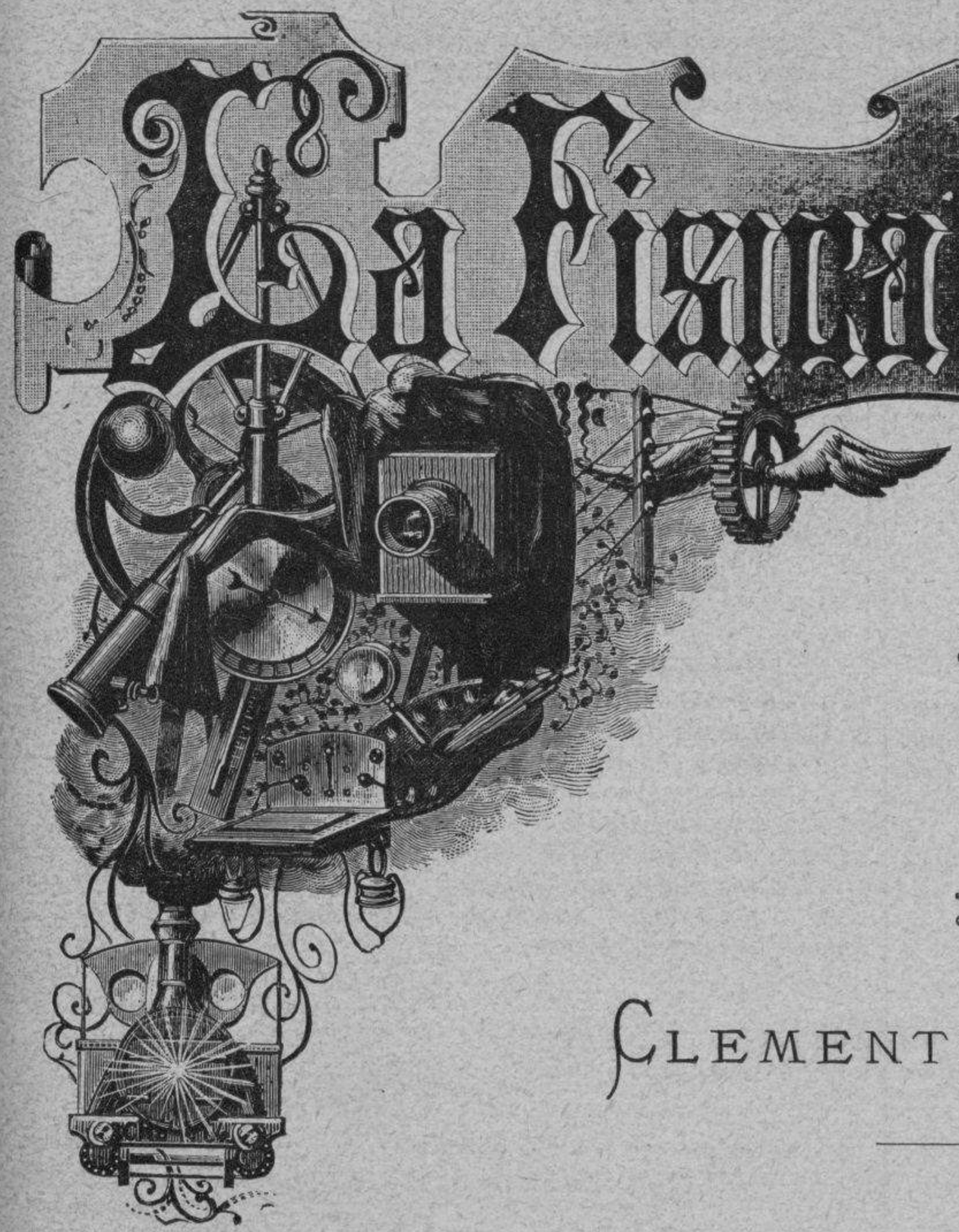
Año II NOVIEMBRE DE 1888 Núm. 13

HEMEROTECA MUNICIPAL MADRID



La Física Moderna

Revista Mensual Ilustrada

Director Gerente

CLEMENTE G. ARAMBURO

BREVE RESEÑA DE ALGUNAS TEORÍAS DE LA QUIMICA

(Continuación)

Importancia de la hipótesis de los átomos.—Demostrada la existencia de los átomos, nos resta hablar algo: 1.° Sobre los caracteres de éstos. 2.° Exponer cómo se interpretan las leyes de la combinación. 3.° Cómo se agrupan los átomos para constituir las moléculas. Y 4.° Estudiar la estructura de éstas. Si á esto añadimos los trabajos recientes del ruso Mendelejeff, que expondremos más adelante, se comprenderá la importancia tan grande que hoy tiene la hipótesis atómica.

Caracteres de los átomos.—Es natural admitir que el átomo goce de las mismas propiedades que el cuerpo de que forma parte; así es que conocidas las de éste, ya tenemos adelantado bastante para saber las del átomo. En cuanto á los cálculos para el volumen y forma, nos parecen completamente gratuitos; sin embargo, citaremos la opinión de Marco Antonio Gaudín en su libro *La arquitectura del mundo de los átomos*, donde dice: «Que de cálculos hechos para determinar el volumen del átomo, resulta que para contar el número de ellos contenidos en un trozo de metal del tamaño de una cabeza de alfiler, suponiendo que en cada segundo se cuenten mil millones, serían necesarios doscientos cincuenta millones de años.»

Prescindiendo, por ser una vulgaridad, del tamaño de dicha cabeza de alfiler, que no determina, se nos ocurre desde luego, que por pequeño que sea ese volumen, ya resulta una cantidad finita, y, por lo tanto, el átomo deja de ser el verdadero elemento del cuerpo, tal cual lo hemos definido; y de no ser así, siempre es lo probable resulten muy erróneos semejantes cálculos.

No sucede lo mismo en cuanto al peso, pues si éste no se puede determinar por ser sumamente pequeño, puede, no obstante, hallarse en relación con el peso de otro átomo; si este segundo lo tomamos por unidad, el valor de dicha relación será el peso del átomo propuesto, lo cual no puede hacerse al tratar del volumen y de la forma.

Una cosa análoga ocurre con el elemento ó diferencia de una función, al cual hemos comparado el átomo, pues su valor no puede hallarse por ser sumamente pequeño, pero sí la relación de los dos incrementos, el de la función y el de la variable por ser cocientes de cantidades del mismo orden.

Esta relación entre el peso de un átamo y el de otro tomado por unidad, se llama *peso atómico* del primero. Se ha convenido en tomar por unidades el peso del átomo de *H*. Bien pronto entraremos en la determinación de pesos atómicos.

Interpretación de las leyes de la combinación por medio de la hipótesis de los átomos.—Hemos demostrado la existencia de los átomos, y de los carac-

M.E.C.D. 2016

teres de éstos hemos dicho cuatro palabras, las que creímos más apropiadas. Nos resta, para acabar de sentar la hipótesis, interpretar por medio de ella las leyes de las combinaciones químicas; exponer de qué manera actúa la afinidad para reunir los átomos y constituir las moléculas, y finalmente, estudiar la estructura de éstas.

13. « Por medio de la hipótesis de los átomos » han recibido una interpretación racional las leyes » de la (química) combinación (1). En efecto; ve- » rificándose ésta por medio de la yuxtaposición, y » no por penetración como creyeron algunos, y no » perdiendo al entrar en la combinación ninguna » parte de su materia, puesto que son indivisibles, » se comprende que han de conservar sus pesos » respectivos y que el peso de una molécula será » igual á la suma de los pesos de los átomos que en- » tran á formarla, quedando por lo tanto explicada » la ley de la conservación de pesos.

» Una misma molécula se formará siempre por » la reunión de los mismos átomos, y como éstos » tienen una misma naturaleza y un peso invaria- » ble, quedará así interpretada la ley de las propor- » ciones constantes y definidas. Además se concibe » perfectamente que los átomos de una molécula » puedan agruparse de diversas maneras, originan- » do cuerpos diferentes, como con unas mismas le- » tras se puedan formar nombres diferentes, y así » se explica la isomeria. Se comprende también fá- » cilmente que puede haber distintas maneras de » agruparse los átomos de los cuerpos simples, pro- » duciendo moléculas constituídas por diferente nú- » mero de aquéllos, según que hayan sido diferen- » tes las causas bajo cuya influencia se hayan re- » unido, y por lo tanto, que esas moléculas, aun » formadas por los mismos átomos (homogéneos), » tengan propiedades distintas y puedan transfor- » marse unas en otras, quedando asi interpretada la » alotropia. Sabemos que la termoquímica inter- » preta de distinta manera la alotropia y la iso- » meria.

» Si los átomos de dos cuerpos se combinan para » dar origen á dos ó más compuestos, se comprende » con facilidad, que uno ó un número cualquiera, » pero constante, de átomos de uno de los elemen- » tos, estará unido en los distintos compuestos á » uno, dos, tres ó más átomos del otro, y por lo » tanto, que las cantidades en peso de éste variarán » en la misma relación que el número de sus áto- » mos, que es lo que expresa la ley de las propor- » ciones múltiples. Verificándose la combinación » por la reunión de átomos, y teniendo éstos un » peso constante, se comprende que un mismo ele- » mento, entre todos los compuestos de que forma » parte, en cantidades, en peso, que serán iguales » entre sí, ó múltiples de esta cantidad, según que » sea un átomo ó más los que entran en la combi- » nación, con lo que queda interpretada la ley de » los números proporcionales.

» Ya se ha visto la relación que existe entre los » volúmenes de los cuerpos en estado gaseoso y sus » átomos, y por lo tanto la importancia de la ley de » Gay-Lussac para la teoría atómica.»

Antes de discutir cómo actúa la afinidad para unir los átomos y constituir las moléculas, diremos algo sobre los pesos atómicos.

Pesos atómicos.—Anteriormente dijimos que se entiende por peso atómico de un cuerpo *M*, la relación entre el peso de un átomo de *M* y el de otro cuerpo tomado como unidad. Se ha convenido en tomar por unidad el peso del átomo de *H* por razones análogas á las que expusimos al tratar de los equivalentes. De modo que al decir que el peso atómico del yodo es 127, queremos dar á entender que el átomo de yodo pesa 127 veces más que el de *H*.

La noción del peso atómico ha venido á reemplazar con ventaja al equivalente de los cuerpos simples, según veremos más adelante.

Determinación del peso atómico de los cuerpos.—No siendo posible hallar el peso de los átomos con relación al gramo por ser cantidades pequeñísimas de materia, hemos derivado la cuestión refiriéndolos al peso del átomo de hidrógeno, y como no es posible pesar más que cantidades finitas de materia, tenemos que buscar dos cantidades que, teniendo el mismo número de átomos, nos darán en la relación de sus pesos la de sus átomos.

Para conseguir lo anterior dividiremos el problema en tres partes.

1.ª Cuerpos gaseosos ó los que sin serlo puedan afectar este estado.

2.ª Cuerpos no gaseosos.

3.ª Cuerpos cristalizados.

Cuerpos gaseosos.—Para hallar el peso atómico de los cuerpos gaseosos nos apoyaremos en el siguiente concepto teórico.

Hipótesis de Avogrado y de Ampere.—Esta hipótesis, que viene á reasumir las leyes de Dalthon (sobre las proporciones en peso) y de Gay-Lussac (proporciones en volumen), la enunció el químico italiano Amadeo Avogrado, hacia el año 1813, de la siguiente manera: «Los gases simples contienen, en igualdad de volumen, de presión y de temperatura, el mismo número de átomos.» Poco después Ampere la hizo extensiva á los gases (simples y compuestos), diciendo: «Los gases simples y compuestos contienen, en igualdad de volumen, de presión y de temperatura, el mismo número de moléculas.»

Se funda esta hipótesis en el hecho de que sometidos los gases á las mismas presiones, se comprimen los mismos, según nos lo indica la ley de Mariotte, y que experimentan una dilatación sensiblemente igual cuando se les expone á las mismas elevaciones de temperatura.

Según esto, dos volúmenes iguales de gases diferentes tendrán el mismo número de átomos, y la relación de sus pesos será la misma que la de los átomos correspondientes.

Cuando tratemos de los pesos moleculares veremos que á esta hipótesis se le han hecho también serias objeciones.

Con estos elementos podemos ya proceder á la determinación del peso atómico de los cuerpos gaseosos. Bastará, pues, tomar dos volúmenes iguales, uno de hidrógeno y otro del cuerpo cuyo peso atómico queremos encontrar; la relación entre sus pesos será la misma que entre el peso del átomo del cuerpo en cuestión y el del átomo de hidrógeno, es decir, el peso atómico buscado si tomamos $H = 1$.

Pero sabemos que el peso es igual al volumen por la densidad, lo cual expresa la fórmula $P = V \Delta$,

(1) Bonilla.

M.E.C.D. 2016

y como tomamos volúmenes iguales, la relación entre los pesos será la misma que la que hay entre las densidades respectivas.

Nos queda, pues, reducido el problema á hallar la densidad relativa de los gases, y para esto echaremos mano de las tablas que nos proporciona la física, en la cual la densidad de los gases y vapores está tomada con relación al aire; fácilmente podremos obtenerlas con relación al hidrógeno, multiplicando aquellas por 14,44, número que expresa el de veces que el *H* es menos denso que el aire.

Así es como se han obtenido, con pequeñas modificaciones que no es del caso enumerar, los pesos atómicos de los cuerpos gaseosos.

Cuerpos no gaseosos.—Para éstos de nada nos sirven las hipótesis anteriores (excepto en los cristalizados, en los cuales también se trata de hallar el mismo número de átomos). Nos valdremos de la ley de Dulong y Petit respecto á los calóricos específicos, que dice:

« Si se multiplican los números que representan » los calóricos específicos de los cuerpos simples, » líquidos ó sólidos, por los que expresan sus pesos » atómicos, se obtiene un producto sensiblemente » constante que ha recibido el nombre de calor atómico. » Este número es 6,4.

Con estos datos ya podemos hallar el peso atómico de los cuerpos no gaseosos. Si representamos de una manera general por *C* los calóricos específicos y por *P* los pesos atómicos, tendremos la fórmula (1) (*a*) $P \times C =$ consistente $= 6{,}4$, de donde $P = \frac{6{,}4}{C}$ que nos da el peso atómico buscado.

La fórmula (*a*) nos dice también que los calóricos específicos están en razón inversa de los pesos atómicos.

Cuerpos cristalinos.—Finalmente, para los cuerpos que cristalicen en un sistema determinado, y como medio de comprobación, podemos hacer uso de la

Ley del isomorfismo ó de Mitscherlich.—« Los » cuerpos isomorfos pueden reemplazarse en un » mismo cristal, sin modificarse la fórmula funda- » mental, aunque los ángulos experimenten algu- » nas veces ligeras alteraciones en su valor, y tie- » nen una composición química análoga estando » formados generalmente por *el mismo número de* » *átomos.* »

Fácilmente se comprende que podemos proceder con dos cristales iguales como con dos volúmenes de gases, puesto que también tienen el mismo número de átomos. La diferencia consiste en que en el primer caso tomaban volúmenes iguales, y por lo tanto, quedó reducido á hallar la densidad relativa de los gases; y ahora sólo se exige que los cristales pertenezcan al mismo sistema y hay que hallar por medio de la balanza la relación entre sus pesos.

Pesos moleculares.—Se llama peso molecular de un cuerpo *M*, la relación entre el peso de la molécula de este cuerpo y el de la de otro, tomado como unidad.

Análogamente á lo que dijimos al tratar de pesos atómicos y de los equivalentes, se ha tomado como unidad el peso de la molécula de hidrógeno. Así, pues, se llama peso molecular de un cuerpo á la relación entre el peso de la molécula de ese cuerpo y la del hidrógeno tomado por unidad. Por lo tanto, al decir que los pesos moleculares del agua y del amoníaco son iguales á 18 y 17, queremos dar á entender que la molécula del agua H^2O y la del amoníaco NH^3 pesan más que la molécula de *H* 18 y 17 veces respectivamente.

Algunos autores (entre ellos Grimaux) tratan de los pesos moleculares primero que de los atómicos, fundados en que es el átomo la menor cantidad de materia que encierra la molécula; pero se comprende sin dificultad que se puede seguir uno ú otro camino, pues los pesos moleculares deben hallarse independientemente de los atómicos y viceversa. A primera vista parece ser que determinados los pesos atómicos, no hay necesidad de hallar los moleculares, porque bastará sumar los pesos de los átomos que constituyen la molécula para obtener el de ésta; pero entonces los pesos moleculares vendrían á depender de las hipótesis que se hagan respecto al número de átomos que entran en la molécula, número que sobre ser variable, según las especies, no todos los químicos admiten el mismo, como veremos; sin embargo, aquellos compuestos cuya fórmula esté admitida por los químicos bastará sumar los pesos de sus átomos, y tendremos el peso molecular (1) como comprobación al hallado directamente, ventaja que no tienen los que determinan primero los pesos moleculares (excepto cuando se trata de cuerpos simples).

Determinación de pesos moleculares.—Para la determinación de los pesos moleculares nos valdremos de las mismas leyes que nos han servido para hallar los pesos atómicos; pues al tratar de cuerpos gaseosos ó en estado de vapor, dijimos que, según Ampere, á igualdad de volumen, de presión y de temperatura, los gases compuestos tenían el mismo número de moléculas, y para los cuerpos no gaseosos, la ley de Dulong y Petit la podemos aplicar, pues, según Regnaul, *los calóricos específicos de los cuerpos compuestos están en relación inversa de sus pesos moleculares.*

Según la ley de los volúmenes ó de Gay-Lussac, los cuerpos gaseosos que se unen en la relación más sencilla de volumen, son los que lo verifican en volúmenes iguales y sin contracción; y la expresión también más sencilla es la que resulta de la unión de un volumen de cada elemento para formar dos volúmenes del cuerpo resultante, y no concibiéndose que los cuerpos entren en las combinaciones en cantidades menores de las que representan sus pesos atómicos, se deduce que cada molécula está constituida á lo menos por dos volúmenes.

Tratándose de cuerpos simples, ya había demostrado Gerhardt que la menor cantidad de elios que entra en la constitución de los cuerpos compuestos está representada por dos volúmenes. Dicho químico observó, en efecto, que las substancias orgánicas se descomponen en agua y ácido carbónico, y producen

---

(1) Esta constante 6,4 la llaman los químicos *calor atómico.*

(1) Hacen excepción á esta regla muchos cuerpos; entre los simples, el fósforo, el arsénico, el mercurio y el cadmio, etcétera; y entre los compuestos, el cloruro amónico, el ácido sulfúrico, el cianuro amónico y el percloruro de fósforo por estar sus moléculas referidas á 4 volúmenes.

M.E.C.D. 2016

cantidades de estos cuerpos múltiplos de 2, y que el ácido carbónico entra en todas las substancias orgánicas en cantidades que son múltiplos de 2 (1).

« Berzelius (2) aceptó las fórmulas referidas á » cuatro volúmenes (reducidas por Gerhardt á dos » volúmenes para todos los cuerpos gaseosos), porque en los compuestos en que entraban dos elementos, de los que su equivalente le constituían » dos átomos, por ejemplo: el Cl^2 se unía directamente al H^2, formando el Cl^2H^2, y Cl^2 y H^2 representaban el equivalente del cloro y del hidrógeno, ó sea la menor porción posible de estos » cuerpos que podía entrar en combinación. Gerhardt, para salvar este inconveniente, admite el » átomo de hidrógeno y la molécula del hidrógeno, » la cual está formada por dos átomos; la parte más » pequeña de los cuerpos compuestos es también » una molécula, constituída por átomos de cuerpos » simples. Estos cuerpos simples pueden tener átomos y moléculas; los cuerpos compuestos sólo » tienen moléculas. La molécula de agua H^2O está » formada por dos átomos de H y uno de O. La molécula del cloro Cl^2 está formada por dos átomos » de cloro.

» La molécula de hidrógeno está formada por dos » átomos de hidrógeno.»

Algunos admiten también el volumen molecular $= 8$ para algunos compuestos; pero nosotros, para evitarnos confusión y hasta que salgan á luz los resultados dudosos de las discusiones entabladas al efecto, supondremos que las moléculas están constituídas por dos volúmenes, que es el número admitido por la generalidad de los químicos.

Cuerpos gaseosos —Después de lo dicho, fácilmente determinaremos los pesos moleculares de los cuerpos en los gaseosos. Partiendo de consideraciones análogas á las expuestas cuando se trataba de pesos atómicos, nos queda reducido el problema á hallar la relación de densidades, respecto al hidrógeno, y multiplicar dicha relación por 2, pues ya hemos dicho que las moléculas se suponen constituídas por dos volúmenes.

Si hacemos uso de las tablas que nos proporciona la física con relación al aire, para obtener las densidades con relación al hidrógeno habrá que multiplicar por 14,44 y el peso molecular le hallaremos volviendo á multiplicar por 2; estas dos operaciones se reducen á una, multiplicando por 28,88 las densidades con relación al aire.

Como comprobación, el número obtenido debe ser igual á la suma de los pesos atómicos de los elementos que constituyen la molécula, excepto cuando alguno de ellos tenga un volumen molecular mayor que 2, ó cuando el compuesto es de los que hacen excepción.

(1) Fundado en esto, duplicó los pesos atómicos de los cuerpos (que estaban determinados con relación al $O = 100$), y en vez de ser dichos pesos $O = 100$, $C = 75$ é $H = 6{,}25$, ó lo que es lo mismo, $O = 8$, $C = 6$ é $H = 0{,}5$ con relación á H, debía tomarse el doble para los pesos atómicos $O = 16$, $C = 12$ é $H = 1$. De aquí el que los pesos atómicos que resultaban iguales á la mitad del equivalente viniesen á ser iguales á ellos, y los que eran iguales al equivalente tomaban un valor doble. Sin embargo, hay cuerpos que hacen excepción.

(2) *Soler*, «Teorías de la Química», pág. 46.

Cuerpos no gaseosos.—Para determinar el peso molecular de los cuerpos no gaseosos tendremos en cuenta la ley de Regnault, análoga á la de Dulong y Petit. Al tratar de los pesos atómicos, vimos que $P = \frac{6{,}4}{C}$, siendo P el peso y C el calórico específico y 6,4 una constante que llamamos calor atómico. Procediendo de la misma manera, encontraríamos que el peso molecular es igual al calor molecular dividido por el calórico específico. Este último le conocemos para cada substancia; nos queda por determinar el calor molecular (1).

Según Vœstyn, los elementos conservan su calor específico propio en las combinaciones, de donde se deduce que el calórico específico de los cuerpos compuestos es la suma de los calóricos específicos de los elementos que la constituyen, y por lo tanto el calor molecular será igual á la suma de los calores atómicos; como éstos son iguales por término medio á 6,4, el calor molecular será igual á $6{,}4 \times m$, siendo m el número de átomos que componen la molécula.

Por ejemplo, en el ácido yodhídrico $I\,H$, cuyo calórico específico es $= 0{,}1$, y el calor molecular $= 6{,}4 \times m = 6{,}4 \times 2 = 12{,}8$, tendremos:

$$\text{peso molecular} = \frac{12{,}8}{0{,}1} = 128.$$

Este número 128 vemos que es efectivamente la suma de los pesos atómicos del H y del I.

M..... 1
I..... 127
} $I\,M = 128$, lo cual puede servirnos de comprobación.

También al determinar los pesos moleculares debe echarse mano de cuantos medios se tengan al alcance, porque tienen una importancia capital para determinar las fórmulas de las especies químicas.

La misma analogía que existe entre el equivalente de los cuerpos simples y sus pesos atómicos, hay entre el equivalente de los cuerpos compuestos y sus pesos moleculares. Las nociones del peso atómico y molecular reemplazan con ventaja á la del equivalente de los cuerpos simples y compuestos, como vamos á ver muy pronto.

Comparación entre el equivalente de los cuerpos simples y los pesos atómicos.—Entre las muchas ventajas que tienen los pesos atómicos sobre los equivalentes citaremos las más importantes:

1.ª Los equivalentes nos indican la relación ponderal, según la cual se combinan los cuerpos, ó se reemplazan los unos á los otros en las combinaciones; pero sólo nos dan dicha relación, mientras que los pesos atómicos nos dan al mismo tiempo la relación en volumen.

Por ejemplo, supongamos que el átomo de oxígeno goza de las mismas propiedades que el del hidrógeno, y que por lo tanto pueden sustituirse en las combinaciones. La experiencia demuestra que 8 partes en peso de O reemplazan 1 de H; de donde se deduciría que el peso atómico del oxígeno es 8. Admitamos ahora que para reemplazar un átomo de O se necesitan 2 de H. Como 1 en peso de H ha

(1) Este calor molecular es una constante para los cuerpos que tengan fórmulas análogas, ó como diremos más adelante, derivados del mismo tipo

M.E.C.D. 2016

sustituído á 8 de *O*, 2 de *H* lo harán á 16 de *O*, lo cual nos diría que el peso atómico del *O* es = 16.

Según esto, si el átomo de *O* es sustituído por 1 ó por 2 de hidrógeno, su peso atómico será respectimente 8 ó 16, ventaja indiscutible sobre los equivalentes, que no expresan más que una relación ponderal sin consideración de átomos y que en los dos casos sería igual á 8.

2.ª Los equivalentes no tienen para nada en cuenta las relaciones físicas de los elementos, relaciones que han precedido á la determinación de pesos atómicos; prescinden de las densidades de los gases y están en contradicción con la ley de isomorfismo.

3.ª Tampoco están conformes con la ley de Dulong y Petit.

4.ª Los pesos atómicos cumplen perfectamente las leyes de Dulong y Petit, y del isomorfismo; y

5.ª Como veremos muy pronto, existen entre los pesos atómicos y las propiedades físicas y químicas de los cuerpos, relaciones notables, que han puesto de manifiesto Mendeléjeff y Lothar Meyer.

Comparación entre el equivalente de los cuerpos compuestos y los pesos moleculares.—Las primeras ventajas enunciadas anteriormente son ahora aplicables á los pesos moleculares.

Los equivalentes de los cuerpos compuestos indican volúmenes diferentes de los gases, y los pesos atómicos, volúmenes iguales.

La ley de Regnault, análoga á la de Dulong y Petit, no se satisface por los equivalentes y sí por los pesos moleculares; para cumplirla necesitan aquéllos una modificación.

Y finalmente, si hacemos la comparación bajo el punto de vista de la notación química, fácilmente se comprenderá que no tienen ventaja los equivalentes.

No se crea, por lo expuesto, que tratamos de quitar su importancia á la teoría de los equivalentes. Ante todo, los equivalentes fijan relaciones ponderales, que eran indispensables al desenvolvimiento de la química, y por consiguiente, llenaron una necesidad imperiosa. Si después, al reaparecer los pesos atómicos, hemos creído que cumplen mejor su objeto, es lógico sustituir aquéllos por éstos. Sin embargo, aun tienen la teoría de los equivalentes químicos ilustres defensores.

Dinamicidad.—Veamos cómo actúa la afinidad para unir los átomos y constituir las moléculas.

Al hablar de la escala electro-química dijimos que ésta fué una necesidad para determinar qué cuerpos se unirían para constituir uno solo (dualismo) cuando habiendo tres en presencia, hubiera de quedar uno libre. Por ejemplo, con Cl^2, H^2 y O se puede formar $Cl^2O + H^2$, $Cl^2 + H^2O$ y $2\,ClH + O$; y sin embargo, sólo debería formarse uno. Esta fuerza de atracción relativa de unos átomos respecto á otros se llama afinidad electiva.

Pero aun hay que distinguir en los átomos otro carácter notable, y es el número de ellos de un cuerpo que se une al átomo de otro, el cual es constante, si se ha de obtener un compuesto estable; es decir: que cada átomo está dotado de una capacidad de saturación, de un número de centros de atracción, merced á la cual se puede unir á uno ó varios átomos de otro cuerpo.

Este segundo aspecto de la fuerza de atracción ha recibido el nombre de atomicidad.

Según esto, cuando el átomo de un cuerpo se satura con un átomo de hidrógeno, se dice que es monoatómico, monodínamo ó monovalente, tomando, según se ve, el átomo de hidrógeno por unidad, como hemos hecho al tratar de pesos atómicos y de los equivalentes. Cuando necesita dos átomos de *H* para saturarse, se llama didínamo di-atómico ó vivalente, y así sucesivamente se llamarán triatómicos, tridínamos ó trivalentes, tetra-atómicos, tetradínamos, etc., según necesiten para saturarse de tres, cuatro, etc., átomos de hidrógeno.

A su vez los átomos de hidrógeno pueden ser sustituídos por los de otro cuerpo, de modo que uno de *H* puede reemplazársele por otro átomo monodínamo. Dos por uno didínamo ó dos monodínamos, tres por tres monodínamos ó por uno monodínamo y otro didínamo, y así sucesivamente.

Cuando todas las dinamicidades de los átomos que forma un compuesto, están satisfechas, se forman cuerpos fijos estables á la temperatura ordinaria (salvo algunas excepciones), y si se trata de moléculas, se las llama cerradas ó completas.

Cuando queda alguna dinamicidad por saturar, se obtienen las moléculas incompletas ó abiertas, que también se llaman radicales químicos. Entre éstos están comprendidos los cuerpos simples, pues es claro que sus dinamicidades están por saturar.

Ejemplos de radicales químicos son todos los cuerpos simples *H*, *Fl*, *Cl*, *Br*, etc., y entre los compuestos, el oxidrilo, el sulfurilo, el nitrilo, etc.; el amonio, el arsenio, etc.

Nada diremos respecto á la representación de las moléculas por no dar demasiada extensión á este escrito.

Determinación de la dinamicidad de los cuerpos.—Poco hablaremos de la determinación de las dinamicidades, concretándonos tan sólo á indicar la marcha general.

Bastará hallar el número de átomos de hidrógeno necesario para saturar el del cuerpo en cuestión.

En los cuerpos gaseosos sabemos que á igualdad de volumen, de presión y de temperatura, contienen el mismo número de átomos; por lo tanto, á igualdad de presión y de temperatura, pero doble volumen, corresponderá doble número de átomos: á tres veces el volumen, triple número de átomos, y así sucesivamente.

Tomaremos, pues, un volumen determinado del cuerpo cuya dinamicidad queremos encontrar, y veremos cuánto hidrógeno es necesario para saturar aquel gas. Si la relación entre los volúmenes del hidrógeno y del cuerpo en cuestión es = 1, éste es monoatómico; si 2, diatómico, etc.

Cuando el cuerpo se combina con dificultad con el *H*, hallaremos su dinamicidad valiéndonos de otro, como el cloro, en que sea conocida aquélla, obteniéndose así por sustitución la dinamicidad del cuerpo que se estudia.

Para los cuerpos no gaseosos ni que puedan afectar este estado, nos valdremos también de otro cuya dinamicidad se ha determinado de antemano.

Y finalmente, los procedimientos más generales y seguros son los de análisis y síntesis de los compuestos (á ser posible binarios, para mayor sencillez) del elemento cuya dinamicidad buscamos.

De la notación y nomenclatura químicas sólo

M.E.C.D. 2016

diremos que al crearse la nueva teoría y apropiarse el cuerpo de doctrina que nos dejaron nuestros antepasados, era natural modificarla convenientemente para que estuviere conforme con los principios modernos, adicionándole las ecuaciones con coeficientes indeterminados, y la teoría de los tipos ó metalepsia de Dumas, de las cuales no trataremos por no ser este nuestro objeto.

(Se concluirá.)

SENÉN MALDONADO.

FORMAS FÍSICAS HIPOTÉTICAS DE LA MATERIA

I. — ESTADO ULTRAGASEOSO

(Continuación)

3.°—*Hipótesis de Crookes*

13.—A.—Estamos, pues, en presencia de hechos interesantísimos que vagan por los alrededores, aunque claramente fuera, de la región de los fenómenos encadenados dentro de las teorías físicas; y tan difíciles, sueltos é informes, que los más delicados medios de laboratorio y el poderoso recurso del cálculo matemático no han podido, en cerca ya de dos lustros, ni disecarlos en términos que del análisis resulte campo de abundante y fructífera investigación, ni sintetizarlos en una teoría expresión de relaciones indiscutibles entre los mismos.

Crookes, sin embargo, observando que los hechos en cuestión ofrecen de común el presentarse cuando los gases están muy dilatados, y que en conjunto parecen acusar un cambio de propiedades, á partir del estado gaseoso, igual, si no mayor, al que tiene lugar cuando los líquidos pasan á gases, ó los sólidos á líquidos, ha aventurado la hipótesis de que por la vía de la expansibilidad ó del enrarecimiento los gases dejan de serlo, y la materia que los constituye adquiere una nueva forma física á que ha dado el nombre de *ultragaseosa*.

La característica de este estado es, para Crookes, que el *camino medio libre* de las moléculas alcanza longitudes comparables á las dimensiones de la vasija que contiene el ultragás.

B.—Recordando la teoría de los gases se penetra sin dificultad en los dominios de la hipótesis de Crookes.

La ley de Maxwell supone que el camino medio libre entre dos colisiones moleculares es muy pequeño en relación con las distancias entre las paredes de las vasijas y recintos ordinarios: y la mayor compresibilidad de la casi totalidad de los gases, respecto de lo que la ley de Mariotte exige, se explica como un efecto de cohesión hijo de la frecuencia inmensa de las colisiones, merced á la cual resulta en cierto modo normal é insignificante la magnitud de las distancias moleculares.

Admítese que el camino medio libre aumenta proporcionalmente á la expansión; pero que las distancias entre las moléculas varían sólo como la raíz cúbica de la misma.

Y si consideramos exactos los coeficientes de rozamiento interior, ó viscosidad, de los gases más comunes, determinados por Meyer, tendremos que, á 760^{mm}, el camino medio libre de las moléculas de oxígeno, nitrógeno, etc., es próximamente $\frac{1}{10.000}$ de milímetro.

De todo lo cual se deduce la posibilidad de llegar, con auxilio de la máquina neumática, á un residuo gaseoso en que el camino medio libre esté expresado en centímetros, y aun en metros; las colisiones disminuyan hasta el extremo de que sea mucho mayor el número de las que dejan de verificarse que el de las efectivas; y, como resultado de semejante libertad é independencia de las moléculas, desaparezcan todo efecto de cohesión, la ley de Maxwell y otras propiedades de los gases.

Pues el camino medio libre, del oxígeno por ejemplo, á $\frac{1}{10.000}$ de atmósfera será 0^m,001; 0^m,1 á $\frac{1}{1.000.000}$; y 10 m. á $\frac{1}{100.000.000}$. Presión esta última fácil de obtener con las máquinas y trompas de mercurio combinadas, é igual á la de la atmósfera á 120 km. de altura.

Tal es la materia en estado ultragaseoso.

14.—El tránsito de un gas á ultragás no irá acompañado de la absorción de cierta cantidad de calor, análoga al de fusión y vaporización, porque ningún trabajo mecánico se realiza.

Como en los gases, según Clausius, el número de moléculas que recorren en línea recta distancias superiores al camino medio libre es inferior al número de las que describen trayectorias más pequeñas en la relación de 0,3679 á 0,6321, sólo una cifra insignificante de tales partecillas podrá llegar alguna vez á apartarse de su posición inicial una cantidad medible; de donde resulta que la esencia y fundamento de la gaseidez debe radicar forzosamente en la frecuencia de las colisiones y en lo pequeño del camino libre; y también que las propiedades características de los gases desaparecerán por necesidad, ó se modificarán profundamente, para dejar plaza á otras, en cuanto, disminuída la rapidez de las colisiones, todas las moléculas recorran grandes distancias y choquen, antes que entre sí, contra las paredes de la vasija.

El cambio al estado ultragaseoso no supone, pues, otra cosa que una variación del número de colisiones; y esto no representa un trabajo comparable á la fusión y á la volatilización, aunque sea lo bastante para borrar más ó menos por completo los caracteres de la forma gaseosa.

15.—A.—Pudiera creerse que en los vacíos extremados no quedan átomos bastantes para constituir una masa susceptible de ser acusada por fenómenos mecánicos apreciables (que no otra cosa son las propiedades de los cuerpos). Y aunque contra la disminución de materia cabe la compensación indefinida del aumento de velocidad, es además fácil convencerse de la clase de empresa que representa el agotamiento de la materia en una vasija.

B.—*a*.—Como resultado de largos y sagacísimos cálculos, Clausius ha llegado á establecer que el camino medio libre, l, es al radio, ρ, de la esfera de acción de cada molécula, como el espacio total ocupado por el gas es al volumen correspondiente á la

M.E.C.D. 2016

suma de las esferas de acción de todas las moléculas. De modo que, representando por n el número de dichas partecillas contenidas en la unidad de volumen y por $\frac{1}{n}$ el volumen de cada una con su esfera de acción, tendremos:

$$\frac{l}{\rho} = \frac{1}{n\frac{4}{3}\pi\rho^3};$$

ó bien

$$n\,l = \frac{3}{4\pi\rho^2}.$$

b. — Comparando Violle los experimentos de Quincke y Plateau, ha deducido que el valor de ρ es sensiblemente el mismo para todos los cuerpos é igual á cinco centésimas de micrón,

$$0^{\mu},050;$$

es decir,

$$0^{mm},000.050.$$

c. — De modo que, fijándonos en el oxígeno á 760^{mm}, si sustituímos valores en la ecuación anterior, tendremos:

$$\frac{n}{10.000} = \frac{3}{4\times3,14159\times0,000.000.002.500};$$

y para n (número de moléculas contenidas en un milímetro cúbico) esta cifra aproximada:

960,000.000,000.

C.—Las consideraciones y experiencias que concurren á la investigación del número de moléculas de un gas estiman las hipótesis y los errores de observación en forma que el resultado represente un mínimo. Aun así y todo vemos que un pequeño tubo de Geissler de 100^{cm3} contiene

96,000.000,000.000,000.

moléculas. Cantidad enorme de que apenas hay medio de formarse idea exacta en la realidad. Suponiendo que el año tiene 31.536.000 segundos, y que en cada segundo saliera del tubo en cuestión *un millón* de moléculas, serían precisos más de *tres mil* años para desalojar tan pequeña capacidad.

Por consiguiente, en los vacíos extremados queda indudablemente *sujeto* bastante para el estado ultragaseoso.

16.—A.—Faltando línea divisoria propiamente dicha entre los gases y los ultragases, no hay error si se afirma que ambos pueden coexistir en un recipiente. Al menos, por el hecho de que tales estados se suceden de una manera gradual, debe ocurrir que entre ciertos límites de presión sea posible observar al mismo tiempo fenómenos debidos al gas y al ultragás que, mezclados, llenan la vasija.

B.—Como el inmenso número de colisiones que cada molécula de un gas sufre en la unidad de tiempo es causa de que el fluido se constituya por el hecho, no por las causas, parecidamente á una masa continua (en el sentido que este adjetivo tiene aplicado á los cuerpos líquidos y á los sólidos), las propiedades de la materia deben quedar poco menos ofuscadas en los gases que en los sólidos y en los líquidos.

Por el contrario, cualquier cantidad de ultragás, siendo sólo una colección de moléculas libres, reunidas condiciones adecuadas para que las propiedades de la materia se presenten con la franqueza consiguiente al aislamiento de las partecillas ó elementos químicos que forman la masa.

C.—En resumen, para Crookes, los cuerpos ultragaseosos son conjuntos de moléculas animadas de movimientos de traslación, que chocan entre sí (como no puede menos), pero tan pequeño número de veces, relativamente, que el camino medio libre está representado por distancias comparables á las dimensiones del recipiente; y en tal estado la materia puede ofrecer más al desnudo que en las otras formas físicas fenómenos relacionados con sus propiedades.

4.°—*Materia radiante.*

17.—A.—Aunque es frecuente aplicar al *estado ultragaseoso* la denominación de *materia radiante*, nosotros designamos con esta expresión á los ultragases sometidos á la acción de la descarga ó corriente de un carrete de inducción, ó de una máquina de Holtz, ó de otro análogo manantial eléctrico, estableciendo una distinción del orden de la que existe entre el *viento* y el aire atmosférico.

B.—Por lo demás, si fenómenos hay sorprendentes y extraordinarios, pocos seguramente, ó ninguno acaso, lo son en el grado que los de la materia radiante, conforme veremos en seguida.

La presión adoptada por Crookes como normal para estos experimentos, es 1^{M}, poco más ó menos: vacío en el cual ni el radiómetro funciona, ni la descarga luminosa se verifica, y la viscosidad se anula, y la conductibilidad calorífica y eléctrica cambian por completo de mecanismo.

Las pequeñas capacidades ó aparatos de materia radiante son de vidrio, á modo de tubos de Geissler, con eléctrodos de platino, en razón á la mayor garantía que para la conservación del vacío ofrece este metal por la casi igual dilatabilidad del mismo y del vidrio (1).

---

(1) Los elementos de que hemos podido disponer en el pasado curso de 1887 á 88 para repetir estos célebres experimentos de Crookes, han sido los siguientes:

Una colección de tubos de materia radiante, construídos por la casa alemana Leppin et Masche, con destino á nuestro Gabinete de Física, en virtud de encargo expreso de los Sres. Aramburo hermanos.

Ocho pares de Bunsen, de 27 centímetros de altura y 20 de diámetro, con cabida de 3,5 á 4 litros de agua acidulada y 1 á 1,2 litros de ácido nítrico. Acidulamos el agua al décimo en peso. Obtuvimos el mayor resultado montándolos en tensión, y en algunas experiencias no fueron precisos los ocho pares.

Dos carretes de Ruhmkorff, que generosamente nos cedieron en calidad de préstamo los Sres. Aramburo. De estos aparatos sólo podemos decir que la bobina del uno tenía 30 centímetros de longitud y 12 de diámetro, y la del otro 20 por 10. Con los ocho Bunsen daba el primero gruesas chispas de 3,5 á 4 centímetros; y el segundo descargas más delgadas pero algo mayores. Con ambas hemos conseguido resultados casi iguales.

Para los tubos de Crookes hemos dispuesto unos amplios soportes de madera armados de presas (bornes) de latón, relacionadas permanentemente con los eléctrodos de platino por medio de alambre de cobre de $^1/_4$ de milímetro de diámetro, cubierto de seda.

Con gusto consignamos además el inteligente concurso que debimos á nuestro distinguido ayudante el Dr. D. José Ruiz Castizo y Ariza.

M.E.C.D. 2016

18.—*Espacio obscuro en el polo negativo.*—El tubo vacío que representa la fig. 4 contiene un disco

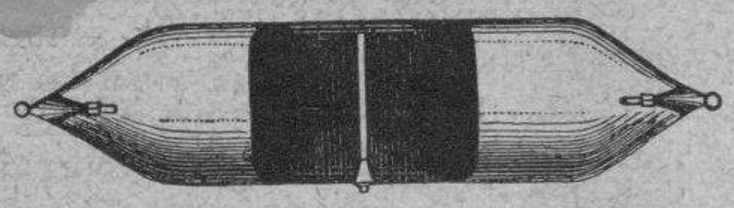


Figura 4.ª

metálico que se ve de perfil en medio de su longitud, dispuesto para servir de eléctrodo negativo; y en sus extremos lleva otros eléctrodos que se ponen en comunicación entre sí y con el polo positivo del carrete de Ruhmkorff. En estas condiciones se observa una iluminación general, pero que no nace en el disco metálico, sino á cierta distancia del mismo. Cuando el enrarecimiento es poco considerable el espacio obscuro apenas se extiende; pero en el tubo con que hemos experimentado llegaba por uno y otro lado á unos 2^{cm}, si bien la obscuridad no se marcaba de modo muy notable.

Crookes explica este fenómeno admitiendo que las moléculas del ultragás se electrizan al contacto con el polo negativo y son lanzadas del mismo con gran velocidad, pero sin ofrecer fenómeno alguno luminoso mientras no entran en colisión. En tal supuesto el espacio obscuro viene á dar la medida del camino medio libre de las moléculas, y debe agrandarse á medida que el vacío se extrema, como realmente sucede.

19.—*Acción fosforescente de la materia radiante.*—El experimento anterior *acusa* un abundante residuo de moléculas que al detener á las lanzadas por el disco central determina la producción de luz; pero exagerando más aun el vacío, llegará el caso de que las partículas proyectadas no tropiecen sino en las paredes del tubo, y entonces se presenta otro fenómeno nuevo, la fosforescencia del vidrio, evidenciando que el choque de la materia radiante contra un residuo gaseoso ó contra un sólido los hace indistintamente luminosos.

La fig. 5 representa tres capacidades de vidrios

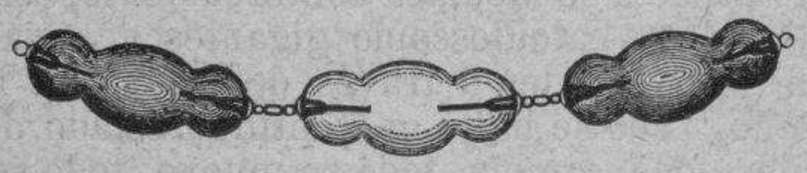


Figura 5.ª

diferentes que puestos en comunicación por los eléctrodos extremos con la máquina de inducción ofrecen fosforescencias verde y azul.

Son muchas las substancias que sometidas al bombardeo de la materia radiante se hacen luminosas. Crookes posee un diamante que, convenientemente experimentado en un tubo vacío, arroja destellos de color verde claro más brillantes que los de una bujía. El sulfuro de calcio preparado por el mótodo de Becquerel fosforesce también, con luz blanca azul, de una manera intensísima. Los señores Leppin et Masche nos han proporcionado un tubo conteniendo un trozo de phenakita (aluminato de glucina, mineral raro), que presenta una fosforescencia azulada muy débil; por más que habiendo aparecido todo el tubo lleno, en nuestros experimentos, de cierta luminosidad violácea, indicadora de poca perfección de vacío (1), nos quedan dudas respecto del verdadero efecto de la materia radiante sobre dicha substancia.

La fig. 6 representa la disposición adoptada por

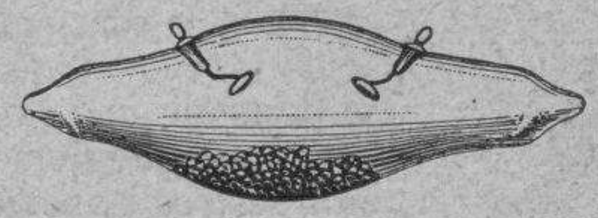


Figura 6.ª

Crookes para demostrar la fosforescencia del rubí, que es brillante y de un tono rojo magnífico. Teniendo en cuenta que esta piedra preciosa es alúmina cristalizada y teñida por insignificante cantidad de materia colorante, el mismo físico ha sometido el óxido en cuestión, obtenido en el laboratorio, á la influencia de la descarga molecular, y observado la fosforescencia del rubí á la temperatura del blanco.

La fig. 7 reproduce un tubo destinado á poner en

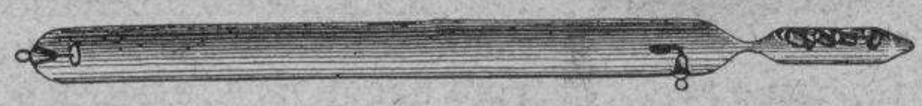


Figura 7.ª

evidencia la relación que existe entre el grado de enrarecimiento y la fosforescencia del vidrio. Comunica por uno de sus extremos con otro tubo más pequeño que contiene fragmentos de potasa cáustica; y el vacío en su interior es tan perfecto que al aplicar los polos del carrete no se observa efecto alguno. Pero si á la vez calentamos gradualmente el tubito lateral, la potasa desprende alguna cantidad de vapor acuoso y aparece la fosforescencia verdosa del vidrio, primero; después palidece ésta. y el aparato se llena de una especie de bruma luminosa; más tarde se presentan estratificaciones; y por último la descarga eléctrica se manifiesta bajo la forma de una raya rojo-púrpura que atraviesa el tubo. Dejando entonces de calentar la potasa los mismos fenómenos se reproducen, aunque en orden inverso, merced á la reabsorción paulatina del vapor de agua.

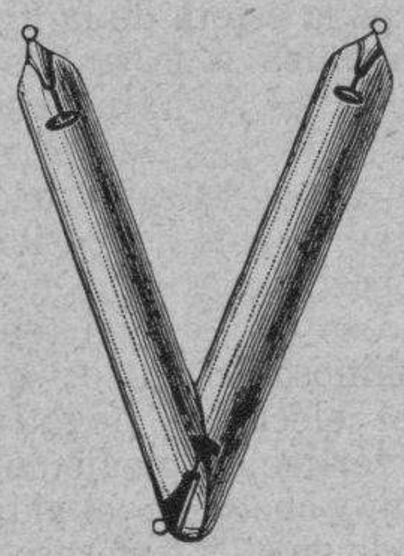


Figura 8.ª

20.—*La materia radiante se mueve en línea recta.*—La incapacidad de la materia radiante para apartarse de la línea recta se demuestra con el tubo de que da idea la fig. 8. Los eléctrodos tienen la forma de pequeños discos; el

(1) Es de advertir que después de experimentar algunas veces con los tubos de Crookes el aire empieza á entrar por la unión del vidrio con los alambres de platino y se van convirtiendo en verdaderos tubos de Geissler.

M.E.C.D. 2016

del vértice es el positivo; y si hacemos que funcione como negativo el superior de la derecha, la rama del mismo lado se inunda de luz amarillo-verdosa, y la izquierda permanece obscura, ó á lo sumo aparece llena de una neblina azul-pálida. Para que el fenómeno se invierta basta trasladar el polo negativo al eléctrodo superior de la izquierda; pero queda evidenciado de ambas maneras que la iluminación debida á la corriente molecular se detiene en el vértice y rehusa pasar de una rama á otra

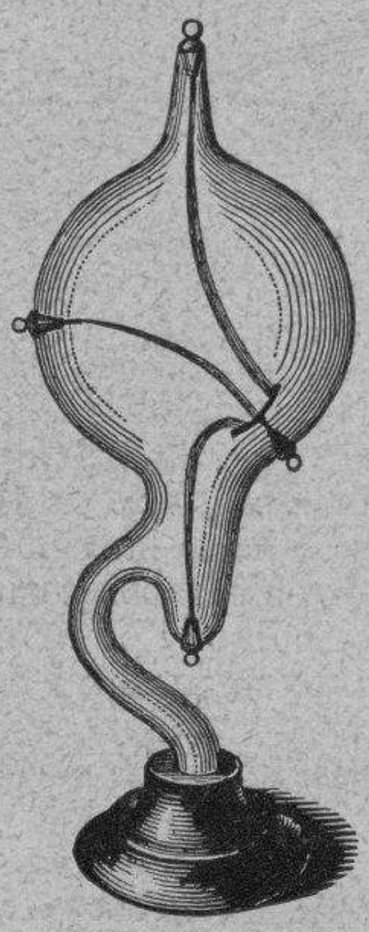


Figura 9.ª

El tubo que hemos empleado en nuestros experimentos funciona con alguna imperfección por no estar suficientemente vacío.

Es costumbre dar á los tubos de Geissler curvaturas complicadas, para poner de manifiesto que la luminosidad fosforescente del gas enrarecido sigue todas las circunvoluciones y obedece principalmente á la acción del polo positivo.

Crookes demuestra esto mismo por medio de la capacidad esférica de la fig. 9, en la cual practica un vacío ordinario ó de pocos milímetros, y hacen, de polo negativo el eléctrodo capsular de la derecha, y de positivo, indistintamente, el superior, inferior ó de la izquierda. La luminosidad que se lanza de uno á otro polo es estratificada y cambia de dirección según la posición del positivo; y por lo que hace á nuestras observaciones podemos añadir que las estrías son alternativamente violadas y rojas (estas últimas acusan el nitrógeno), y que el experimento resulta de una belleza sorprendente.

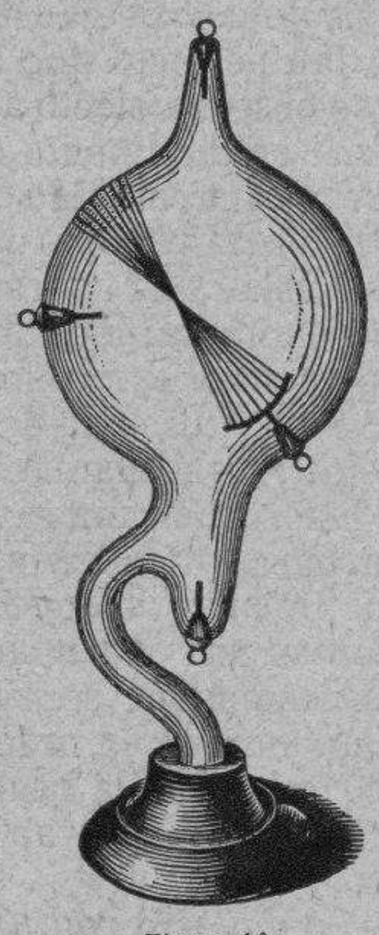


Figura 10

El contraste con lo que sucede cuando la materia que llena el recinto es ultragaseosa, se observa en la esfera de la figura 10, idéntica á la anterior, pero en la cual se ha practicado el vacío de 1ᵐ. Desaparece todo vestigio de estratificación; resulta indiferente la posición del polo positivo; y como único fenómeno se percibe un tenue cono luminoso violáceo, que parte del eléctrodo negativo, tiene su vértice en medio de la capacidad, y choca con el vidrio provocando en él la fosforescencia amarillo-verdosa; cono formado, según Crookes, por corrientes rectilíneas de moléculas de materia radiante que parten normalmente á la superficie del eléctrodo negativo.

Estos dos experimentos facilitan además inesperadamente un medio de distinguir los gases de los ultragases por el papel importante del polo positivo en la descarga eléctrica al través de los primeros, y el predominio de la influencia del negativo en el caso de los segundos.

La tendencia de la materia radiante á moverse en la forma que indicamos se comprueba también con el tubo representado por la fig. 11: el eléctrodo negativo es cilíndrico y de aluminio pulimentado; el positivo un pequeño disco situado en la parte superior; y las corrientes moleculares rectas se cortan según una línea focal paralela á las generatrices del cilindro, de la que divergen infinitos planos moleculares cuya intersección con la parte superior del tubo se marca de un modo notable por la fosforescencia amarillo-verdosa del vidrio.

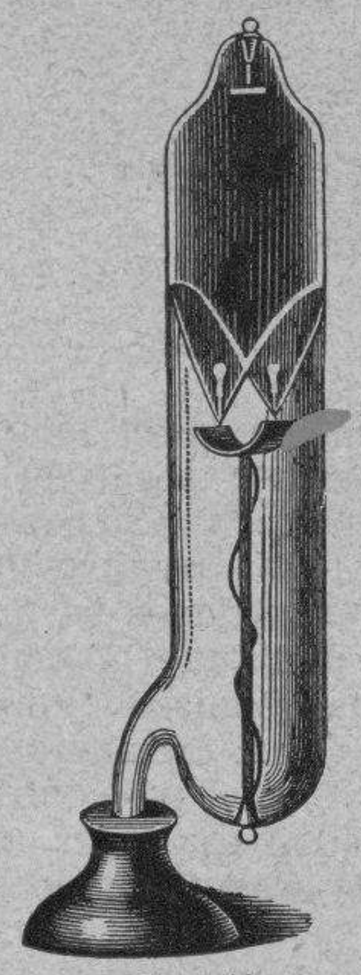


Figura 11

Cambiando los polos desaparece tan interesante apariencia luminosa, y sólo se observa fosforescencia en la parte inferior del tubo.

En nuestros experimentos obtuvimos las primeras veces un efecto grandemente satisfactorio; pero después entró alguna cantidad de aire en el tubo y perdió brillantez el fenómeno.

(Se continuará.)

JOSÉ MUÑOZ DEL CASTILLO,
Profesor de la Escuela General Preparatoria de Ingenieros y Arquitectos.

EL CIELO DE ANTES Y EL CIELO DE AHORA

Durante largo tiempo se ha creído que las estrellas se hallaban en el firmamento en la más completa inmovilidad, y de aquí la división del cielo en partes llamadas constelaciones, que debido al capricho ó á la fantasía de nuestros abuelos, recibieron distintos nombres que recordaban figuras de animales y escenas mitológicas.

El cielo no es más que una especie de mosaico cuyo aspecto se modifica continuamente; es, por decirlo así, un kaleidoscopio gigantesco, cuyas variaciones se suceden á través de los siglos hasta el infinito. Todo se halla en continuo estado de dislocación, todo cambia, todo se mueve, todo se transforma; esta es la ley del Universo.

Halley, en 1718, había sospechado que las estrellas se movían, pero Jaime Cassini y Tobías Mayer fueron los primeros que demostraron plenamente en los años de 1738 á 1746 la movilidad de las estrellas, y más tarde se pudo calcular las velocidades distintas de que se encuentran animadas. Las enormes distancias que nos separan de ellas las hacen aparecer inmóviles, y sin embargo, las estrellas recorren cada año centenares de millones de kilómetros.

A primera vista esta cifra parece grande, y lo es en efecto; pero comparándolo con las distancias que median entre la tierra y las estrellas, que exigen como punto de comparación la velocidad de la luz, es bien pequeña.

Para formarse idea de lo que son estas enormes

M.E.C.D. 2016

distancias, basta decir, que siendo la velocidad de la luz 77.000 leguas por segundo, la que emite la estrella α del Centauro tarda tres años en llegar á nosotros, y es sin embargo la que se encuentra más próxima, pues la 61.ª del Cisne emplea diez años, y hay otras cuya luz necesita dos y aun tres mil años para que venga á herir nuestra retina.

Nuestro sol, visto á esa distancia, parecería un punto luminoso sin tamaño alguno apreciable, lo que nos permite suponer, sin temor á equivocarnos, que el volumen de las estrellas es próximamente igual al Sol y que á su alrededor giran planetas que forman multitud de sistemas planetarios análogos al nuestro.

Las velocidades de las estrellas son muy variables: según los cálculos de célebres astrónomos, *Sirio* recorre anualmente 1.200 millones de kilómetros; la 61.ª del *Cisne* 2.000; α del *Centauro* 600; *Arturus* 2.000; la *Lira*, *Cabra* y *Polar* recorren 232, 1.520 y 58 millones de kilómetros respectivamente.

Como el sol no es más que una estrella, tiene también su movimiento particular, que fué encontrado por Williams Herschell en 1783. El sol marcha con una velocidad de 444 millones de leguas, según la opinión de Struve y Peters, hacia las estrellas *c* y *d* de la constelación de Hércules, alejándose de la de la Liebre.

Todos estos cálculos son muy difíciles, porque los puntos que pudieran servirnos de referencia se hallan también en movimiento.

Este era el estado de la cuestión cuando apareció el análisis espectral que tantos servicios ha prestado y con cuyo auxilio se han hecho descubrimientos importantes. Huyggins ha sido quizás el que más partido ha sacado de este análisis; veamos en qué consiste.

Cuando un rayo de luz procedente de un metal ó metaloide en ignición pasa por un prisma, se dispersa formando varias rayas con los matices del Arco Iris. Cada cuerpo produce siempre rayas fijas y determinadas diferentes de las que producen los demás. Así tenemos el sodio caracterizado por una raya amarilla brillante, el hidrógeno por una roja brillante, otra verde azulada y otra violeta débil, etc., presentando los otros cuerpos rayas que les son características.

Para estas observaciones se usa el espectroscopio; entre los muchos modelos que existen de este aparato, la mayor parte utilizan desde luego el prisma (ó prismas) para la dispersión, y en una de sus caras se utiliza la reflexión total para proyectar la imagen real, y amplificada de una escala por un procedimiento fotomicrográfico. Estas dos imágenes reales, que por medio de los tornillos de aproximación sitos en el aparato, pueden colocarse paralelas, se observan á través de un ocular que las amplifica igualmente, de manera que por medio de esta escala se pueden medir las distancias respectivas entre las rayas.

Veamos ahora cómo por medio del análisis espectral podemos deducir la constitución de los astros y las velocidades que los animan.

Al obtener el espectro de una estrella aparecerá una serie de rayas que nos indicará, á manera de despacho telegráfico, los cuerpos que la componen. Ahora bien; si con el auxilio del micrómetro medimos las distancias respectivas de las rayas, observaremos que éstas no se hallan á las distancias que les corresponde, sino que hay una pequeña diferencia, efecto del mayor ó menor alejamiento de la estrella con relación á nosotros, y esta diferencia nos servirá para medir la alteración de la distancia.

Este método, muy perfeccionado en los detalles por Huyggins, le sirvió para determinar el aspecto del cielo para el porvenir y el que tenía antiguamente. De este modo, utilizando las rayas del hidrógeno determinó, que Sirius se aleja de la tierra de 24 á 28 kilómetros por segundo, y con las del sodio y del magnesio, que Betelguere ó α de Orionis se separa 28 kilómetros en el mismo espacio de tiempo.

También se puede citar á Rigel de Orionis, 20 kilómetros; Cástor, de Germinorum, 32; Regulus, de Leonis, de 16 á 23; y á β, γ, δ, ε, η, ζ, de la Osa mayor, de 23 á 28 kilómetros. Para esto aprovechó el hidrógeno.

El examen del magnesio ha dado á conocer que Arcturus, de Bootis, se acerca á la tierra con una velocidad de 73 kilómetros; el del hidrógeno que Vega, de Lira, se aproxima á nosotros á razón de 60 á 72, y que Denab, de Cygni, lo hace á razón de 52 kilómetros. El magnesio, asimismo, parece acusar para Póllux de Germinorum un aproximamiento de 65 kilómetros, y para α de la Osa mayor, de 65 á 80. La observación directa confirma las deducciones de Huyggins.

Por último, entre las que se acercan están γ de Lionis, ε de Bootis, γ de Cygni, α y γ del Pegaso.

El movimiento general de las estrellas se verifica en el mismo sentido que el del sol, es decir, alejándose de la constelación Liebre y acercándose á la de Hércules, por más que haya algunas que marchan en dirección opuesta.

Las velocidades que acabamos de mencionar no son más que aproximadas, pero nos pueden servir para calcular el aspecto que presentarán en lo porvenir las constelaciones y el que presentaron en otras épocas. Por ejemplo, la Osa Mayor, en su estado actual α, β, γ y δ forman un trapecio, y del vértice δ arranca la cola formada por las estrellas ε, ζ y η. Pues bien, hace 100.000 años la constelación tenía el aspecto de una cruz latina, formada por β, δ, ε, ζ y η en línea recta, y γ, δ y α en otra perpendicular á la primera. Si se quiere asimilar á un carro, α y γ serán las ruedas, β el conductor y η, ζ y ε los caballos.

Dentro de 100.000 años las estrellas ζ, ε, δ formarán el lado superior del trapecio, que lo completarán las η y γ, arrancando de esta última la cola formada por α y β. La constelación presentará una forma parecida á la que tiene hoy, pero completamente invertida.

Inútil es multiplicar los ejemplos, pues en todos veríamos patentemente que el cielo de los antiguos era un mito, y que siendo habitantes de una estrella podríamos decir como Galileo aquellas célebres palabras: *E pour si muove.*

MATEO GARCÍA DE LOS REYES.

ESTUDIOS SOBRE LAS CORRIENTES MARINAS

De necesidad para el navegante, de pura curiosidad para el hombre científico, pero agradable é

M.E.C.D. 2016

instructivo para todos, es el estudio de las corrientes marinas.

Esas enormes masas de agua llamadas mares no tienen realmente esa regularidad y esa monotonía que á primera vista parece; un observador atento podría tal vez distinguir unos mares de otros por la multitud de causas cuyos efectos esencialmente distintos los hace diferenciarse, como son, por ejemplo, los distintos matices de las aguas, en las cuales se suelen ver líneas divisorias que casi siempre indican los límites de una corriente superficial; las variaciones de temperatura que se notan en ellas sin que puedan atribuirse ni á la estación ni á la latitud, y que son también indicio seguro de una corriente marina que por venir de otras latitudes trae una temperatura diferente de la que reina en aquel paraje, sin haber podido igualarse á ella por la escasa conductibilidad del agua y la variedad de especies, resultado inmediato de las variaciones de temperatura. Todos estos fenómenos, cuyas causas bosquejaremos ligeramente, son otros tantos elementos que contribuyen á hacer de la mar un elemento variado en la parte que el hombre puede estudiar y conocer, sumamente pintoresco y valioso, en la que hasta el día apenas puede entrever.

El fondo de los mares es un nuevo mundo que, volvemos á repetirlo, el hombre aun no ha podido, pero tarde ó temprano llegará á poder estudiar y conocer y en el cual se encuentran los reinos de la naturaleza, desarrollados de idéntica manera que en la tierra, según se desprende de lo poco que sobre el particular se ha estudiado: desde luego la sonda nos ha demostrado palpablemente que aquel es un terreno accidentado como el que habitamos, de elevadas montañas y profundos valles, en los que está desarrollada una vegetación tan variada y curiosa como la que existe en la superficie de la tierra y poblada por una infinidad de especies completamente distintas de las que existen sobre la tierra, pero de organismo é instintos igualmente admirables.

Probado está que la mar es, por decirlo así, el regulador de la vida humana; ella regula la cantidad de vapor de agua que contiene el aire, elemento que desde luego es de suma importancia; ella absorbe los gases que, como el anhídrico carbónico, exhalan los animales, el cual imposibilitaría la respiración de éstos, y que el reino vegetal no sería suficiente para absorber; pues bien, la mar, al absorberlos, da el medio de que se lo asimilen los seres existentes en ella: lo mismo casi ocurre con una infinidad de productos, algunos de los cuales, siendo como son un origen de desarrollo vegetal, al aglomerarse podrían constituir un origen de putrefaccioso si no viniesen las corrientes submarinas á diseminar por el fondo de los mares ese germen de vida, dando origen á la profusión de vegetales que en él existen.

Las corrientes marinas tienen asimismo gran importancia por lo que afecta á la climatología de los lugares de la tierra: en las costas occidentales de Noruega y en Spitzberg se disfruta de una temperatura relativamente benigna á causa de la corriente caliente del golfo que las baña; en cambio, tanto en estos puntos como en Terranova y en el Japón se encuentran casi siempre densas nieblas producidas por la diferencia de temperatura entre el aire y las corrientes que bañan sus costas.

Las corrientes marinas tienen por causas principales:

1.ª La acción calorífica del sol, que dilata las aguas.

2.ª La diferencia de altura barométrica en los distintos lugares.

3.ª La evaporación producida por la acción solar.

Todos están conformes en reconocer las enumeradas como causas principales de las corrientes marinas, pero en la manera de producir los efectos hay distintas opiniones.

La más generalmente admitida explica los fenómenos diciendo que calentando el sol desigualmente las aguas del globo hará que las del Ecuador aumenten de volumen, disminuyendo de densidad más que las demás y por tanto su nivel aumentará, y en virtud de las leyes de la hidrostática tenderá á esparcirse por todos los mares en forma de corrientes calientes que irán por la superficie á causa de su menor densidad, y para restablecer el equilibrio vendrán en forma de corrientes por las capas inferiores las aguas frías de los polos. Esta hipótesis establece una corriente ascensional en las regiones cálidas y un descenso en las frías, que está en cierto modo comprobado, pues se ha puesto en evidencia la curiosa diferencia que existe en cuanto á la distribución vertical de temperaturas entre los mares abiertos y los cerrados.

Veamos lo que sobre este punto dice el Dr. Carpenter (1):

« En el paralelo de Gibraltar se encuentran en » el Atlántico temperaturas comprendidas entre 3° » y 5° centígrados, de 1.800 metros de profundidad » en adelante, mientras que en el Mediterráneo so» bre el mismo paralelo se han encontrado de 12 » á 13° hasta la profundidad de 3.000 metros.

» Estas observaciones prueban que existe el mo» vimiento vertical de las aguas, y por consiguiente » es lógico suponer que se deben las corrientes ma» rinas á las diferencias de densidad debidas á las » diferencias de temperatura.

» En los mares interiores, por profundos que » sean, este movimiento no se produce en razón de » los estrechos que por regla general los separan » de los mares abiertos.»

Esta hipótesis explica perfectamente los movimientos de las aguas siempre que se tenga en cuenta la influencia de las dos últimas causas anteriormente enumeradas; efectivamente, como todas las moléculas de la masa líquida necesitan para mantenerse en equilibrio estar sometidas á la misma presión, es claro que al variar ésta se romperá el equilibrio y el agua acudirá y tenderá á elevarse en el mínimum de presión; la evaporación modifica notablemente las corrientes, pues en los puntos de la zona tórrida al evaporarse el agua aumentará la salobridad de las capas superficiales, las cuales tratarán de bajar haciendo disminuir la fuerza de la corriente ascensional; por último, como causa principal que si bien no altera las corrientes en sí, altera su dirección, citaremos el movimiento de rotación de la tierra que hace desviar hacia el Este las aguas que se dirigen de los polos al Ecuador, y hacia el

(1) Memoria del mismo, traducida al francés por M. Chardonneau y publicada por *Les Annales hidrographiques.*

M.E.C.D. 2016

Oeste las que van del Ecuador á los polos, como se puede observar en cualquier carta de corrientes.

Mr. Savy, teniente de navío de la marina francesa, publicó en *Les Annales hydrographiques* una ingeniosa teoría del movimiento de las aguas; sus observaciones le han demostrado que en el Atlántico Norte, entre 1 y 8° de latitud, se encuentran aguas más frías y menos saladas que en la zona de los vientos alisios. El agua recogida hasta 100 metros de profundidad se ha encontrado menos salada que la que se recogía á mayor profundidad; por el contrario, se ha observado un máximum de salobridad hacia los límites polares de ambos alisios; la poca salobridad de la zona ecuatorial es producida, según Mr. Savy, por la emersión de las aguas que vienen de los polos por corrientes submarinas, puesto que las lluvias ecuatoriales parecen tener poca influencia en el fenómeno.

Mr. Savy ha trazado sobre una carta la curva á lo largo de la cual debe tener lugar la emersión; esta ascensión de las aguas frías al Ecuador, combinada con la influencia de los continentes y el movimiento de rotación de la tierra de que antes hablamos, le parece debe explicar los movimientos oceánicos.

Es incalculable el número de corrientes que existen en la mar, de la misma manera que es sumamente grande el número de ríos que existen en la tierra, por lo cual al hacer un estudio de las corrientes en general, sólo se debe tratar de las principales que existen en los tres grandes océanos; atendiendo á su dirección y temperatura, se pueden clasificar en cuatro clases:

1.ª Corrientes ecuatoriales que recorren curvas que se separan poco del Ecuador.

2.ª Corrientes tropicales, que son aquellas que vienen del Ecuador á los polos.

3.ª Corrientes frías ó contracorrientes, que van de los polos al Ecuador.

4.ª Corrientes polares, que son las que apenas salen de las zonas polares.

En todos los océanos existe una corriente ecuatorial que nace en el punto donde fenece una corriente fría, á la cual se le ha dado el nombre de contracorriente por la particularidad citada, y por ir algunas veces, como sucede en el Pacífico, en sentido contrario á la corriente caliente.

También existe en todos los océanos una corriente tropical; en el Océano Atlántico lleva el nombre de *Gulf Stream* (corriente de golfo) y en el Pacífico se llama *Kuro-Siwo* (corriente negra), las cuales van muy próximas á sus correspondientes contracorrientes, que van por regla general entre las corrientes calientes y el continente, como se nota en las corrientes tropicales que recorren las costas *orientales* de los continentes.

Existen en la mar cinco grandes regiones que no atraviesa corriente alguna; una en el Océano Indico, dos en el Atlántico y dos en el Pacífico; estas grandes extensiones se han observado siempre cubiertas de hierbas flotantes. y por esta razón han recibido el nombre de mares de Sargazo; el más notable de ellos es el del Atlántico norte, que fué encontrado por Colón en su viaje para descubrir las Américas, y en el cual creyeron encontrar sus compañeros la tierra que buscaban; se suponen formados los mares de Sargaza por la aglomeración de hierbas arrastradas por las corrientes, aunque como dice Mr. Leps, está aún por averiguar si realmente están depositadas ó nacen y se desarrollan allí por efecto de la relativa inmovilidad de las aguas en aquellas regiones.

SALVADOR CARVIA Y CARAVACA.

REGLA PARA REDUCIR Á CERO LAS ALTURAS BAROMÉTRICAS

Después de haber observado un barómetro Fortin y anotado la división de la escala donde se detiene el mercurio, es preciso todavía efectuar dos correcciones indispensables para conocer el verdadero valor de la presión atmosférica.

La primera, constante para cada instrumento, es la relativa á la capilaridad y no la mencionamos mas que como recuerdo. La segunda, independiente de las dimensiones absolutas del aparato, tiene por objeto reducir la altura de la columna de mercurio al nivel que alcanzaría si la temperatura del mercurio y la de la escala graduada fuesen iguales á 0°, quedando la presión invariable.

Para reducir la altura barométrica á 0° existe una fórmula que se enseña en los Institutos, muy sencilla *á priori*, pero que se complica enormemente cuando se reemplaza las letras por valores numéricos. Con objeto de evitar estos cálculos interminables, hizo Delcros una tabla que permite corregir una altura barométrica dada cuando la temperatura del momento de la observación es conocida; pero como esta tabla no se tiene siempre á mano, indicamos la siguiente regla empírica, con la que se consigue un resultado casi exacto.

Se resta del número de milímetros que represente la presión barométrica, el número de grados que marque el termómetro dividido por 8.

Pongamos dos ejemplos:

1.°	Presión observada.....	770mm 22	
	Temperatura.....	25°	
	$\frac{25}{8}$ = 3.12		
Si de		770.22	
restamos		3.12	
quedan		767.10	que será la verdadera presión.

Según la tabla de Delcros, la corrección en este caso es de 3.12.

2.°	Presión observada.	740mm 83	
	Temperatura.....	20°	
	$\frac{28}{8}$ = 3.50		
Si de		740.83	
quitamos		3.50	
quedan		737 33	altura corregida.

La corrección de Delcros es de 3.35.

La fórmula que proponemos, matemáticamente exacta hacia 765mm, deja de serlo conforme la presión se separa de este número. Sin embargo, la diferencia no llega á ser nunca considerable, con tanta más razón, cuanto que la mayoría de los barómetros solo aprecian los $^1/_5$ de milímetro.

M.E.C.D. 2016

INSTANTÁNEAS DE ANIMALES EN MOVIMIENTO

El estudio de los movimientos de los animales pertenece á la Historia Natural.

Todavía no se ha llegado á describir de una manera completa y sencilla estos movimientos, á pesar de que su estudio lo comenzó Borelli hace más de doscientos años, seguido por varios fisiólogos, que si bien consiguieron demostrar la falsedad de las afirmaciones de éste, no lograron establecer una teoría que estuviese de acuerdo con la observación por un lado, y con las leyes de la física y de la mecánica por otro. Las causas de estos fracasos son de diversa naturaleza; unos provienen de causas fisiológicas y otros de causas psicológicas.

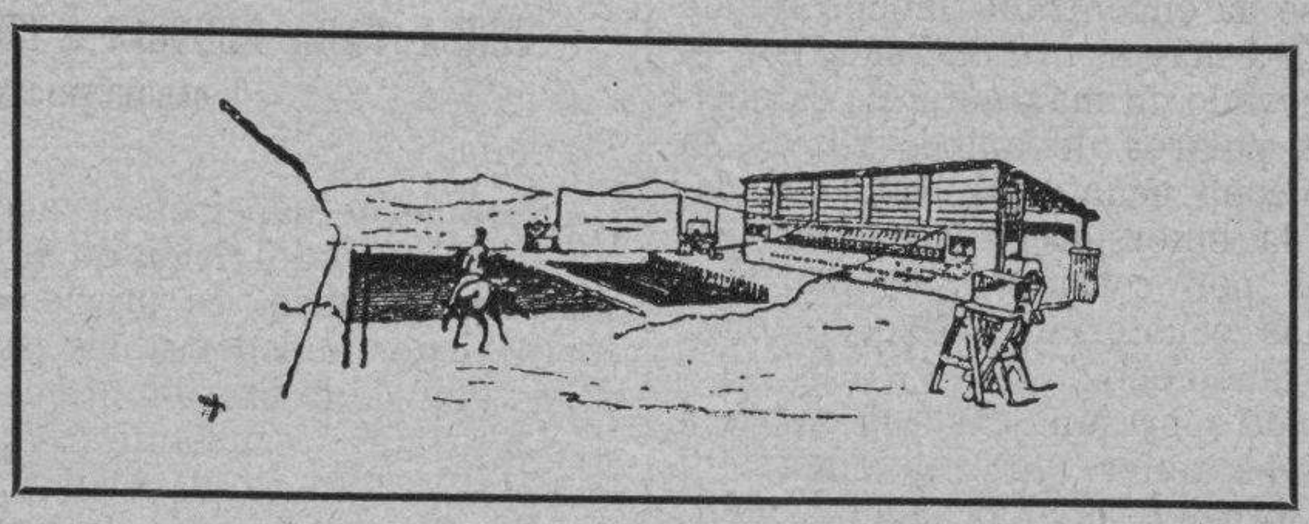


Figura 1.ª

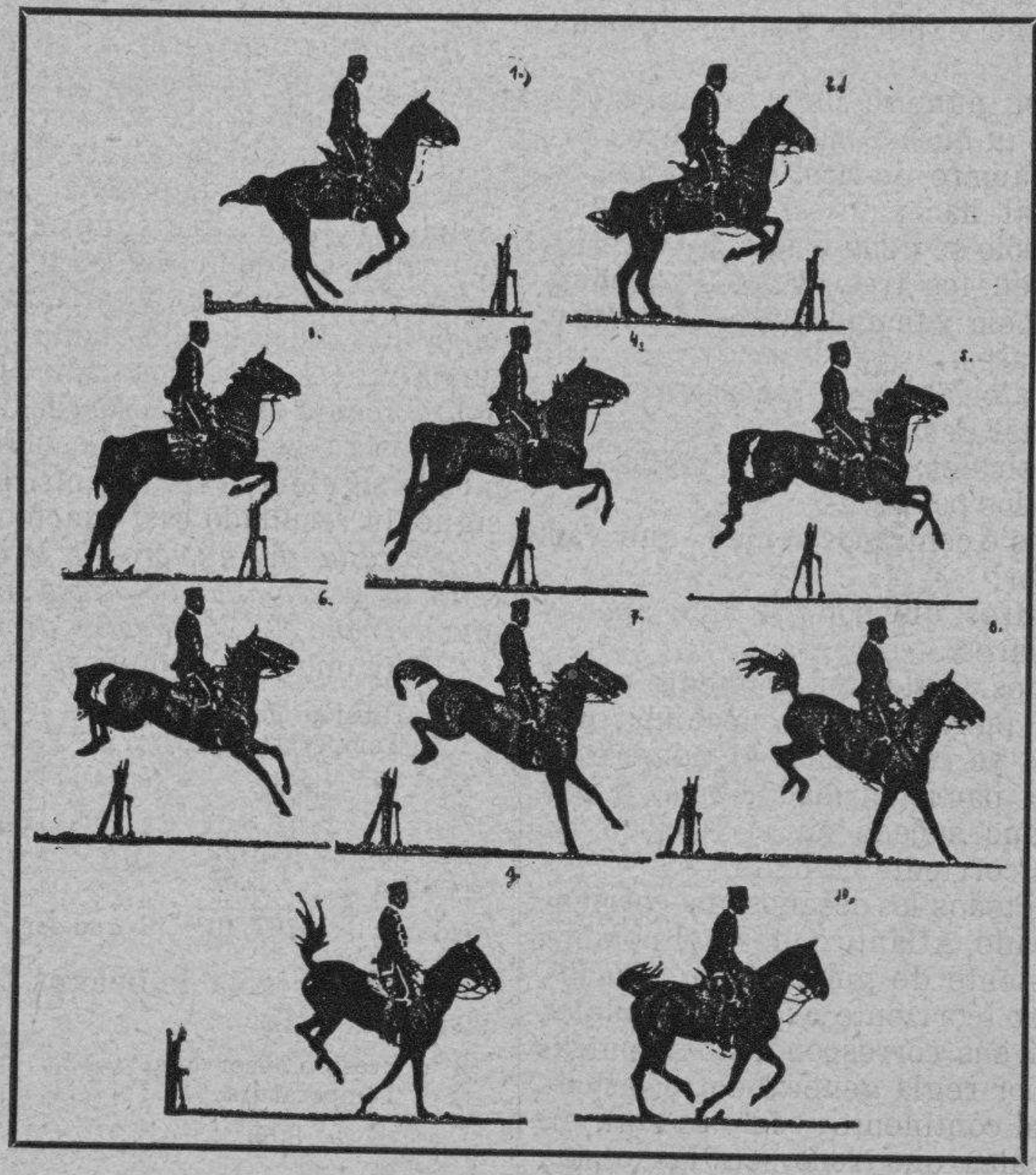


Figura 2.ª

Los primeros tienen su origen en que nuestros ojos no aprecian los fenómenos que acompañan al movimiento. Si observamos un animal que se mueve, no distinguimos los contornos de ciertos músculos. No estamos dotados de las condiciones necesarias para examinar al mismo tiempo los movimientos múltiples, sobre todo si éstos se suceden rápidamente. En la vida ordinaria no nos damos cuenta de la imperfección de nuestros medios naturales de observación; á lo sumo lo notamos cuando nos encontramos en presencia de movimientos de amplitud tan pequeña, que no se transmiten con limpieza á nuestros ojos, ó cuando su número es considerable, ó mejor aun, cuando se suceden en gran número con rapidez.

Es cierto que nos es imposible observar en detalle la marcha de una mosca. A causa de la pequeñez de sus patas, de la corta duración de sus movimientos considerados separadamente, no podemos apreciar cada fase de su carrera. Nuestra vista no aprecia tampoco el movimiento de un solo órgano. El cuerpo del insecto se compone de multitud de partes: la pata solo tiene cinco articulaciones y nueve anillos con movimientos independientes; á cada paso del animal, las diversas falanges se mueven y toman las unas con relación á las otras las posiciones más opuestas.

Por lo que precede comprenderá el lector que nuestros datos son muy incompletos sobre la mecánica de la marcha de un insecto. Con las aves la dificultad proviene de la rapidez con que agitan las alas. Cuando vemos elevarse á un águila, vemos bien que por un movimiento se dirige á un punto distinto del que ocupaba antes, pero no apreciamos ni la forma de las alas ni el número de veces que las mueve para verificar su traslación.

Por otros casos, tenemos que reconocer que no sólo en la tenuidad de las partes movibles, en la velocidad ó en la multitud vaga de los movimientos de estas partículas estriba la dificultad de la observación, toda vez que con los animales más corpulentos nos sucede lo mismo. Cuando un caballo arrastra un coche con moderada velocidad, nuestros ojos siguen muy imperfectamente el conjunto del movimiento; vemos sus articulaciones dirigirse á las posiciones extremas, pero no distinguimos con los ojos el ritmo de la marcha que se graba mejor en nuestro oído. Así es que cuando un caballo pasa de una calle empedrada á otra que tiene el piso de madera, nos parece que el ritmo de la marcha se altera por completo. En lugar de los golpes regulares á tiempos determinados, escuchamos un ruido confuso de movimientos imposible de descomponer y de precisar.

Lo mismo sucede con los movimientos del hombre.

Además, aun cuando el ojo humano fuese el más completo y el mejor de los instrumentos de óptica;

M.E.C.D. 2016

aun cuando estuviese en condiciones de apreciar aisladamente y con la mayor rapidez las diversass posiciones de las diferentes partes del cuerpo, jamás obtendríamos una imagen completa del movimiento, porque nuestros ojos no pueden fijar estas observaciones fugitivas ni menos comunicarlas. El juego rápidamente variado de los movimientos borra la impresión, y en vano el observador tortura su memoria para reproducir con la pluma ó con el lápiz los detalles que ha creído ver.

Para estudiar el movimiento de los animales se ha recurrido á dos métodos gráficos. El primero, el método cronográfico de Marey: consiste en trazar por medio de un aparato registrador, en un cilindro rotativo, una serie de curvas qnė representan la dirección y la duración del movimiento. Del número y de la forma de las curvas trazadas durante la revolución de los cilindros, se deduce, en el vuelo de un ave, por ejemplo, el número de veces que ha movido las alas, el número de contraccionesde los músculos, ó bien se obtiene por deducción la altura y la anchura de las puntas de las alas y la dirección horizontal y vertical durante el vuelo. El método preconizado por el eminente naturalista y fisiólogo francés es de incontestable utilidad, porque da por cada punto de la superficie movible una representación exacta del movimiento, pero no reproduce más que de un modo imperfecto la figura del cuerpo móvil.

Este conjunto completo nos lo da el método fotográfico practicado con gran éxito por Muybridge, Marey, Lugardon y Anschütz. Examinaremos ligeramente los procedimientos empleados por Muybridge.

Las galerías ordinarias son insuficientes cuando se trata de fotografiar un ave volando, un caballo corriendo ó cualquier otro ser ú objeto animado de gran velocidad. Cuando estas fotografías deben servir para estudios científicos, hay que operar en espacios abiertos y con aparatos especiales.

Hace algunos años hizo Mr. Muybridge la primera de las series de fotografías representando á varios animales en las diversas fases de sus movimientos.

Eficazmente ayudado por el Gobernador Leland-Stanford, el fotógrafo americano instalaba en batería de doce á treinta cámaras, cuyos objetivos se descubrían sucesivamente por medio de una disposición eléctrica. Sobre una pista establecida *ad hoc* se tendía cierto número de hilos, que el caballo rompía en sus evoluciones, estableciendo así la comunicación eléctrica y obteniéndose una serie de fotografías sucesivas durante la carrera. Según la velocidad del animal, el espacio entre dos pruebas inmediatas variaba de 1 segundo á $^1/_{1000}$ de segundo.

Los objetivos empleados eran de retratos con obturadores rapidísimos de una milésima de segundo, según Muybridge; pero sea de esto lo que quiera, el hecho es que obtuvo imágenes completamente limpias de caballos á galope.

Además de la batería que dejamos dicha, instalaba otra, figura 1.ª, compuesta de cinco cámaras, que daban cinco actitudes diferentes del caballo.

La figura 2.ª representa el salto de un caballo montado. Las diez instantáneas se tomaron en menos de un segundo, empleando, como fondo, una pared muy blanca, sobre la que se destacaba la silueta del caballo.

Posteriormente estudió al hombre en movimiento, utilizando una batería de 40 cámaras con objetivo Dallmeyer y obturadores electro-magnéticos.

Los gastos de estas notables experiencias importaron 150.000 francos, que se cubrieron por suscripción pública iniciada por la Universidad de Pensilvania.

DR. EDER.

(*Del Bulletin Belge de Photographie.*)

PROPAGACIÓN DEL SONIDO

PRODUCIDO POR LOS PROYECTILES ANIMADOS DE GRANDES VELOCIDADES

Los experimentos notables de Mach, Salcher y Riegler demuestran palpablemente la existencia de una masa de aire alrededor de los proyectiles en movimiento, pareciendo perfectamente lógico que la acumulación del aire sea á su vez causa de determinados fenómenos acústicos, según ha demostrado experimentalmente el capitán Journée, quien, en una nota presentada á la Academia de Ciencias de París por Mr. Sarrau, resume el resultado de sus ensayos en la siguiente forma:

El procedimiento empleado para medir la velocidad del sonido en el aire consiste generalmente en observar, á una distancia conocida, la detonación de un arma de fuego, midiendo el tiempo que transcurre entre el momento en que el observador ve el fogonazo y el en que oye la detonación.

En diferentes casos las comisiones militares han comprobado que en el tiro de proyectiles la velocidad de propagación del ruido producido por la detonación era mayor que el valor admitido universalmente para la velocidad del sonido, proponiéndonos nosotros determinar en esta Memoria las leyes y la causa de esta variación.

He aquí el hecho principal que los experimentos realizados con este objeto han puesto de manifiesto.

Tirando contra una plancha de fundición con un fusil, cuya bala posea una velocidad superior á la normal del sonido en el aire, un observador colocado detrás del blanco oye *simultáneamente* el ruido de la detonación y el del choque de la bala contra el blanco, en tanto que la distancia del blanco al arma no excede de un límite determinado.

A partir de ese límite, el ruido de la detonación precede al del choque, y el intervalo de tiempo que separa ambos ruidos aumenta con la distancia del blanco al arma. Se comprueba, además, que la distancia, á partir de la cual se separan ambos ruidos, es aquella en que la velocidad de la bala, progresivamente disminuída por la resistencia del aire, viene á ser igual á la velocidad del sonido.

Estos resultados conducen á pensar que, en tanto que sea mayor que la velocidad del sonido la que lleva la bala, ésta es el centro de la conmoción sonora percibida por el observador, de suerte que se debe poder calcular la duración exacta de la llegada del sonido de la detonación á un observador situado en el plano de tiro, á una distancia dada del arma, añadiendo á la duración del trayecto de la

M.E.C.D. 2016

bala, hasta el punto de la trayectoria en que su velocidad es igual á la del sonido, la duración del trayecto del sonido desde este punto hasta el observador.

Este cálculo es posible, porque el estudio completo de las condiciones de tiro de un arma de fuego permite determinar con gran precisión la forma de la trayectoria y las pérdidas sucesivas de velocidad que experimenta el proyectil, así como las duraciones correspondientes.

Resulta de las cifras consignadas en la Memoria, que las duraciones así calculadas concuerdan muy bien con las medidas (1), y que si se calcula la velocidad del sonido, dividiendo por estas duraciones la distancia que separa al observador del arma, se encuentra una velocidad aparente, cuyo valor, que ha alcanzado 411'5 metros, es tanto mayor cuanto, mayor sea la velocidad inicial y cuanto menor sea la distancia.

Esta explicación de las anomalías aparentes que presentan las medidas de la velocidad del sonido, por la observación de las duraciones de transmisión de las detonaciones de las armas de fuego, se encuentra confirmada por otras experiencias. Resulta notablemente de ellas, que la duración de transmisión observada debe modificarse cuando la bala es detenida en su trayecto por un obstáculo sin que sea interceptado el sonido que ella emitía. Es, en efecto, lo que se produce, y la velocidad aparente del sonido difiere entonces de la normal tanto menos cuanto más cercano esté el obstáculo al arma.

Inversamente se acrecienta la velocidad aparente del sonido, observando solamente la parte de la trayectoria en que el proyectil posee una gran velocidad, muy superior á la del sonido. El observador se coloca entonces fuera del plano de tiro, y es fácil establecer, en la hipótesis admitida, que si se calcula el tiempo que tarda el proyectil en llegar al pie de la perpendicular bajada desde el punto de observación á la línea de tiro, y si se añade á este tiempo el que debe tardar el sonido en recorrer dicha perpendicular, debe encontrarse un valor sensiblemente igual á la duración de propagación observada (2).

La verificación de este hecho resulta de una serie de experimentos que han permitido comprobar que el valor de la velocidad aparente del sonido ha excedido de 600 metros en casos en que se tiraba, muy próximamente, en la misma dirección del punto de observación, balas animadas de velocidades muy grandes.

El conjunto de estos hechos conduce á admitir que un proyectil, animado de una velocidad superior á la del sonido en el aire, produce durante su trayecto un sonido continuo, análogo á la detonación de la pólvora.

Los experimentos de Journée, que dejamos sucintamente reseñados, han sido elegantemente analizados por Mr. Durand-Greville en la *Revista Científica*, y por Mr. de Labouret ante la Academia de Ciencias, en nota también presentada por Sarrau.

El primero, conforme con las ideas enunciadas del capitán Journée, tan sólo difiere en el concepto de que el ruido sea siempre *análogo á una detonación*, analogía que no considera real sino cuando el proyectil se aproxima al observador, no cuando se aleja de él, en cuyo caso se oye sólo un silbido; atribuyendo dicha apariencia de detonación á la situación del observador y á una determinada diferencia entre las velocidades del proyectil y del sonido.

(Se continuará.)

(1) Para medir el tiempo que transcurre entre el momento de salir el tiro y la llegada del sonido, el observador, provisto de un contador de tiempo, se coloca detrás del blanco, unido por una línea telefónica al tirador. Al hacer fuego, uno de los teléfonos, colocado cerca de la boca del arma, señala el momento de hacer el disparo al observador, que lo registra en el contador, así como el momento de llegada del sonido.

(2) En este caso es necesario medir tiempos muy pequeños, para los que son insuficientes los procedimientos de observación con el contador, por lo que ha sido necesario recurrir á los procedimientos cronográficos. Se ha usado al efecto, para señalar la llegada del sonido, de un resonador análogo á los que Regnault empleaba en sus experimentos de Satory, y se ha medido el tiempo comprendido entre la ruptura de una corriente eléctrica provocada por dicho resonador y una ruptura semejante producida por la salida de la bala. Esta medida venía dada, sea por un cronógrafo de Boulangé, sea por un cronógrafo de cilindro con diapasón eléctrico y registradores Mauel Deprer.

PLACAS QUE SE REVELAN CON AGUA SOLA

En la Sección de Gante, de la Asociación Fotográfica de Bélgica, ha presentado Mr. Backelandt unas placas preparadas por él mismo que se revelan con agua.

Estas placas tienen en el reverso las substancias que componen el revelador, de modo que al introducirlas en el agua, las substancias se disuelven gradualmente, formando un baño de fuerza creciente.

Mr. Backelandt reveló algunas placas delante de los socios, que pudieron comprobar que la imagen resultaba tan bien y con tantos detalles como con los reveladores ordinarios.

Creemos que esta invención ha de tener buena acogida, sobre todo por los aficionados, que en su mayor parte encuentran la preparación de los baños complicada, enojosa y, en muchos casos, difícil. En lo sucesivo será posible hacer clisés sin tener que preocuparse de ningún reactivo químico.

Para el fijado de las negativas ha tenido monsieur Backelandt la idea de colocar en cada caja un paquete de hiposulfito de sosa pulverizado, con el que se espolvorean las placas inmediatamente después de su revelación. Todas las operaciones se hacen en la misma cubeta y no hay necesidad de lavar las placas entre la revelación y el fijado.

Mr. Backelandt ha prometido entregar á los socios algunas placas para que comprueben los resultados por sí mismos.

Tendremos al corriente á nuestros lectores de este asunto, que pudiera ser de verdadera importancia.

M.E.C.D. 2016

La sección aerostática alemana ha ideado un nuevo sistema de hinchar globos, que permite producir el gas en el mismo punto donde ha de elevarse el globo. El aparato inventado por el teniente de artillería Michter y el doctor Majest puede ser arrastrado por seis caballos y llevado á todos los puntos adonde pueda llegar un cañón de campaña.

Este aparato se compone de 300 retortas que pueden ser calentadas por un pequeño hornillo y que van unidas al globo por medio de tubos. El gas empleado se obtiene por la acción del cinc sobre el sulfato de cal. La operación exige dos horas. Es el método más pronto, más económico y menos peligroso de todos los que hasta aquí se han empleado.

La sección continúa la serie de sus ascensiones. En una verificada últimamente, los tres tenientes Mœdebeck, Wellenkamp y Metzke se han elevado á una altura de cerca de 2.000 metros, habiendo recorrido una distancia de 60 kilómetros próximamente.

Los objetivos especiales para retratos son de día en día menos necesarios desde la aparición de las placas secas al gelatino bromuro. Los objetivos rápidos para paisaje son mucho menos costosos y producen los mismos resultados con tal que el foco de las lentes no sea demasiado corto en relación con las dimensiones de las placas, en cuyo caso producirán distorsión en las imágenes.

Mr. J. M. Mallet en 1879 y Mr. Gatterman en 1888 han comprobado que el ioduro de ázoe (y probablemente algunos otros cuerpos explosivos) estallan aun debajo del agua si la luz solar llega directamente al vaso que le contiene. Lo mismo sucede con el cloruro de ázoe.

PROBLEMAS DE FÍSICA

IX

Circula por una lámpara eléctrica una corriente de I *amperes, y la diferencia de potencial entre las dos presas es* E *volts. ¿Cuánto cuesta por hora la alimentación de la lámpara, sabiendo que el caballo de vapor vale* p *pesetas por día de diez horas?*

(Aplicación numérica: I = 10 amperes; E = 40 volts; p = 5 pesetas, y g = 980 cm.)

Solución del problema VI

Una vasija de cobre, de 1 kilógramo de peso, contiene 2 kilogramos de agua; y, completamente sumergido en el líquido, hay un termómetro cuyo mercurio pesa 200 gramos y el vidrio 130 gramos. Todo se halla á 0°. ¿Cuál será la temperatura del cobre, agua, mercurio y vidrio, una vez uniformada la mezcla térmica, si se condensan en la vasija 150 gramos de vapor de agua á 100°?

Se supone que no hay pérdidas de calor por radiación, conductibilidad ni evaporación. Calor específico del mercurio, 0,033. Idem del cobre, 0,095. Idem del vidrio, 0,177.

La temperatura que un cuerpo gana ó pierde está representada por las fórmulas respectivas

$$m\,c\,(t' - t) \quad (1)$$

y

$$m\,c\,(t - t') \quad (2)$$

en que m *simboliza la masa del cuerpo,* c *su calor específico,* t *la temperatura inicial y* t' *la final.*

Sea x *la temperatura que se busca; y* 540 *el calor de vaporización del vapor de agua á* 100°.

El calor perdido por el vapor será

$$0'150 \times 540 + 0'150\,(100 - x) = 0'150\,(540 + 100 - x) = 0'150\,(640 - x) = 96 - 0'150\,x.$$

El calor absorbido por el cobre, agua, mercurio y vidrio será:

Por el agua, según la fórmula (1).....	$2 \times 1\,(x - 0) = 2\,x$
Por el cobre.....	$1 \times 0'095\,(x - 0) = 0'095\,x$
Por el mercurio.....	$0'200 \times 0'033\,(x - 0) = 0'0066\,x$
Por el vidrio.....	$0'130 \times 0'177\,(x - 0) = 0'02301\,x$
	$2'12461\,x$

Pero el calor perdido y el absorbido han de ser iguales; luego

$$96 - 0'150\,x = 2'12461\,x,$$

ó bien

$$2'12461\,x + 0'150\,x = 96,$$

ó sea

$$2'27461\,x = 96;$$

de donde

$$x = \frac{96}{2'27461} = 42'20.$$

La temperatura buscada será 42°,2 *en menos de media centésima de grado.*

F. N.
De Vitoria.

También ha remitido solución exacta X., alumno de la Academia de Ingenieros Militares de Guadalajara.

ADVERTENCIA

Con el presente número entra LA FÍSICA MODERNA en el segundo año de existencia.

La circunstancia de haber comenzado su publicación en Noviembre de 1887, hace que tengamos suscripciones que terminan ahora y otras que no concluyen hasta fin de año.

Para regularizar nuestra administración, suplicamos á las personas cuya suscripción ha terminado y quieran continuar favoreciéndonos, la renueven por catorce meses, remitiéndonos 7 pesetas en la forma que les sea más cómoda, y así recibirán la Revista hasta el 31 de Diciembre de 1889.

MADRID: 1888.—ESCUELA TIPOGRÁFICA DEL HOSPICIO.

M.E.C.D. 2016