

MADRID, 1.º DE FEBRERO DE 1878.

TOMO XXVI.

NÚM. 3.

SUMARIO.

Nuevos experimentos con el radiómetro, por A. — Trámites: máquina Vaessen, por R. R. — Secciones de la Junta Consultiva. — Parte oficial. — Subastas. — Noticias varias. — Personal. — Suelos.

NUEVOS EXPERIMENTOS CON EL RADIÓMETRO.

Sabido es que el radiómetro está formado por un molinete de cuatro brazos iguales de hilos de vidrio ó de aluminio, en cuyos extremos se colocan paletas de mica, aluminio, médula de saúco ú otras materias; por regla general, estas paletas tienen una cara ennegrecida y la otra en su estado natural; pero como se verá más adelante, ni esta circunstancia ni la forma son condiciones esenciales para que el radiómetro funcione.

Los cuatro brazos mencionados son dos diámetros de un círculo, y en su punto de cruzamiento se apoyan sobre un estilete vertical, constituyendo así un sistema sumamente movable alrededor del estilete. Todo el aparato está contenido en un pequeño globo de vidrio, en el cual se enrarece el aire con una buena máquina neumática.

Expuesto el radiómetro á la radiación de un foco luminoso ó de un foco calorífico; el molinete adquiere un movimiento de rotación generalmente, como si las caras ennegrecidas fueran rechazadas y atraídas las opuestas; ya veremos que algunas veces giran en sentido contrario al dicho.

La descripción de los primeros experimentos que con este aparato había realizado Guillermo Crookes, célebre físico inglés, produjo honda sensación en todo el mundo científico, y gran número de físicos distinguidos los repitieron y variaron con objeto de dar una explicación satisfactoria de tan curiosos como extraños movimientos. Dos son las principales teorías que se disputan el honor de explicarlos: la de la presión molecular ó acción dinámica de los gases, y la segunda, que tiene por base las atracciones y repulsiones originadas por la electricidad. Ambas cuentan entre sus partidarios físicos distinguidos; y para que se pueda

juzgar mejor el alcance de los nuevos experimentos de Crookes, vamos á dar una ligera idea de ellas.

Teoría de la presión molecular. — Fundados los partidarios de esta hipótesis en que los gases están formados de un gran número de moléculas en constante movimiento rectilíneo en todas direcciones, y con velocidades que dependen de la temperatura del gas, dicen que al exponer el aparato á la influencia de la radiación se eleva la temperatura, ya de la superficie interna de la ampolla, ya de una de las caras de las paletas; que las moléculas gaseosas aumentarán ó disminuirán su velocidad según que su temperatura sea menor ó mayor que la superficie con la cual chocan; por esta razón adquieren mayor velocidad al chocar contra las caras ennegrecidas, y la pierden al reflejarse en las paredes de la ampolla y en las caras blancas de las paletas. Por esta causa el movimiento del molinete será tanto más rápido cuanto más intensa sea la radiación y mayor la diferencia de poder absorbente entre las caras de las paletas, y hasta cierto punto la rarefacción; porque si el gas se halla poco enrarecido, las moléculas reflejadas por las paletas chocan con otras que les impiden ó dificultan el llegar hasta las caras de la ampolla, y si la rarefacción es muy grande, el número de moléculas que choque no será suficiente para que con su fuerza viva venzan los rozamientos del radiómetro (1). Cuando la densidad del gas interior de la ampolla sea mayor que la conveniente, las moléculas que se encuentran en contacto con las caras ennegrecidas de las paletas, al elevar su temperatura disminuyen su presión sobre ellas, y como sobre las opuestas es mayor, el molinete gira en sentido inverso. Lo mismo se observa cuando se oculta ó retira el foco que había producido con su radiación el movimiento directo.

Teoría eléctrica. — Fúndase esta teoría en la propiedad que tienen los cuerpos de color oscuro de electrificarse positivamente, y los de color claro ó

(1) Si el foco de radiación es muy intenso y está cerca de las paletas, se verá que aun en estas condiciones giran rápidamente (últimos experimentos citados en la Memoria), lo cual se explica, porque aun cuando sea menor el número de moléculas, están animadas de mayor velocidad.

superficie brillante de electrizarse negativamente cuando reciben la radiacion de un foco luminoso. Segun ella, al recibir el globo de vidrio una radiacion se electriza negativamente su cara exterior, y positivamente la interior; por la misma causa las paletas próximas al foco se electrizan positivamente en sus caras ennegrecidas, y con signo negativo en las brillantes; de esto resulta una atraccion de las paredes sobre las últimas y repulsion sobre las primeras, y por lo tanto, rotacion del aparato. Al enfriarse, como las paletas emitirán una cierta cantidad de la radiacion absorbida, cambia de signo su estado eléctrico, y el radiómetro gira en sentido opuesto.

Tal es el resumen de las dos teorías más admitidas para explicar los movimientos del radiómetro. A continuacion insertamos los últimos experimentos practicados con este ingenioso aparato, traduciendo el siguiente

Extracto de la Memoria leida por el profesor Guillermo Crookes ante la Sociedad Real de Londres.

El objeto principal de los experimentos que se refieren en la Memoria, es determinar la intensidad de la repulsion producida por la radiacion sobre discos coloreados con diversas sustancias minerales y vegetales. El aparato que se dispuso con este objeto consiste en una balanza formada por una paja, suspendida en medio de un hilo finísimo de vidrio; de un extremo pende una varilla, en la cual se colocan los discos que se trata de ensayar, hasta el número de seis, y en el otro un platillo, en el que se colocan pesos que equilibren el de los discos. Una luz-tipo, colocada á una distancia fija, es el foco que produce la radiacion, y la intensidad del movimiento que se verifica bajo su influencia se mide por un rayo luminoso que refleja un espejo (colocado en el brazo de la balanza) sobre una escala graduada. El disco que sirve de tipo ó medida está recubierto con negro de humo, y un sistema de pantallas, convenientemente dispuestas, permite dirigir los rayos sobre el disco cuya repulsion se quiere ensayar; de este modo se hacen comparables los resultados. La balanza con los discos, etc., está encerrada en una ampolla de cristal, que se puede unir á una máquina neumática, capaz de producir la rarefaccion del aire hasta el grado necesario para los experimentos.

La mayor parte de las sustancias colorantes empleadas eran precipitados químicos, puestos sobre

discos de mica ó médula de saúco. En otros experimentos se cortaban discos de la materia que se deseaba ensayar; solian tener 17,25 milímetros de diámetro.

Cada vez que se variaban los discos se efectuaba la rarefaccion en el mismo grado que en el anterior experimento, y para evitar la presencia del vapor de agua en el interior de la ampolla, se colocaba ácido fosfórico anhidro. Es muy esencial que el grado de rarefaccion sea el mismo en todos los experimentos, como lo demuestra el siguiente: Colocados dos discos de médula de saúco, el uno ennegrecido con negro de humo y el otro con su color blanco natural, y sometidos á la accion de la luz-tipo, colocada á igual distancia, la relacion entre las repulsiones que experimentan es de 100 á 55,5 cuando están expuestos el disco negro y blanco respectivamente. Si se aumenta la rarefaccion, la relacion es: $\frac{\text{Negro}}{\text{Blanco}} = \frac{100}{42,5}$; llevada la rarefaccion al grado en que generalmente se verifican los experimentos, la relacion es: $\frac{\text{Negro}}{\text{Blanco}} = \frac{100}{55}$.

Para comparar los diferentes experimentos se ha tomado como tipo la repulsion acusada por la balanza cuando se ensaya un disco de médula de saúco recubierto con negro-humo, cuya repulsion se ha representado por 100. Los cuerpos ensayados eran unos ciento, y los resultados de los experimentos están contenidos en catorce tablas, de las cuales harémos un extracto.

La tabla núm. 1 contiene diversos experimentos hechos con materias cuyo polvo es negro; la intensidad de la repulsion media está representada por 92,2 cuando los rayos luminosos inciden directamente, y por 99,1 cuando pasan á traves de una capa de agua.

La tabla 2.^a contiene resultados de experimentos con polvos blancos; la repulsion media está representada por 55,5 para los rayos directos, y por 8,5 cuando pasan á traves del agua. Estos números prueban que las materias blancas poseen la propiedad de absorber la mayor parte de los rayos caloríficos oscuros, y cuando éstos son interceptados por la capa de agua disminuye la repulsion causada por radiacion en la proporcion notable que dejamos consignada.

La tabla 3.^a contiene resultados obtenidos ensayando materias cuyo polvo es encarnado. Entre éstas, el precipitado de selenio es notable; sometido á la accion directa de la luz, la repulsion es 55,8, y cuando se interpone una capa de agua

es 69,5. Excepto para este cuerpo, el término medio sobre los demas rojos es, para los rayos directos, 52,2, y con interposicion del agua, 24,9.

La tabla 4.^a se refiere á materias cuyo polvo es pardo. Entre éstas, el peróxido de talio (1) es notable, porque es repelido por la radiacion con mayor intensidad que ningun otro cuerpo de los examinados hasta el presente, el número que la representa es 121,7. Los demas polvos pardos reciben una accion parecida á la del negro, y los términos medios que la representan son 92,7 y 94,5 para los rayos directos y con agua interpuesta respectivamente.

La tabla 5.^a anota resultados obtenidos con polvos amarillos. Entre éstos, el de ácido tungstico-anhidro se parece mucho en su accion al rojo de selenio. Los números correspondientes á la accion de los rayos directos y con interposicion de agua, son 50,8 y 72,2. El término medio de la accion para otras materias amarillas es, para rayos directos, 55,7; con agua interpuesta, 45,8.

La tabla 6.^a se refiere á materias verdes. Los resultados presentan algunas anomalías que se detallan más adelante.

La tabla 7.^a contiene resultados obtenidos con materias azules. La accion sobre ellas presenta la particularidad de ser más intensa á través del agua que con los rayos directos; los números que las representan son 65,2 y 55,8 respectivamente.

La tabla 8.^a se refiere á la accion sobre materias colorantes de origen orgánico. Entre ellas merece citarse el azafran y un producto de la descomposicion de la clorofila (2), sobre los cuales la accion es distinta que sobre los amarillos y verdes de origen inorgánico.

La tabla 9.^a contiene resultados de experimentos efectuados con metales, preparados de diversos modos y recubiertos con negro de humo, mica, etc. Son notables los resultados obtenidos con el hierro y el oro; el primero absorbe principalmente los rayos oscuros, mientras que el segundo hace lo propio con los luminosos.

Las tablas 10.^a y 10.^a A contienen resultados obtenidos con varias sales de plata que se ensayaron en dos estados sensibles é insensibles á la luz. El

(1) En la Memoria dice peróxido, como traducimos; pero queda la duda de si Crookes se refiere al sobreóxido (Tl_2O_3), que es la combinacion más oxigenada bien conocida, ó á otro compuesto más oxigenado que anunció el mismo Crookes, pero cuya existencia no ha sido confirmada por Lamy, Willm y Werther, que han estudiado especialmente las combinaciones de este metal. — (N. del T.)

(2) La materia colorante verde de las hojas es muy difícil de obtener en estado de pureza. — (N. del T.)

cloruro, bromuro y yoduro de plata, en sus diferentes estados, se expusieron á la accion de la luz-tipo, despues de haber sido sometidos á la influencia de las luces solar, del dia (sin recibir el sol directamente), y de magnesio. Los resultados demuestran cuán pronto un cambio de estado en la superficie de un cuerpo se revela por un aumento de repulsion bajo la influencia de la radiacion.

La tabla 11.^a da los resultados de experimentos con discos de selenio en estado vítreo y cristalino. En el último es más sensible á la accion de la luz, y los resultados obtenidos parecen demostrar que la impresion de la luz sobre la superficie produce una alteracion en ella y en las moléculas gaseosas que la rodean, y que estas alteraciones subsisten durante algun tiempo. Este fenómeno está enlazado con el cambio que, como conductor de la electricidad, experimenta el selenio cristalino; cambio que subsiste durante algun tiempo cuando el cuerpo pasa de la luz á la oscuridad.

La tabla 12.^a muestra resultados de experimentos verificados con diversas materias, como médula de saúco, mica, carbon vegetal, cristal, etc. El más notable de todos es el verificado con tres discos de médula de saúco: uno con sus dos caras blancas, el otro con la cara anterior ennegrecida (disco-tipo), y el tercero con la cara posterior cubierta de negro humo. El primero fué repelido con una intensidad representada por 17,7; el segundo (el tipo) por 100, y el tercero no se movió. La repulsion ejercida sobre la cara blanca es la misma en los tres casos; pero el negro de humo colocado en la cara posterior produce en ella una radiacion cuya presion es precisamente la misma que la causada por la luz directa en la cara anterior, y la neutraliza (5).

Otros experimentos tuvieron por objeto determinar si para los efectos de la repulsion por radiacion tenian más influencia los caracteres físicos de los cuerpos ó los químicos. Se hizo un experimento con carbon de cáscara de coco, y se vió que la repulsion era sólo 11,6, mientras que para la médula de saúco blanca es 17,7. Tambien se vió que un radiómetro hecho con discos de cáscara de coco, aún cuando se recubriese una cara con negro-humo, era muy poco sensible, mientras que construido con médula de saúco hemos visto que lo es mucho. La pequeña repulsion que acusa el carbon vegetal es efecto

(3) Por este razonamiento y el giro dado á otros experimentos se deduce que Crookes es partidario de la teoria de la presion molecular ó accion dinámica de los gases. — (N. del T.)

de que su porosidad permite pasar el calor de una cara á la opuesta, y por lo tanto, se origina una presión molecular en las dos caras, y el número obtenido indica sólo la diferencia entre estas dos acciones opuestas.

En los experimentos se usaron, además de la capa de agua, otras pantallas transparentes; pero el agua es preferible, en primer lugar, por ser casi perfectamente opaca para los rayos caloríficos oscuros, lo que hace posible determinar separadamente los efectos debidos al calor, y al calor y la luz combinados; en segundo lugar, es incolora, y no ejerciendo acción determinada sobre los rayos luminosos, puede usarse en combinación con materias de colores diversos, sin complicar ni influir en los resultados.

Después de discutir los resultados de los experimentos verificados, pasa Crookes á deducir algunas consecuencias. Divide los cuerpos ensayados en dos clases:

1.^a Aquellos en los cuales la repulsión con capa de agua es mayor que sometidos á la acción directa de la luz.

2.^a Aquellos en que la repulsión (con relación á la experimentada por el tipo) es menor á través de la capa de agua que cuando reciben directamente los rayos luminosos.

Entre los primeros pueden mencionarse el cobre, el tungsteno, el azafrán, el precipitado de selenio (rojo) y el oxalato de cobre. Al segundo grupo pertenecen el óxido de cromo, el ácido persulfocianhídrico, el óxido de zinc, el sulfato de barita y el carbonato de cal.

Conocidos los resultados de los experimentos citados, se construyeron varios radiómetros para comprobar la exactitud de las indicaciones obtenidas con y sin la interposición de una capa de agua.

Un radiómetro hecho de médula de saúco, recubierto de un lado por óxido de cromo (verde pálido), y por el otro con precipitado de selenio (rojo escarlata), se mueve en una dirección, expuesto á los rayos directos, y en la opuesta cuando atraviesan una capa de agua. Otro radiómetro (también de médula de saúco), recubierto por un lado con azafrán y por otro con óxido de zinc hidratado (blanco), no se mueve expuesto á los rayos directos, pero gira cuando atraviesan una capa de agua. Otro radiómetro, recubierto por un lado con óxido tálico (pardo) (1), y por el otro con pro-

tocloruro de platino amoniacal (verde), giraba rápidamente expuesto á los rayos directos, y se paraba cuando atravesaban una capa de agua.

Se hicieron otros muchos experimentos, y todos vinieron á demostrar la exactitud de los números consignados en las tablas mencionadas anteriormente.

Otro experimento también notable fué someter á la radiación de un mechero Bunsen, cuya llama se había coloreado de verde intenso por el talio, un radiómetro (de médula de saúco), recubierto en una cara con precipitado de selenio, y en la otra con óxido de cromo. A la vista el óxido de cromo parecía casi blanco, y el precipitado de selenio negro, y no obstante, la repulsión más intensa, debida al cromo, es aparentemente tan fuerte como cuando se emplean los rayos oscuros. Esto prueba que hay ciertos cuerpos que tienen un poder de absorción para los rayos de calor oscuros, opuesto al que poseen para los luminosos, y que, por lo tanto, un cuerpo puede ser ópticamente blanco y termalmente negro, y vice-versa. En el experimento anterior, por ejemplo, el óxido de cromo es ópticamente verde y termalmente negro, mientras que el selenio es ópticamente de color escarlata, y termalmente blanco.

Se hicieron también experimentos para determinar la intensidad de la repulsión, producida cuando la luz polarizada incide sobre una placa de turmalina suspendida en una balanza de torsión colocada en el vacío. Se sospechaba que la repulsión variaría según el plano de polarización del rayo incidente; pero aún cuando se repitieron escrupulosos experimentos para determinar esta variación, no fué posible apreciarla.

Sigue la Memoria examinando el efecto de la radiación sobre radiómetros cuyas paletas son metálicas, unas veces pulimentadas por ambas caras y otras brillantes en una, y recubierta de negro-humo la otra. Uno de lo más notables es lo observado con un radiómetro, una de cuyas caras estaba ennegrecida y la otra brillante. Cuando se le sometía á la acción de la luz, la rotación era positiva, es decir, siendo repelida la cara negra; pero si se

añadir para que se comprendan mejor los experimentos. Por el efecto producido por la radiación directa en este experimento, se deduce que se trata de un compuesto de talio de color pardo, que tal vez sea el óxido de talio algo hidratado, pues anhidro es negro, é hidratado amarillo, ó acaso se refiera al sobreóxido, que es violáceo, y cuya gran sensibilidad (121,7) á la radiación directa ya se ha mencionado. También puede referirse al producto que resulta de quemar el talio en el oxígeno, que es mezcla de los dos óxidos anteriores y negruzco.—(N. del T.)

(1) En el original no existe la indicación de los colores de los cuerpos ensayados que hemos creído conveniente

hacia girar 45° el extremo de las paletas, de modo que la cara ennegrecida se volviese hacia arriba, se disminuía la rotación, se detenía ó se convertía en negativa, según la extensión de paleta que se había hecho girar.



Cuando las paletas permanecían planas, pero los brazos del radiómetro se doblaban de suerte que aquéllas presentasen más superficie de un lado que de otro frente á la ampolla, giraba bajo la influencia de la radiación en el sentido indicado por las flechas (Fig. 1.^a), aun cuando las dos superficies fuesen idénticas. Esto prueba, que una posición favorable de las paletas respecto á las caras de la ampolla, tiene más influencia que el calor de la superficie de aquéllas. Estos experimentos se hicieron con radiómetros de la forma iniciada en la figura 1.^a, ya de mica gruesa ó delgada, ó de médula de saúco ó de aluminio brillante en las dos caras, ó ennegrecido en una y brillante en la otra.

Otra parte de los experimentos tuvo por objeto determinar el sentido de la rotación cuando se sometía el radiómetro á cambios de temperatura; hé aquí algunos, y la explicación dada por Crookes de los fenómenos observados. Cuando se enfria un radiómetro gira en sentido negativo. Si se aplica á la ampolla un anillo de metal calentado según su círculo máximo horizontal, la rotación es siempre positiva; pero cuando se aplica á la parte superior ó inferior un pequeño anillo también caliente, la rotación es en sentido negativo. La dirección del movimiento cuando se aparta el anillo caliente y el radiómetro se enfria es positiva, cuando las paletas son de aluminio y negativa con paletas de mica delgada y médula de saúco. La rotación positiva cuando la ampolla es calentada ecuatorialmente, es independiente de la naturaleza de las paletas; es causada por la presión molecular, efecto de la dilatación producida por el

anillo caliente, que golpea las paletas como si un ligero viento soplase sobre ellas.

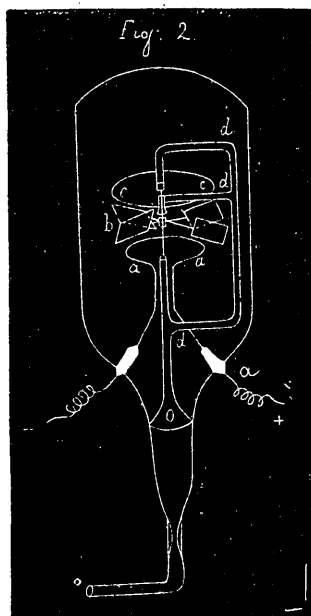
Otros experimentos se hicieron con radiómetros de paletas metálicas en forma de cilindros conos y de copa. Un extracto de estos experimentos fué publicado ya (1), y en ellos se consignaba que la teoría de la *acción dinámica de los gases* no podía explicar algunos de los movimientos observados. Experimentos más completos parecen ahora demostrar que todos los movimientos observados son aplicables por la mencionada teoría. El movimiento que aparecía como más anómalo era el de atracción experimentado por las aletas de un radiómetro, cuando tenían forma cónica ó de copa é incidían los rayos luminosos solamente sobre la parte hueca. La explicación es la siguiente: Cuando los rayos luminosos caen sobre la parte hueca, unos son reflejados, pero otros son absorbidos; y siendo la paleta de aluminio, y este cuerpo buen conductor del calor, como además la aleta es muy delgada, se calienta uniformemente y al rededor de ella lo verifica de igual modo una capa gaseosa que viene á formar como una atmósfera, con mayor tensión que el resto de los gases contenidos en la ampolla. Cuando éstos no están muy enrarecidos, la tensión de aquella atmósfera no es suficiente para que los gases que la constituyen puedan llegar hasta las paredes de la ampolla; pero á medida que el vacío tiende á ser más perfecto, los gases dilatados ensanchan su círculo de acción, llegan hasta las paredes de la ampolla, y proporcionando éstas la reacción consiguiente, el cono del radiómetro se encuentra comprimido en toda su superficie; por la forma de éste recibe mayor número de moléculas reflejadas en la superficie exterior que en la interior, y el radiómetro gira en sentido negativo, es decir, como si estuviera atraído por la luz.

En un radiómetro cuyas espigas sostenían cuatro copas de aluminio, giraba lo mismo que si tuviera paletas planas, y una de las caras de éstas ennegrecida. Con uno de estos radiómetros, se hicieron experimentos para determinar la velocidad de rotación con diferentes grados de rarefacción. Los resultados se representaron gráficamente; para trazar la curva se tomaron como abscisas las presiones atmosféricas medidas en millonésimas, y el número de revoluciones correspondientes como ordenadas. Por esta curva se ve que la acción de

(1) *Proceedings of the Royal Society for November 16, 1876*, núm. 175, pág. 313.

la luz sobre el instrumento va aumentando con la rarefaccion hasta que ésta llega á 50 millonésimas; permanece estacionaria de 50 á 50 millonésimas; desde este punto decrece rápidamente la velocidad de giro, hasta ser $\frac{1}{38}$ de la máxima, cuando la presion es de una millonésima; y cuando la rarefaccion llega á 0,2 de millonésima, el radiómetro cesa de girar aun cuando reciba la radiacion de cinco luces próximas.

En el resto de la Memoria están expuesto los experimentos verificados con un radiómetro cuyas paletas eran de mica y se hallaban dispuestas como las aspas de un molino de viento (*Fig. 2^a*) para que



recibieran más fácilmente la presion molecular, ocasionada por un anillo de platino *a* que se hacia incandescente por medio de una corriente eléctrica; se colocó este anillo dentro de la ampolla con objeto de conocer la presion molecular, debida á un calor intenso que no sería posible que atravesase las paredes de vidrio, ni que obrase sobre las paletas en posicion tan favorable. En casi todos estos experimentos se colocó sobre las paletas *b* y á corta distancia un disco de mica *c* que giraba independiente de ellas por estar apoyado sobre un pivote distinto. La rotacion se supone positiva para las paletas, cuando giran en el sentido que lo verficarian si soprase una brisa del lado del anillo de platino; y para el disco de mica se entiende positiva cuando gira en sentido contrario que las paletas. Los experimentos empezaron sin hacer el vacío; después rarificando poco el

aire, y por último, aumentando la rarefaccion todo lo posible.

Cuando la ampolla estaba llena de aire á la presion ordinaria, al enrojecer el hilo de platino *a* las paletas *b* y el disco *c* giraban positivamente, y por lo tanto (segun lo dicho ántes), en direcciones opuestas.

Cuando la presion era de 80 milésimas de atmósfera, el disco no giraba; las paletas lo hacian lentamente en sentido positivo.

A 19 milésimas de presion disco y paletas permanecian en reposo, ya estuviera el hilo incandescente, ya frio.

A la presion de 14 milésimas el disco continuaba en reposo, las paletas giraban lentamente, pero en sentido negativo.

Con una milésima de presion, el disco gira en sentido positivo lentamente, y las paletas en sentido negativo con alguna mayor rapidez que en el experimento anterior.

Al tratarse de grandes rarefacciones, vuelve el autor á emplear como unidad la millonésima, como en experimentos ya citados.

Con presion de 706 millonésimas, los sentidos de la rotacion son idénticos á los del caso último; pero las velocidades son algo mayores.

A la presion de 294 millonésimas las velocidades del disco y las paletas son iguales, y siguen girando ambos en la misma direccion. Aumentando algo más la rarefaccion, la velocidad de las paletas disminuye y la del disco aumenta.

Con una presion de 141 millonésimas el disco gira rápidamente en sentido positivo, pero las paletas no se mueven; disminuyendo la presion á 129 millonésimas, se opera un gran cambio; las paletas que estaban en reposo, empiezan á girar positivamente; llegando á la velocidad de 100 revoluciones por minuto, el disco sigue girando positivamente, pero con menor velocidad que ántes. Aumentando la rarefaccion, es tambien mayor la velocidad del disco y de las paletas hasta llegar y aún exceder de 600 revoluciones por minuto. Al máximo de rarefaccion que se consiguió en estos experimentos (0,4 millonésimas de atmósfera), seguia girando con la misma velocidad. Además de los experimentos citados se hicieron otros con un radiómetro mucho más complicado, pero no es posible dar idea de ellos sin numerosas figuras.

Crookes termina su Memoria haciendo notar que las ideas que generalmente se tienen respecto al vacío deben modificarse mucho en vista de los

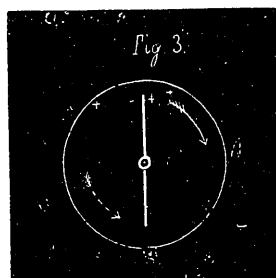
experimentos citados. Se creía, por ejemplo, que por medio de una máquina neumática Sprengel ó por absorciones químicas se podía llegar al vacío casi perfecto; siendo la prueba que la rarefacción fuera tal que interrumpiera la descarga de una fuerte batería eléctrica: esto se consigue cuando la rarefacción es 100.000 veces mayor que á la presión ordinaria. Termina recordando que, según Mr. Johnstone Stone, el número de moléculas contenido en un centímetro cúbico de aire á la presión ordinaria no es probablemente inferior á un millar de trillones, y que por lo tanto dividido este número por 0,4 de millonésima, que es la rarefacción alcanzada en los últimos experimentos quedan 250.000.000.000.000 de moléculas en cada centímetro cúbico, número suficiente para poder explicar los efectos dinámicos observados. Hasta aquí el extracto de la Memoria de Crookes.

Aun cuando en el anterior extracto no están todos los experimentos llevados á cabo últimamente por Crookes, entre los consignados hay algunos tan interesantes y tan difíciles de explicar por las dos teorías hoy más admitidas, que hacen sentir que no sea tan rica la Memoria en deducciones como en hechos. El ánimo, aunque complacido al ver lo ingenioso de algunos de los nuevos experimentos, no queda satisfecho si no se da cuenta de la causa que produce los movimientos observados. Sin el pretencioso propósito de encontrar la explicación de lo que dejamos referido, vamos á proceder á un breve exámen de algunos hechos, para ver hasta qué punto confirman ó están en contradicción con las teorías ligeramente expuestas al principio de este artículo. No creemos ocioso repetir que ni en nuestras deducciones ni en la opinión que manifestemos hay pretensión alguna docente; nuestra aspiración es más modesta; se limita á dar á conocer experimentos que puedan promover otros, y exponer con desconfianza opiniones que otros con más medios podrán rectificar ó completar.

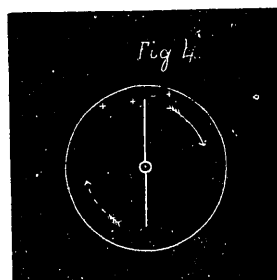
Los resultados de los experimentos consignados en las once primeras tablas, creemos que pueden explicarse satisfactoriamente por las dos teorías expuestas; admitiendo en la de la presión molecular que la dilatación de los gases debida á la diferencia de temperaturas entre las paredes de la ampolla y las caras de las paletas es suficiente para producir los efectos dinámicos observados.

El experimento más notable contenido en la tabla 12, es difícil de explicar con los principios

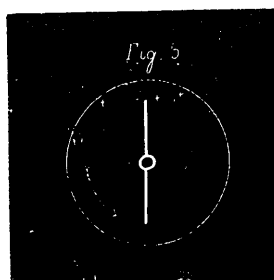
sentados en la teoría eléctrica: se recordará que consistía en someter á la acción de la luz en la balanza de torsión un disco con las caras de las paletas del color natural de la médula de saúco que la formaba; expuesto á la acción de la luz, era rechazado en la dirección marcada por la flecha de trazo lleno (Fig. 5), siendo así que, según la



teoría eléctrica, debía girar en la dirección indicada por la flecha de trazos, según se deduce de los signos inscritos en la figura que suponen el foco luminoso situado á la izquierda en éste y en los dos siguientes experimentos. El segundo, se recordará que se había hecho con el disco tipo ennegrecido en la cara anterior y blanco en la posterior; giraba la balanza en el sentido indicado por la flecha llena (Fig. 4.), y por la de trazos, y con-



forme los signos del estado eléctrico de las paredes y disco: se ve que en este caso la teoría está conforme con los hechos observados; lo cual por otra parte no podía menos de suceder, porque este es el caso general que ha servido de base á todas las teorías. En el tercer experimento la cara anterior del disco era blanca y la posterior estaba



recubierta con negro humo; segun la teoría eléctrica, la balanza debía girar en el sentido indicado por la flecha de trazos (*Fig. 5*); pero segun se consignó más arriba, en este caso la balanza no se movia: vemos, pues, que de estas tres observaciones, sólo una está conforme y puede explicarse por la teoría eléctrica. Tampoco nos parece explicable, con arreglo á esta teoría, que un disco de carbon de cáscara de coco sea ménos sensible á la accion de la luz (11,6) que uno blanco de médula de saúco (17,7). Hemos visto tambien que los experimentos hechos con radiómetros de aluminio, brillante en sus dos caras, de mica delgada y de médula de saúco, giraban en el sentido de las flechas (*Fig. 1.^a*) sólo con que los brazos estuvieran doblados como indica la figura, permitiendo así que las paletas tuviesen una posicion más favorable para recibir el choque de las moléculas gaseosas; tampoco la teoría eléctrica explica á nuestro juicio estas observaciones. Otro de los experimentos cuya explicacion no creemos fácil por la última teoría mencionada, es el hecho con un radiómetro cuyos cuatro brazos sostenian otras tantas capas de aluminio pulimentado interior y exteriormente; segun ella, las caras anteriores, siendo brillantes, debian electrizarse negativamente; y si lo verificaban con el mismo signo y por la misma razon las posteriores, estando atraídas unas y otras en sentidos contrarios por las paredes de la ampolla que se electriza positivamente, el radiómetro debia permanecer en reposo, lo cual no sucede sino cuando la rarefaccion es muy grande, y esto tambien se explica por la teoría de la accion dinámica de los gases, que en éste como en los anteriores casos está en perfecto acuerdo con las observaciones consignadas en la parte de la Memoria que hasta ahora hemos examinado.

Llegamos al exámen de la parte última, que contiene los experimentos hechos con el aparato representado en la figura 2.^a Que el radiómetro sometido á la fuerte radiacion del hilo incandescente de platino, gire en sentido positivo y el disco tambien en sentido positivo, y por lo tanto, contrario (segun las convenciones hechas), lo encontramos fácilmente explicable por la teoría de la presion molecular. En efecto, los gases en contacto con el hilo se dilatan y se llevan viniendo á chocar contra las paletas del radiómetro que por su posicion inclinada las reflejan, haciendo que vayan á chocar con el disco de mica en direccion contraria á la que traian cuando chocaron con las pale-

tas: se comprende fácilmente que estas dos acciones produzcan los dos movimientos de giro observados á la presion ordinaria y con pequeña rarefaccion. Tambien se explica que, aumentando ésta y disminuyendo más rápidamente el número de moléculas que chocan, que la viscosidad del aire (1), el disco y las paletas se paren á la presion de 19 milésimas de atmósfera; pero lo que no tiene explicacion satisfactoria con esta teoría es que al aumentar la rarefaccion y recobrar el movimiento las paletas, lo hagan en sentido contrario; y áun nos parece más difícil de explicar, que despues de haber adquirido gran velocidad en sentido negativo la vuelvan á perder, se paren á la presion de 141 millonésima, y por último, que cuando ésta desciende á 129 vuelvan á girar, pero en sentido positivo y con una gran velocidad (100 revoluciones por minuto); el disco entre tanto siempre ha girado en sentido positivo, aunque con velocidades variables.

Por medio de la teoría eléctrica se ha explicado que las paletas y el disco giren en sentidos contrarios; pero que giren en el mismo sentido, como sucede en varios de los experimentos anteriores, y que las paletas cambien el sentido de su rotacion, tampoco nos parece fácilmente explicable con arreglo á ella.

Otros experimentos y los esfuerzos reunidos de los varios físicos eminentes que actualmente estudian estos curiosísimos fenómenos, nos darán sin duda alguna explicacion de éstas que ahora nos parecen anomalías á los profanos.

A.

TRAMVÍAS.

MÁQUINA DE VAESSEN.

(Lámina 65.)

Lo que más preocupa hoy día á las Empresas de tramvías, es, sin duda alguna, la cuestion de la traccion; pues mientras hay quien afirma la conveniencia de los animales para dicho servicio, los hay que afirman lo contrario y son decididos partidarios de las locomotoras; no nos meteremos en esta discusion, y nuestro objeto es indicar los últimos adelantos sobre las máquinas destinadas á este servicio.

El Ingeniero Mr. Vaessen, Director de los ta-

(1) En una Memoria leida por Crookes ante la Sociedad Real de Lóndres en Noviembre de 1876, hizo constar que la viscosidad del aire con una presion de 129 millonésimas de atmósfera era muy poco inferior á la que poseia á presion ordinaria.