

**TEORÍAS DE LA FÍSICA MODERNA.**

---

**APENDICE**

Á LAS

**NOCIONES ELEMENTALES**

DE

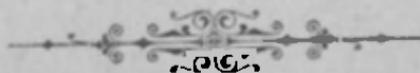
**FÍSICA Y QUÍMICA**

POR

**DON JORGE MASSA SANGUINETI,**

Catedrático numerario de esta asignatura en el Instituto de Córdoba.

**ESCRITO POR EL MISMO**



*R. 20458*

CÓRDOBA. 1889.

ESTABLECIMIENTO TIPOGRÁFICO LA ACTIVIDAD,

*García Lovera, número 16.*



*Habiéndose mandado á los Catedráticos de Instituto imprimir los programas de las respectivas asignaturas cuando estaba anunciada para el curso inmediato la division de las asignaturae de Física y Química, creí conveniente incluir en el programa de Física unas cuantas lecciones dedicadas á una breve esposicion de las teorías modernas. Oralmente he cumplido hasta ahora, como mejor he podido, el compromiso que con mis alumnos contraje. Hoy publico los ligeros apuntes que siguen, teniendo en cuenta que cada un día se abren más camino y adquieren más adeptos las teorías propuestas en parte y en parte coordinadas por el sabio astrónomo y eminente fisico R. P. Secchi.*

*Defectuoso es este ensayo, pero servirá, cuando menos, para estimular á otros profesores á presentar estos mismos conocimientos bajo aspecto más científico.*



---

# TEORÍAS MODERNAS DE LA FÍSICA.

---

## LECCION I.

Del eter; materialidad de este fluido. Hipótesis sobre la estructura interior de los cuerpos: estados sólido, líquido y gaseoso.

En cada uno de los tratados en que se halla dividido el estudio de la Física, que hemos terminado, hemos visto admitidas diferentes teorías, hipotéticas en su mayor parte, y más ó menos admisibles, segun que nos sirven para explicarnos mayor ó menor número de fenómenos.

Entre otras teorías. al dar principio al estudio del calor y de la luz indicamos someramente una, denominada de las ondulaciones, á cuyo movimiento, que se efectua en un fluido especial al que denominamos éter, atribuimos la produccion de los fenómenos caloríficos y luminosos.

Especialmente, respecto á la luz no puede hallarse una teoría que tenga más exacta comprobacion, puesto que permite explicar todos los fenómenos que á la luz se refieren, habiendo desterrado el cúmulo de teorías inventadas para darnos razon de cada uno de ellos.

Pero no es solo en el terreno de la luz donde tan notable ventaja puede obtenerse. Las propiedades especiales de los cuerpos, hablando físicamente, las fuerzas abstractas, los diferentes agentes ó los varios fluidos inventados para explicar hechos que de otro modo no podian concebirse pueden ser desterrados del dominio de la Física porque (al menos, segun las ideas de sábios eminentes, que si no están completamente comprobadas, tienen

en su favor la mayor suma posible de probabilidades) todos los agentes ó fuerzas de la naturaleza dependen del movimiento y á él se reducen, y en este sentido se verifica la actual evolucion de la Física que tiende «*á reducir los fenómenos fisico-químicos á puros movimientos de una sola materia elemental, difundida por el universo y condensada á trechos, formando la materia ponderable.*» (1)

Efectivamente la nueva teoría, aun hipotética, pero que es una sola hipótesis que sustituye á las numerosas que en las anteriores lecciones hemos indicado, supone que el mundo físico se halla formado por átomos de una sola especie, que constituyen un medio universal denominado *éter*, fluido sumamente elástico y muy denso, esparcido en los espacios planetarios y en la atmósfera terrestre y que no solo rodea á todos los cuerpos sino que penetra en su interior, llenando sus poros, envolviendo sus moléculas y ejerciendo sobre ellos una presión constante.

Pero segun la misma teoría los fenómenos físicos y químicos son puros movimientos de esa misma materia y por tanto los átomos del *éter* han de estar dotados de movimientos que se comunican los unos á los otros y que transmiten á los cuerpos á que rodean. Estos movimientos son dos, uno de rotacion y otro de traslacion en virtud de los cuales, al chocarse, unas veces rebotan y otras se agrupan y enlazan formando las moléculas de los cuerpos tanto simples como compuestos y en cualquiera de los estados en que pueden presentarse.

Materia y movimiento son pues la causa de los fenómenos, y de una y de otro podemos afirmar que ni se crean ni se destruyen, únicamente se transforman. Respecto á la materia lo ha comprobado ya la Química: respecto al movimiento lo demuestra la correlacion de los fenómenos. Un movimiento inecánico: choque ó rozamiento, se transforma en calor que es otro movimiento: el calor se transforma en electricidad ó en luz, otros movimientos; solo que el movimiento primitivo, el choque ó el rozamiento son movimientos totales y visibles de los cuerpos y el

(1) *Cuatro palabras sobre Física*, por D. J. M. Amigó.

calor, la luz y la electricidad son movimientos parciales é invisibles de las moléculas de los cuerpos ó de los átomos de éter que en ellos se hallan alojados. Y esas transformaciones de unos movimientos en otros, siempre se verifican con relacion á una medida fija y determinada, que si en todos los casos fuera conocida, habria descornado casi por completo el velo que nos impide descubrir la ley general de los fenómenos naturales.

Hasta ahora la idea de movimiento era inseparable de la idea de fuerza á la que hemos definido diciendo que es toda acción que produce ó destruye ó tiende á producir ó á destruir un movimiento; y como esto mismo puede verificar la materia cuando está animada de una velocidad, podemos decir que fuerza es un movimiento que se transforma en otro movimiento.

Pero este éter, esta esencia constitutiva de la materia es una abstracción metafísica ó tiene existencia real y positiva? La existencia de esta materia se deduce de una série de pruebas de las cuales podemos presentar en primera línea los fenómenos luminosos y las propiedades que le caracterizan, que son las mismas que encontramos en la materia: la impenetrabilidad y la inercia. La impenetrabilidad del éter se desprende de la definición de sus átomos y su inercia se comprueba viendo que han recibido y pueden recibir sus movimientos por trasmisión y no los pierden sino comunicándolos.

Pero es preciso que nos fijemos bien en el resultado de los choques en el caso especial en que los cuerpos, partículas ó átomos materiales se hallan animados de estos dos movimientos. Si el choque se verifica entre un cuerpo dotado de ese doble movimiento y un obstáculo resistente, no puede perder aquel ambos movimientos á la vez. Si el choque es central perderá el movimiento de traslación, pero no el de rotación y si el choque es escéntrico podrá detenerse la rotación pero no la traslación; no siendo sino muy frecuente que al perder en todo ó en parte uno de los dos movimientos gane el otro en velocidad por transformarse uno en otro. Si son dos cuerpos libres en sus movimientos y ambos dotados de los dos indicados, los efectos del choque podrán ser aun más variados, como observan en muchos casos los jugadores de billar.

Admitida la existencia del éter y no teniendo medio de aislarle, condensarle ni enrarecerle, en una capacidad, como pudo verificarse con el aire atmosférico, se le considera como materia no sujeta á la accion de la gravedad, pero no porque tenga esta condicion es distinta de la materia ponderable, la cual resultaria de la condensacion del éter, y efectivamente el estudio de los agentes ó fluidos imponderables nos lleva á considerar como muy probable que el éter es la materia llevada al más alto grado de atenuacion á que puede llegar por la accion sucesiva del calor y de la disociacion química: pues que todos los cuerpos de la naturaleza pueden experimentar los efectos de ambas acciones. No es nueva la idea de esta atenuacion de la materia. Newton la admitia y suponía que este estado seria la trasformacion de la materia en la sustancia sutil que constituye el fuego y la luz y los autores modernos que han dado forma á la nueva hipótesis dicen que las acciones que hemos citado resuelven la materia en la sustancia que llamamos éter imponderable.

Esta nueva hipótesis de la unidad de la materia tiene en su apoyo diferentes hechos y consideraciones de bastante importancia que pasamos á esponer sumariamente.

1.º La ley de Prout, que aunque ha perdido poco á poco su primera originalidad, puede espresarse diciendo: que todos los cuerpos llamados simples tienen un peso atómico múltiplo del de un cuerpo hasta ahora desconocido y cuyo átomo será el verdadero átomo simple.

2.º La consideracion de que así como el nitrógeno, hidrógeno, oxígeno y carbono constituyen casi exclusivamente por sí solos, combinados en diferentes proporciones o en diferente modo de agrupacion, los numerosísimos cuerpos orgánicos que conocemos, así tambien agrupados de diferente modo los átomos etéreos pueden originar los diversos cuerpos simples inorgánicos.

3.º Formando grupos ó familias con los cuerpos simples cuyas propiedades físicas y químicas son análogas y comparando los equivalentes de los cuerpos que pertenecen á una misma familia se vé que forman siempre una progresion aritmética como la que forman los radicales orgánicos.

4.º Los átomos de los cuerpos simples ó radicales de la química inorgánica y los radicales de la química orgánica pueden asimilarse porque las moléculas de estos últimos entran en combinacion siguiendo las mismas leyes que guardan al verificarlo los átomos de los primeros.

5.º La *isomería* ó la circunstancia de existir cuerpos de igual composicion con diferentes propiedades físicas y químicas y la *alotropía* ó la circunstancia de presentar un cuerpo de los tenidos por simples propiedades físicas y aun químicas muy distintas, hechos que no pueden explicarse sino por un diferente modo de agrupacion de los mismos componentes en los cuerpos isoméricos y de los átomos homogéneos en los alotrópicos, nos lleva á deducir que los átomos del éter agrupados de diferentes maneras pueden dar origen á los diversos cuerpos que hallamos en la naturaleza y que por sus distintas propiedades aparecen como formados por sustancias diferentes, acreciendo la verosimilitud de esta hipótesis el observar que son pocos los cuerpos que tienen dos estados alotrópicos, siendo mayor el de los isoméricos que á su vez aumentan á medida que van siendo más complicadas las combinaciones.

6.º La no descomposicion de los cuerpos considerados como simples no es prueba fehaciente de que lo sean. Es sabido que cuanto más sencilla es una combinacion química más se resiste á la descomposicion: así, pues, los radicales inorgánicos por su sencillez resisten indefinidamente á los medios de descomposicion de que podemos disponer.

Por tanto, la escala de la agrupacion molecular se puede representar del siguiente modo: en el estado más tenue el átomo etéreo; reunidos varios de estos átomos la molécula elemental de los cuerpos, que se consideran simples, uniforme en todos ellos por su composicion aunque de vário número de átomos y de diferentes propiedades por su distinto modo de agrupacion; combinadas éstas producen las moléculas compuestas y éstas reunidas forman las partículas de los cuerpos tanto inorgánicos como orgánicos segun su menor ó mayor complicacion.

Para explicarnos la formacion de las moléculas recordemos

que hemos atribuido á los átomos del éter los movimientos coexistentes de rotacion y de traslacion y prescindiendo por ahora de otras circunstancias de que luego nos haremos cargo, en virtud de estos movimientos dos ó más átomos chocarán unos con otros rebotando unas veces y agrupándose otras, especialmente cuando se hallan próximos y van animados de velocidades iguales en un mismo sentido, en cuyo caso su inercia los mantiene reunidos y para separarlos es necesario un esfuerzo.

Reunidos de este modo dos ó más átomos forman las moléculas las cuales forzosamente han de conservar los mismos movimientos que los átomos que las formaron, pues es un principio demostrado en Mecánica que en el choque no podrá destruirse sino uno de los dos movimientos, el de rotacion, por ejemplo, pero haciéndose más enérgico el de traslacion y chocándose entonces incesantemente unas con otras, las partículas formadas, por los choques excéntricos producidos se engendrará nuevamente en ellas el movimiento de rotacion: y estas moléculas situadas á distancias relativamente considerables unas de otras y animadas de los movimientos dichos, constituyen lo que llamamos estado gaseoso.

Aun cuando originariamente ó en un momento dado pudiera debilitarse el movimiento en un punto de la masa gaseosa sería reforzado inmediatamente por los choques recibidos de las otras moléculas, estableciéndose una velocidad uniforme para toda la masa (principio de la igualdad de presion); y si el gas se halla contenido en un recipiente sus moléculas no solo chocarán entre sí sino contra las paredes que las encierran; resultado de estos choques será una presion contra esas mismas paredes proporcional al número de las moléculas ó sea con la densidad.

No hallándose limitado el espacio ó habiéndose amplificado por cualquier circunstancia el recinto donde el gas se halla contenido, las excursiones de sus moléculas se extenderán al espacio amplificado produciéndose la expansibilidad, la cual, como vemos, se explica sin necesidad de recurrir á ninguna fuerza repulsiva; y resultando la elasticidad de los gases del doble movimiento de que se hallan animadas sus moléculas.

Si por su transformacion en parte en otro hubiese disminuido algun tanto la intensidad de uno de estos movimientos, el de traslacion por ejemplo, quedando el mismo ó más bien aumentado el de rotacion y habiendo disminuido por consiguiente la energía y la amplitud de las escursiones de las moléculas, éstas se hallarían como aprisionadas por las que las rodean, no tendrán la libertad que antes tenían en sus movimientos, los cuales serán ahora, como antes, el resultado de los choques sobre ellas producidos, á diferencia que ahora se mueven siendo su trayectoria una curva cerrada. El movimiento de expansion cesará en todos sentidos, menos en la superficie libre, por la resistencia que presentan las moléculas circunvecinas y el cuerpo será liquido.

La libertad que tienen las moléculas situadas en la superficie libre pudiera dar origen nuevamente al estado gaseoso y, efectivamente, así es en parte, como se vé en la evaporacion, pero se halla destruido en su mayor parte el movimiento de proyeccion que pudieran tener las moléculas en ese sentido por la presion que sobre ellas ejerce el medio universal éter, y esta misma presion, que, segun veremos, es la que origina la gravedad, determina la horizontalidad de la superficie.

A pesar de la disminucion en la amplitud de las escursiones de las moléculas en este estado, conservan estas el movimiento de rotacion y continuando sus ejes dirigidos en todos sentidos pueden resbalar fácilmente unas sobre otras y mezclarse toda la masa pues ceden al menor esfuerzo los obstáculos que limitaban su escursion.

Si continúa aun transformándose en otro parte del movimiento de traslacion de las moléculas, éstas se aproximan aun más, verifican escursiones sumamente cortas, sus ejes de rotacion toman una direccion comun, aumenta nuevamente su movimiento de rotacion y si bien oscilan aun, no pueden, sin un esfuerzo proveniente del exterior, salir del círculo en que las retienen las moléculas que las rodean. El cuerpo así formado se halla en estado sólido.

Resulta pues que á medida que los cuerpos van pasando de

un estado á otro en que las moléculas tienen menos libertad en sus movimientos vibratorios ó de expansibilidad, aumenta el movimiento de rotacion de las moléculas, y por tanto en los cuerpos sólidos tenemos un verdadero depósito de fuerza viva ó energía potencial que luego se utiliza por la transformacion de este movimiento en el de traslacion.

## LECCION II.

Propiedades de los cuerpos. Fuerzas atractivas; cohesion, afinidad, gravedad y gravitacion.

Los cuerpos, sea cualquiera el estado en que se presentan, tienen varios caracteres esenciales que se denominan sus propiedades, algunas de las cuales convienen á todos y entran perfectamente en la teoría que vamos desarrollando.

Una de estas propiedades es la accion de resistencia ó de *impenetrabilidad* que siempre oponen los cuerpos á las acciones exteriores y que considerada cuando pasan del estado de reposo al de movimiento y del de movimiento al de reposo constituye su inercia.

Pero la estension ocupada por un cuerpo no está toda llena enteramente de ese algo que denominamos materia. La experiencia en muchos casos nos hace sensible la existencia en todos los cuerpos de espacios vacios ó poros de la materia que constituye el cuerpo y si esto no fuera bastante el raciocinio nos lo haría comprensible al ver la variacion de volumen que tienen los cuerpos por la variacion de temperatura. Los verdaderos poros y las partes indivisibles de la materia no llegamos á percibirlos ni aun con el auxilio de los más poderosos aparatos ópticos. Esta discontinuidad de la materia nos esplica la *divisibilidad* y la *compresibilidad*, tambien propiedades generales de los cuerpos.

Pero el resultado de la comprensibilidad es en muchos casos efímero, es decir, que solo dura el tiempo que actúa la fuerza comprimante, resultando por tanto otra nueva propiedad denominada *elasticidad*. Esta propiedad que en los átomos del éter y

en las moléculas de los cuerpos gaseosos hemos atribuido á la existencia simultánea en ellos de los movimientos de proyeccion y de rotacion resulta en los demás cuerpos de que siendo en cierto modo persistentes ó continuas las causas que han motivado las posiciones relativas de las moléculas que constituyen un cuerpo, si algun esfuerzo interior ó exterior cambia algo y momentáneamente esas posiciones, las mismas causas tienden á reintegrar á las moléculas en sus posiciones primitivas y por tanto los grupos moleculares pueden cambiar de lugar entre ciertos límites sin salir de sus respectivas trayectorias volviendo á su posicion primitiva más ó ménos exactamente cuando cesa la fuerza perturbatriz; pero en los sólidos, si se exceden los límites indicados resulta una rotura ó la conservacion indefinida de la nueva posicion.

Nada diremos de la *movilidad* puesto que al movimiento referimos todos los fenómenos.

Para explicarnos la *atraccion* supongamos el éter uniformemente estendido en el espacio constituyendo, segun hemos dicho, un medio universal y estando dotados sus átomos de los dos movimientos que les hemos atribuido: si en un punto de este medio hay una causa especial y permanente de conmocion, una molécula, por ejemplo, animada tambien de movimiento vibratorio y formada por una pequeña cantidad de materia primitiva cuyo volúmen, masa y velocidad son mayores que los de las otras partes, ó bien por un pequeño número de átomos etéreos, dotados de igual velocidad de traslacion y de rotacion, agrupados segun hemos indicado y conservando los movimientos peculiares á los átomos, esta molécula chocará con los átomos de éter que la rodean, rechazará á estos poderosamente, por lo que disminuirán en número en las inmediaciones del centro de conmocion y la capa de éter contigua á la molécula será ménos densa que el resto del medio: pero esta accion continúa propagándose de capa en capa, dá origen á una esfera en la cual la densidad del éter es decreciente del centro á la circunferencia sin que tenga límite la extension del medio á que pueda propagarse la agitacion producida por el centro de conmocion á que nos referimos.

Si suponemos otro centro de conmocion como el anterior situado á una distancia cualquiera del primero, pero siempre finita, por lo que acabamos de decir, estará situada dentro de la esfera de accion del primero y las moléculas que constituyen estos centros encontrarán, en la direccion comun de ambas, capas de éter menos densas que en las demás direcciones y así como ellas en su movimiento chocan al éter ambiente, así tambien el éter choca con ellas, pero recibirán menos impulsiones de este fluido por la parte interior de su direccion comun y más en el sentido opuesto y por tanto tenderán á aproximarse; y como la mayor facilidad al movimiento en ese sentido dura tanto como la agitacion en ellos producida, se aproximarán hasta obrar uno sobre otro por choque inmediato. La energía de la accion que impulsa una hácia otra las dos moléculas de que nos ocupamos, como los efectos de todas las acciones que se propagan segun esferas concéntricas, es inversamente proporcional al cuadrado de la distancia que los separa.

Del mismo modo que nos hemos dado cuenta de la atraccion entre dos moléculas aisladas nos esplicaremos la atraccion no solo entre agregados de moléculas constituyendo los cuerpos que hallamos sobre la superficie terrestre sino tambien entre esos otros grupos considerables de moléculas que llamamos astros. La atraccion, tanto en unos como en otros, no proviene de una fuerza oculta especial y misteriosa que en ellos reside: su tendencia á la aproximacion toma origen en la accion que sobre ellos ejerce por sus impulsiones el medio éter en que se mueven. Así nos esplicamos la *gravitacion* y la *gravedad*.

Segun las esperiencias de Dufour, citadas en la leccion L, todo sólido tiene adherida á su superficie una pequeña cantidad de aire que forma en torno suyo una especie de atmósfera y que naturalmente se mueve con él si aquel se pone en movimiento. Este fenómeno se producirá entre el éter y las moléculas ponderables, pues estas en su movimiento necesariamente han de chocar con el éter, arrastrarle consigo en su rotacion y formarse con él una pequeña atmósfera que los envuelva. El rádio de esta atmósfera, aunque infinitamente pequeño, varia-

ble por diferentes causas, representa lo que anteriormente se decía esfera de actividad de las moléculas. Ahora bien; si dos moléculas animadas de velocidades iguales y en el mismo sentido llegan á reunirse, sus atmósferas se fusionarán constituyendo una atmósfera comun que ejerciendo presion sobre ellas aumente la cohesion que ya se habia producido por la inercia. Para que se verifique la union de las moléculas, en este caso, es necesario que sean homogéneas y tengan atmósferas iguales. Las ideas que acabamos de esponer tendrán su complemento al ocuparnos de los fenómenos caloríficos.

Aun cuando nunca nos será dado conocer la forma y dimension de las moléculas de los cuerpos, no parece aventurado suponer que sus últimos elementos, los átomos del éter, son completamente iguales en masa, volúmen y forma (probablemente esféricos) siendo tambien igual la velocidad de sus movimientos, pero las moléculas de los cuerpos pesados, constituidas por un número variado de átomos de éter y diferentemente agrupados, resultan distintas en masa, volúmen y forma, siendo tambien distinta la velocidad de sus movimientos y la atmósfera que con ellas se mueve. Al encontrarse, pues, dos moléculas que tengan las desigualdades espresadas, se romperá facilmente el equilibrio de sus atmósferas, las moléculas se precipitarán rápidamente una sobre otra chocándose violentamente y las atmósferas se fusionarán resultando la *afinidad* de la desigualdad de estas, tanto en extension como en velocidad. El choque de las moléculas al combinarse explica el desarrollo de calor en la combinacion, y con esta teoría se explican tambien perfectamente las modificaciones que el calor produce en la afinidad. Efectivamente, la diferente capacidad calorífica de los cuerpos, que es lo mismo que decir, la diferente cantidad de movimiento de que están animadas sus moléculas, hace variar sus velocidades relativas y la extension de sus atmósferas, de modo que dos moléculas, que á una temperatura tenían atmósferas desiguales y de consiguiente gran afinidad, adquieren con el cambio de la temperatura atmósferas iguales y por ende debil afinidad. Puede producirse igualmente el fenómeno inver-

so de hacerse desemejantes, al cambiar la temperatura, atmósferas antes idénticas y desarrollarse la afinidad anteriormente nula. Por este camino llegaríamos también á explicarnos algunas anomalías que se presentan al producirse ciertas combinaciones y descomposiciones.

Cuanto más activa es una combinación tanto mayor será el calor desarrollado porque será más intenso el choque entre las moléculas que se combinan y en muchos casos, como en el de la combinación del oxígeno con el sodio ó con el carbono, la elevación de temperatura será tal que el cuerpo que se combina con el oxígeno llegará á la incandescencia.

### LECCION III.

Teoría mecánica del calor. Transformación del calor en movimiento y del movimiento en calor.

Toda variación de temperatura en un cuerpo produce un movimiento de sus moléculas, de concentración cuando aquella disminuye y de expansión cuando aumenta, pero, como ya hemos indicado, las moléculas de los cuerpos se hallan siempre en movimiento en órbitas más ó menos estensas, según su estado; de modo que el aumento ó la disminución de la temperatura producirá siempre la ampliación ó disminución de estas órbitas haciendo á la vez más ó menos vivo el movimiento molecular.

Por otra parte, todo movimiento, toda acción mecánica producen calor. Calentamos nuestras manos frotando una contra otra; frotando igualmente uno contra otro dos trozos de madera seca llegan á entrar en combustión. Un obrero trabajando un trozo de metal con el martillo observa que el metal y el martillo se calientan. Comprimiendo el aire en el eslabón neumático aumentamos la temperatura del fluido hasta inflamar la yesca que iba en la base del piston. Pudieramos amontonar ejemplos análogos y sacaríamos de todos ellos que hemos aumentado las órbitas en que se movían las moléculas de los cuerpos que se han calentado haciendo á la vez más vivo el movimiento de las

mismas moléculas. Este es un movimiento vibratorio análogo al que produce el sonido y para cuya propagacion, así como aquel necesita el intermedio del aire, el calor necesita el intermedio de otro fluido que es el éter, resultando que *el calor es un modo de movimiento de la materia en el cual se chocan sin cesar las moléculas unas á otras, manteniendo ó modificando su estado* y por sus choques nos hacen experimentar la sensacion de calor: *la temperatura es el resultado de la medida de la intensidad de estos choques*. La temperatura, medida con relacion al cero absoluto, no con relacion al cero convencional del termómetro, es proporcional con la fuerza viva de las moléculas.

Pero si, como acabamos de ver, el movimiento se transforma en calor, hay relacion ó equivalencia entre la fuerza empleada en la produccion de ese calor y el calor producido? Medidas las fuerzas por kilogrametros y el calor por una unidad cualquiera, la caloria por ejemplo, podremos determinar cuántos kilogrametros equivalen á una caloria ó cuántas calorías pueden producir un kilogrametro? Joule reproduciendo, aunque algun tanto modificada, una esperiencia de Rumfort dispuso una rueda sumergida en agua la cual se ponía en movimiento por la caida de un peso: el movimiento de la rueda girando sobre su eje calentaba el agua; conocido el volúmen de esta y por la temperatura á que se elevaba se determinaba el calórico desprendido, evaluándose el trabajo mecánico por la altura de que caia el peso. La relacion entre estas dos cantidades la denominó *equivalente mecánico del calor* y demostró que para producir una caloria era preciso consumir 428 kilogrametros. Casi á la par obtuvo Mayer análogo resultado y repetidas despues estas esperiencias, variando el procedimiento, se han encontrado números que se diferencian muy poco del obtenido por Joule, habiéndose adoptado el número 425 como el equivalente mecánico del calor, es decir que es preciso 425 kilogrametros para elevar en un segundo la temperatura de un kilogramo de agua en un grado.

Pero si se ha podido establecer y comprobar prácticamente que 425 kilogrametros equivalen á una caloria no es tan fácil

determinar la recíproca ó sea la cantidad de calor que ha de ser absorbida ó destruida para producir un movimiento dado. Se han hecho estudios en diferentes máquinas de vapor cuyo régimen habia llegado á la uniformidad, y para una cantidad de vapor que pasaba por la máquina en un tiempo dado y cuyas temperaturas se medían con exactitud á la entrada en el cuerpo de bomba y á su salida y calculando la pérdida por la radiacion al exterior, se halla perfectamente comprobada, en la produccion del trabajo mecánico, una pérdida de calor cuya evaluacion es difícil, porque tambien lo es el determinar la totalidad del trabajo mecánico efectuado por el aparato.

Esta deducccion se comprueba observando lo que pasa en los animales que pueden muy bien considerarse como máquinas de fuego. El calor que estos seres desarrollan proviene de las oxidaciones lentas que se verifican en el organismo, siendo casi enteramente debido á las combinaciones del oxígeno con el hidrógeno y el carbono, y aumenta ó disminuye segun la mayor ó menor cantidad de oxígeno absorbido. El hombre, por ejemplo, en estado de reposo consume 230 gramos de oxígeno por hora: elevando el peso de su cuerpo á una altura de 450 metros por hora el número de aspiraciones se elevaba de 18 á 30 por minuto, el volúmen de aire aspirado pasaba de 700 litros á 2300 por hora, consumiendo el experimentador, que fué Hirn (á quien se deben importantes trabajos sobre este punto) no ya 230 gramos de oxígeno por hora sino 760. El calor desarrollado es considerable pero no llega todo él á hacerse sensible en el individuo: el hombre se calienta, es verdad, se desarrolla en él un exceso de calor pero no es el que debiera resultar de la cantidad de oxígeno absorbido: hay una pérdida considerable de calor que no es más que el convertido en trabajo ó sea el movimiento molecular trasformado en movimiento total.

La máquina de aire caliente de Ericson es una nueva prueba de la pérdida de calor que acompaña á la produccion del trabajo mecánico, porque los cuerpos gaseosos por su gran dilatabilidad se prestan mejor que los demás cuerpos á este género de estudios, pero tambien puede observarse igual pérdida de calor

en los cuerpos sólidos cuando producen un trabajo. Si en la extremidad de una varilla metálica se suspende un peso capaz de determinar la dilatacion lineal de la varilla, ésta se calienta por el trabajo producido para sostener el peso: si despues de haberse disipado este calor quitamos una parte, la mayor, de la carga, el peso restante es levantado por la varilla que, en virtud de su elasticidad, tiende á tomar su longitud anterior y en este momento se manifiesta en el metal una disminucion de temperatura ó sea perdida de calor transformado en el trabajo de la contraccion y consiguiente elevacion del peso.

Un último ejemplo de la absorcion de calor por el trabajo mecánico: en los gases se admiten dos calores específicos; el primero *calor específico á presion constante* es la cantidad de calor precisa para calentar de cero á un grado un metro cúbico de gas dejándole dilatarse bajo su presion primitiva: el segundo *calórico específico á volumen constante* es la cantidad de calor precisa para calentar igualmente de cero á un grado un metro cúbico de gas encerrado en una cavidad inextensible. De estos dos calores específicos el primero es el mayor, siendo la diferencia entre ambos el calor destruido ó trasformado en el trabajo de la dilatacion.

## LECCION IV.

### Explicacion de los fenómenos caloríficos en la nueva hipótesis.

El calor es una vibracion de las moléculas de los cuerpos y su mayor ó menor intensidad depende de la mayor ó menor amplitud del movimiento vibratorio, de modo que calentar un cuerpo ó comunicarle una temperatura dada es hacer que la vibracion de sus moléculas adquiera una intensidad determinada, ó sea que la cantidad de accion ó fuerza viva de cada molécula llegue á un límite determinado.

Las moléculas de los cuerpos al vibrar transmiten sus vibraciones á las inmediatas ó al éter interpuesto entre los cuerpos y este éter trasmite sus vibraciones á las moléculas de los otros

cuerpos, siendo por consiguiente la *radiacion* una trasmision de sus respectivas vibraciones, entre cuerpos que no se hallan en contacto, por el intermedio del éter.

La comunicacion ó trasmision de las vibraciones de un extremo del cuerpo al otro seria la *conductibilidad* que vemos se halla más acentuada en aquellos cuerpos cuyas moléculas pueden hacer más facilmente escursiones de una amplitud relativamente considerable y volver igualmente a su primitiva posicion de equilibrio, chocando de esto modo violentamente á las moléculas ambientes y comunicando á mayor distancia el movimiento que las anima. De modo que entre los sólidos son mejores conductores del calórico los cuerpos que son á la vez más duciles y más elásticos. Pero sabemos que en la conductibilidad el calor decrece con la distancia al foco calorífico: hay pues una pérdida de calor ó sea disminucion en la fuerza viva trasmitida por las moléculas en las diferentes capas y es que las superficiales trasmiten al éter ambiente parte de la suya ó sea radian parte de su calor al exterior.

Mezclando cantidades iguales de una misma sustancia á temperaturas desiguales, es decir, masas iguales animadas de velocidades diferentes, chocándose mutuamente las moléculas de estos cuerpos, la temperatura de la mezcla será la media diferencial entre la que tenian las masas antes de mezclarse, ó sea, la velocidad despues del choque será la media entre las velocidades correspondientes á las masas antes del choque. No es tampoco preciso que las masas mezcladas sean iguales: en el caso de ser desiguales la temperatura de la mezcla (velocidad despues del choque) es tambien la media de las temperaturas antes de la mezcla (velocidades antes del choque) con relacion á las cantidades mezcladas.

Resulta pues que en el caso de la mezcla de dos cantidades de una misma sustancia á diferentes temperaturas, las cantidades de calor son las mismas antes y despues de la mezcla, así como en el choque las cantidades de movimiento son iguales antes y despues del choque cuando éste se verifica entre masas no elásticas. De modo que estos dos hechos son perfectamente

comparables y su identidad es una prueba en apoyo de la teoría dinámica del calor.

Si mezclamos cantidades iguales de dos sustancias diferentes á temperaturas desiguales, la temperatura de la mezcla no tiene relacion ninguna con la de las sustancias mezcladas. En el caso anterior teniamos que siendo las mismas las sustancias, la cantidad de movimiento que ganaba la una la perdía la otra, pero entre sustancias diferentes cada una necesita diferente cantidad de movimiento para producir el mismo efecto; aun cuando este efecto no sea más que elevar la temperatura de un cuerpo: cada cuerpo ó sustancia requiere para ello diferente cantidad de movimiento y en esto consiste la diferente capacidad calorífica.

El calor, segun hemos visto, produce tres efectos sobre los cuerpos: elevar su temperatura ó calentarlos, dilatarlos y cambiarlos de estado: hemos estudiado separadamente cada uno de estos efectos como si algunos, ya que no todos, no se verificasen simultáneamente. Efectivamente, hemos denominado capacidad calorífica de un cuerpo la cantidad de calor necesaria para elevar de cero á un grado la unidad de masa, pero cuando elevamos la temperatura de un cuerpo tiene que adquirir mayor intensidad el movimiento vibratorio de sus moléculas y claro es que al chocar unas con otras, adquirirán mayor velocidad, aumentarán la magnitud de la escursion, se separarán más y el cuerpo se habrá dilatado. Por tanto, además del calor necesario para la elevacion de la temperatura ó sea para adquirir esa mayor intensidad en el movimiento vibratorio, se habrá invertido otra cantidad en producir el trabajo de la dilatacion: de modo que el calórico específico es la suma de dos cantidades de calor, una la que calienta y otra la que separa las moléculas venciendo para ello las fuerzas moleculares.

Si continúa aumentando el movimiento vibratorio de las moléculas llega un caso en que ya no se aumenta el volúmen de la masa y aunque el foco de calor continúa aumentando la cantidad de movimiento de aquella, el efecto producido es separar en los sólidos los grupos de moléculas que oscilaban de un modo sincrono, desorientar los ejes y aumentar las trayectorias en

que estas se mueven, pero este efecto no se extiende á toda la masa; solo una parte de las moléculas recibe las impulsiones necesarias para romper los lazos que las unían entre sí, quedando el resto con la misma cantidad de movimiento que tenian anteriormente ó sea con la misma temperatura. La fuerza aumentada ó la cantidad de movimiento comunicada efectúa el trabajo de destruir los vínculos moleculares. De este modo se verifica la fusion y se explica perfectamente la constancia de la temperatura mientras dura aquel fenómeno, por la necesidad de adquirir las moléculas que pasan al estado líquido la velocidad necesaria para los movimientos que tienen en el nuevo estado y la cantidad de movimiento precisa para conservarlos.

Pero los sólidos ó muchos de ellos pueden pasar al estado de líquidos por la disolucion y tambien en este caso se verifica una absorcion de calor ó disminucion en la cantidad de movimiento de toda la masa, debida al calor hecho latente ó movimiento substraído á las moléculas del líquido para comunicar mayor velocidad á las moléculas del sólido a fin de que puedan diseminarse en el disolvente y se hallen dotadas de un movimiento idéntico al que tienen los del líquido.

En el caso inverso de la solidificacion, para que ésta se verifique es preciso que las moléculas pierdan poco á poco el movimiento que habian adquirido y no todas ellas á la vez sino solo una parte; y el movimiento que estas pierden se comunica, parte á las moléculas restantes parte al medio ambiente y al éter que en él existe, transformándose otra parte en movimiento de rotacion de las mismas moléculas para que quede almacenado y como en reserva; despues pueden experimentar otras moléculas de las que habian quedado en estado líquido igual pérdida en la intensidad de sus movimientos, repitiéndose los fenómenos que acabamos de expresar hasta que por fin queda solidificada toda la masa.

El movimiento perdido por unas moléculas y que hemos dicho se comunica á las moléculas restantes y al medio ambiente es lo que anteriormente se decía calórico latente de la fusion devuelto ó hecho manifiesto en el momento de la solidificacion.

Aunque en distinta escala, lo mismo que dijimos hace poco respecto de la fusion, se verifica en el caso de la reduccion á vapor, solo que cuanto más libres han de estar las moléculas, cuanto más se debiliten las fuerzas que las mantienen unidas mayor será la cantidad de calórico absorbido, ó dicho de otro modo, mayor será la energía y la amplitud del movimiento de impulsión que se ha de comunicar á las moléculas. Así que la vaporizacion exige: 1.º calentar la masa líquida. 2.º vencer la resistencia molecular interior ó sea la cohesion: 3.º dilatar el líquido ó sea separar suficientemente sus moléculas para que se hallen completamente libres: para obtener estos efectos es preciso una enorme cantidad de movimiento muy superior á la que es necesaria para producir simplemente la dilatacion. Por esa razon no toda la masa líquida recibe á la vez el movimiento preciso para pasar al estado de vapor; solo lo recibe cierto número de moléculas repitiéndose sucesivamente y sin interrupcion el mismo efecto en otras y durante todo el tiempo de la vaporizacion permanecen las demás moléculas á una temperatura constante ó sea con el movimiento que habian adquirido en la calefaccion. La cantidad de movimiento adquirida por las moléculas del líquido para permanecer en el nuevo estado es lo que se denomina *calórico latente de la vaporizacion*, el cual será diferente en cada cuerpo, pues cada uno necesita diferente cantidad de movimiento para pasar de un estado á otro.

Pero puede suceder que á pesar de que se aumente la cantidad de calor de un líquido no se reduzca éste á vapor y aumento, puede decirse que indefinidamente, la temperatura, si se impide la difusion de sus moléculas como se verifica en la marmita de Papin, y por el contrario la temperatura no pasará de cierto límite si el líquido puede reducirse fácilmente á vapor. Es decir, comunicándose al líquido el movimiento que existe en el foco de calor, si el recinto en que está contenido está completamente ocupado no hallando sus moléculas espacio en que desarrollar la velocidad de proyeccion que se les comunica, chocan con mayor ímpetu unas con otras y, como no pueden espaciarse más ó producir el trabajo de la dilatacion, el resulta-

do de estos choques es, como hemos dicho ya, un aumento de temperatura; pero existiendo espacio suficiente, el suplemento de fuerza trasmitido á las moléculas se emplea en comunicarlas un movimiento de progresion y una velocidad suficiente para desprenderse completamente de los vínculos moleculares y de la presion de los medios y transformarse en gas ó vapor.

Cosa análoga se verifica en los gases. Si calentamos un gas sus moléculas adquirirán mayor amplitud y energía en sus escursiones, si no hay alguna causa que se oponga á este aumento. Por ejemplo, calentado un metro cúbico de aire, dejando constante la presion, la fuerza viva que recibe el gas se emplea en aumentar su volúmen en  $1/273$  por cada grado; de modo que si el gas estaba á cero, al adquirir la temperatura de 273 grados habrá duplicado su volumen. Si el metro cúbico de gas está encerrado en una capacidad de igual cabida, al calentarse no puede aumentar de volumen y la fuerza viva adquirida se emplea en aumentar en  $1/273$  por cada grado la presion que el gas ejercia sobre las paredes del recipiente. Si al principiar la calefaccion el aire estaba á la temperatura de cero á los 273 grados su presion se habrá duplicado. Al considerar el caso inverso veremos que si desde la temperatura de 273 á la de cero grados habia perdido la mitad de la presion, pues en cada grado de descenso habia disminuido ésta en la fraccion indicada, continuando el mismo descenso desde cero en adelante si podemos hacerle llegar á  $-273$  grados el gas habría perdido toda la fuerza viva que antes tenia, no ejercería ya presion, alguna y no sería sino un agregado de moléculas en completo reposo. En ese caso habriamos llegado al cero absoluto de temperatura.

Hasta aquí hemos supuesto que la fuerza trasmitida á las moléculas para que pueda verificarse el cambio de estado procedia del exterior, pero puede tambien pasar un líquido á vapor sin necesidad de recibir del exterior ninguna nueva cantidad de movimiento. Efectivamente, en la masa líquida hay una cantidad de movimiento igual para todas las moléculas; pero siendo menor en la superficie que en todos los demás sentidos el obstáculo que se opone á su movimiento y recibiendo las que se

hallan en la superficie choques en todos esos sentidos de las que las rodean, adquieren por esos mismos choques el movimiento de proyeccion necesario para vencer la presion que en ese sentido ejercen el aire y el éter y para pasar, aunque paulatinamente, al estado gaseoso y el aumento de velocidad que esas moléculas han adquirido es á espensas de lo que pierden las moléculas que las chocaron. Esa pérdida de velocidad, esa disminucion en la cantidad de movimiento en la masa que persiste en el estado líquido, es el enfriamiento debido á la evaporacion, que es el fenómeno de que estamos ocupándonos.

Si causas exteriores viniesen á debilitar el movimiento de las moléculas del cuerpo gaseoso ó reducido á vapor, perderán éstas su velocidad de libre traslacion, pero poco á poco, no todas á la vez. La velocidad, ó más bien la cantidad de movimiento perdido por estas moléculas, se trasmite en parto á los cuerpos ambientes, los cuales la manifiestan por la elevacion de su temperatura, y otra parte pasa á la porcion de vapor no liquidado y refuerza su movimiento vibratorio para resistir á la liquefaccion.

## LECCION V.

### Explicacion de los fenómenos luminosos en la nueva hipótesis.

La luz, como el calor, es el resultado de un movimiento vibratorio sumamente rápido de que se hallan animadas las moléculas de los cuerpos luminosos y que se comunica al éter en el que se propaga en línea recta, como el sonido en el aire, y el cual trasmite su vibracion á las fibras nerviosas que existen en el fondo del ojo.

La propagacion rectilínea de la luz se deduce considerando un punto luminoso en vibracion; cada uno de sus movimientos sucesivos se trasmite al éter y llega á la par á todos los puntos de la superficie de cada una de las esferas concéntricas que podemos considerar trazadas desde el primer punto vibrante: si tomamos varios puntos en un círculo máximo que suponemos

trazado en la superficie de una de estas esferas, cada uno de estos puntos puede considerarse como un nuevo centro de vibracion que trasmite sus movimientos en todos sentidos, del mismo modo que lo verifica el punto primitivo. Si con radios iguales describimos desde estos puntos igual número de esferas, éstas seran tangentes  otra esfera trazada desde el punto origen del movimiento; y estos puntos de tangencia necesariamente habran de estar, cada uno de ellos, en una misma línea, que sera el radio de esta última esfera, con los centros respectivos de las menores y el de la grande tangente  éstas, de modo que la luz,  el movimiento vibratorio que la produce, camina en línea recta. Huighens incluye el fundamento de esta demostracion en la proposicion siguiente: Cuando un punto cualquiera se halla animado de una vibracion, desarrolla  su alrededor una onda de forma esférica cuyos puntos todos, vibrando simultáneamente, pueden considerarse como nuevos centros de comunicacion y los movimientos de estos, agregándose  reforzándose los unos  los otros, determinan una impresion bastante enérgica para producir la sensacion luminosa. Este principio y el de las interferencias de que nos hemos ocupado en el texto dan la explicacion de la mayor parte de los fenómenos luminosos.

Una eminencia científica y literaria (1) para dar idea exacta del movimiento vibratorio del éter, presenta como simil el movimiento de ondulacion que se produce en una cuerda de tres  cuatro metros fija por uno de sus extremos, permaneciendo el otro en la mano del que hace la experiencia: extendida la cuerda de modo que solo forme un pequeña pandeo y comunicando al segundo extremo un movimiento de arriba abajo se produce el ondulatorio, que solo se diferenciar del de el éter en la velocidad y en las dimensiones de las ondas.

La analogía entre los fenómenos sonoros y los luminosos no solo se halla en su modo de propagarse, sino tambien en todos los accidentes que les acompañan. La intensidad de la luz depende de la amplitud de la oscilacion la cual viene representada

---

(1) D. José Echegaray, en su obra *Teorías modernas de la Física*.

en magnitud por un corto número de diez milésimas de milímetro. La velocidad y la amplitud de las oscilaciones son cantidades íntimamente ligadas, si bien se hallan en razón inversa; cuanto mayor es la velocidad del movimiento ondulatorio menor es la amplitud de la onda y mayor por consiguiente el número de vibraciones producidas en la unidad de tiempo. Así como el tono en el sonido depende del mayor ó menor número de vibraciones verificadas en un segundo, así también en la luz el número de vibraciones producidas en igual tiempo determina los colores, cada uno de los cuales es producido por un número de vibraciones que varía desde 497 trillones para el rojo hasta 788 para el violado.

Hasta aquí hallamos completa analogía entre el sonido y la luz que podemos extender á otra serie de fenómenos como la reflexión, la refracción, la interferencia, etc.; pero antes de pasar adelante tenemos que establecer una diferencia que consiste en la dirección en que se propaga el movimiento vibratorio de la luz, distinta de la que siguen las ondulaciones sonoras. Efectivamente estas se verifican en la dirección longitudinal, de modo que el espacio recorrido por la ondulación está todo él lleno de capas de aire alternativamente condensadas y dilatadas; y la vibración luminosa se verifica moviéndose cada uno de los átomos del éter en un plano perpendicular á la recta que marca la dirección del rayo luminoso. La dirección transversal de las ondulaciones etéreas en la transmisión de la luz ha sido admitida y aun comprobada por diferentes autores, pero no había conformidad, siendo además poco claras las explicaciones que daban de este fenómeno: el R. P. Secchi fundándose en los principios que suministra la Mecánica respecto á la composición de los movimientos, estableció que si un cuerpo dotado de un movimiento de rotación, que recibe un choque central en un sentido cualquiera, toma una dirección lateral con relación á la del choque, los átomos etéreos, á los que desde un principio hemos atribuido los dos movimientos de rotación y de traslación, cuando lleguen á chocarse, no solo podrán tomar direcciones laterales con relación á la del choque, sino que en casos dados, como

cuando tenga cierta velocidad de rotacion, se hacen casi completamente imposibles los movimientos longitudinales.

Por tanto, la produccion de la luz consiste sencillamente en las oscilaciones transversales de los átomos del éter alrededor de su centro de gravedad, sin traslacion absoluta y sin condensacion ni dilatacion del medio vibrante.

Estas vibraciones transversales del éter son trasmitidas á través de los cuerpos transparentes en los cuales se encuentra el éter como aprisionado, á la manera del aire entre las sutiles fibrillas de los cuerpos filamentosos, y se hallan entorpecidas en su marcha por esa dificultad del éter en sus movimientos y por la necesidad de ir dando la vuelta á las moléculas del cuerpo que se hallau en su camino.

En los cuerpos opacos las vibraciones no pueden trasmitirse á través del cuerpo y solo penetran á muy corta profundidad extinguiéndose ó siendo absorvidas, pero no porque se anule el movimiento del éter sino porque se transforma en movimiento vibratorio de las moléculas del cuerpo, activando el que ellas tenian y produciéndose una elevacion de temperatura como se verifica en los metales expuestos al sol; por el contrario, en los cuerpos transparentes, como continúa la vibracion del éter, no se transmite el movimiento sino en muy pequeña cantidad á las moléculas del cuerpo y aunque se hallen expuestos á una accion prolongada del sol no se calientan sino débilmente. Por otra parte, como hemos dicho, en los cuerpos transparentes el éter solo puede moverse transversalmente y longitudinalmente en los opacos, no debiendo atribuirse este distinto modo que tienen los cuerpos de comportarse con respecto á la luz sino á una diferente agregacion ó agrupacion de los átomos del éter, como se vé, por ejemplo, en el carbono; cristalizado dá paso á la luz; amorfo es opaco: estas propiedades, no obstante, no son absolutas sino relativas: ningun cuerpo es completamente transparente, así como todos los opacos, reducidos á conveniente tenuidad, se hacen translucidos.

Sabemos que los cuerpos no luminosos solo se nos hacen visibles por la luz que reflejan y este fenómeno de la reflexion

se explica en la teoría ondulatoria suponiendo un hacecillo  $sas'b$  (fig. 1.<sup>a</sup>) de una sección infinitamente pequeña que viene á

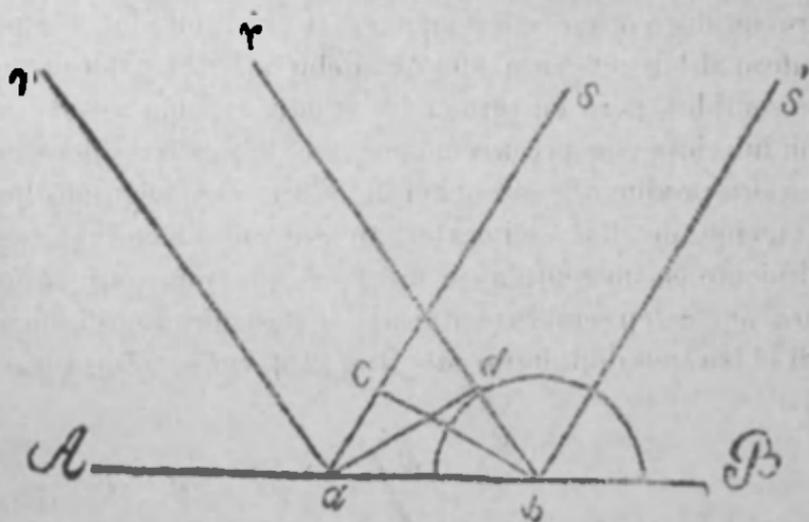


Figura 1.<sup>a</sup>

caer con cierta inclinacion sobre la superficie reflectante  $A B$ . Cuando la superficie de la onda que es plana y perpendicular al hacecillo llega á  $cb$ , forma un centro de ondulaciones que se separan del plano reflectante con una inclinacion cualquiera. Lo mismo acontece con los demás puntos sucesivos hasta  $c$  y cuando este llega á  $a$  las ondulaciones que partieron del punto  $b$  han llegado á  $d$  siendo iguales las distancias  $bd$  y  $ca$ . Las ondulaciones que partieron de los puntos intermedios entre  $a$  y  $b$  se han propagado tambien á distancias proporcionales á la que hay entro cada uno de ellos y el punto  $a$ , de modo que un plano  $ad$  tangente á la esfera de radio  $bd$  es tambien tangente á las esferas cuyos centros serian los puntos intermedios entre  $b$  y  $d$  las cuales forman la superficie  $ad$  de la onda reflejada. La igualdad de los triángulos rectángulos  $acb$  y  $adb$  nos dice que los rayos incidentes y reflejados se hallan igualmente inclinados con relacion á la superficie reflectante y demuestra que el ángulo de incidencia es igual al de reflexion.

La circunstancia de reflejarse el pequeño cilindro ó haz luminoso en direccion completamente simétrica á la incidente, pa-

rece hallarse en oposicion con el principio de Huyghens que ha poco dejamos expuesto, por el cual debiera resultar que constituyéndose en nuevos centros de conmocion todos los puntos comprendidos entre  $a$  y  $b$  no debiera estar limitado el espacio luminoso al haz reflejado sino que debiera la luz extenderse en todos sentidos; pero en primer lugar, aun cuando así lo hagan las ondulaciones, es preciso el concurso de muchas ondas sucesivas para producir la sensacion de la luz, y en segundo lugar, que muchas de ellas se interferirán, porque teniendo unas un movimiento en un sentido, se superpondrán á otras que tengan su movimiento en sentido contrario y se destruirán mutuamente.

Si el hacesillo luminoso  $sabs'$  (fig. 2.<sup>a</sup>) viene á encontrar en

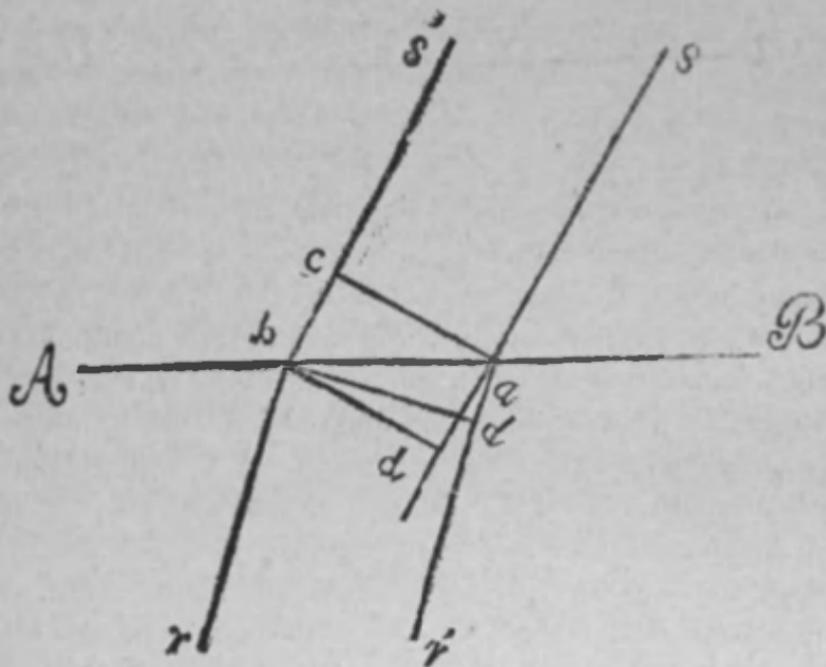


Figura 2.<sup>a</sup>

$b$  la superficie  $A B$  de separacion de dos medios permeables á la accion de la luz, aire y agua, el  $a$  se convierte en un nuevo centro de conmocion que se propaga en ambos medios, determinando en el primero el fenómeno de la reflexion y en el segundo el de la trasmision de la luz. Mientras que el punto  $c$  de la superficie de la onda recorre el camino  $cb—ad'$  con una velo-

cidad  $v$ , el punto  $a$  recorre en lo interior del segundo medio y en el mismo tiempo el espacio  $ad'$  con una velocidad  $v$ . De consiguiente los espacios recorridos por la ondulacion luminosa en el mismo tiempo son  $cb=vc=ab \text{ sen.}i$  y  $ad'=vt=ab \text{ sen.}r$  y dividiendo ordenadamente estas dos ecuaciones  $\frac{cb}{ad'} = \frac{vc}{vt} = \frac{\text{sen.}i}{\text{sen.}r}$  luego la relacion entre los senos de incidencia y de refraccion es constante é igual á la relacion entre las velocidades de la luz en ambos medios.

El fenómeno de la refraccion vá generalmente acompañado de otro que designamos con el nombre de dispersion ó descomposicion de la luz, el cual es debido á la desigual longitud de las ondas correspondientes á cada color. En los medios de igual densidad, como sucede en los medios interestelares, pasan con igual facilidad las ondas más largas y las más cortas, pero en los medios en que el éter no tiene una densidad uniforme, como acontece en los cuerpos transparentes, las ondas más cortas se retrasan y de ahí resulta la dispersion.

En este caso hemos supuesto el medio segundo, permeable como el primero á la accion de la luz, completamente homogéneo; pero si no es así, como sucede en los cristales cuya forma primitiva no es simétrica con relacion á un punto, el rayo inmergente al refractarse, se descompone como ya hemos dicho en el cuerpo de la obra, en dos rayos que marchan completamente separados. Dadas allí las definiciones de rayo ordinario y extraordinario, de cristales do uno y dos ejes y positivos y negativos, solo nos queda dar la explicacion del fenómeno.

No pudiendo moverse la onda luminosa con igual velocidad en todas direcciones, porque en cada una de estas es diferente la agrupacion molecular, así como tambien es distinta la densidad del éter, el rayo inmergente, constituyendo en el punto de entrada un centro de conmocion, se bifurca; cada uno de los dos rayos camina con distinta velocidad por la diferente densidad de la seccion que atraviesa y se producen dos rayos emergentes, cada uno de los cuales dá origen á una imágen del punto luminoso. Estas imágenes se fundirán en una sola (especialmente si el objeto que produce las dos imágenes no es un

punto único) cuando el rayo luminoso atraviesa el cristal paralelamente al eje.

Admitido el movimiento transversal en la vibracion de las moléculas del éter, viene la polarizacion á ser una consecuencia natural de la existencia de este movimiento, y se explica por la absorcion que verifican los cuerpos pulimentados de las ondas luminosas que caen sobre ellos con mayor oblicuidad, reflejando las paralelas á su superficie; estas ondas no podrán reflejarse nuevamente en su totalidad sino sobre otro espejo paralelo al primero; en las demás posiciones, aun cuando con relacion á la direccion de las ondas el espejo conserve la misma inclinacion, la cantidad de luz reflejada variará siendo un mínimum cuando los dos espejos se hallen en planos perpendiculares.

La polarizacion por refraccion nos la esplicaremos por la dificultad que hallan las ondas luminosas para moverse en una direccion dada en el interior de los cuerpos transparentes, cuando llegan á ellos despues de haber atravesado otro igual que las orienta en un plano determinado.

El principio de las interferencias y el de Huighens aplicado tal como lo hemos hecho en la aclaracion relativa á la reflexion, esplican suficientemente el fenómeno de la difraccion.

## LECCION VI.

### Teoría de la electricidad tanto estática como dinámica.

Los fenómenos producidos por el último de los agentes ó fuerzas de la naturaleza de que hemos de ocuparnos, hallan tambien explicacion clara y bastante satisfactoria en el mismo principio que ha servido para el estudio de los agentes anteriores. Materia en movimiento es el hecho en que dichos fenómenos se resuelven.

Cuando sobre dos cuerpos que se hallan en contacto se ejerce una accion mecánica, rozamiento, presion, etc., separándolos luego bruscamente se halla en sus superficies una modificacion especial, á la que hemos denominado estado eléctrico, que con-

siste, según esta teoría, en un movimiento comunicado á las moléculas de estas superficies y que se ha transmitido igualmente al éter que las rodea. Una misma acción mecánica no produce el mismo efecto de movimiento sobre moléculas heterogéneas; habrá por tanto diferente grado de agitación en cada una de las superficies en contacto á que nos hemos referido, y como consecuencia, acumulacion de éter en la inmediacion de una de ellas y enrarecimiento en la otra. Sorprendidos en este estado los cuerpos al tiempo de la separacion, uno tiene más éter del que tenia antes (electricidad positiva) y el otro menos (electricidad negativa).

Supuestos estos cuerpos rodeados de un medio aislador, el aire seco, el éter en exceso aglomerado en uno de ellos debe obrar sobre el éter natural de los cuerpos circundantes y sobre el del espacio libre con una fuerza expansiva proporcional á su densidad. Esa acción es completamente comparable á una presión de origen mecánico que se transmitirá de capa en capa, produciendo alternativamente en ellas un movimiento de condensacion y rarefaccion que se debilita en razon del cuadrado de la distancia.

Por el contrario en el cuerpo en que el éter quedó en defecto, se produce una acción de presión del éter ambiente sobre el que restaba en su superficie, y estas presiones, ó más bien la presión del primer caso y la contrapresión del segundo, se denominan *tension*.

Pero hemos dicho que el éter era un fluido y de estos cuerpos dijimos que están caracterizados por una gran movilidad y que transmiten en todos sentidos las presiones que se ejercen en un punto cualquiera de su masa, pero aquí debemos establecer una diferencia entre el éter y los demás fluidos.

En los cuerpos aisladores, como el aire seco y los cristales, el éter no tiene la misma movilidad que en los metales; presenta á veces, como ya hemos dicho en la luz, una inmovilidad relativa motivada porque la fuerza viva que le comunica la presión á que nos referimos se consume en producir otra clase de movimientos, tales como vibraciones transversales, modificacio-

nes en las rotaciones atómicas ú otros efectos del mismo género. Y aunque ahora insistamos en la dificultad que tiene el éter para moverse en ciertos cuerpos, no es una circunstancia exclusivamente necesaria para la explicacion de los fenómenos eléctricos; ya viene indicada desde que nos ocupamos de establecer la diferencia entre los cuerpos opacos y translucidos, que adquieren sus diferentes propiedades por el diferente modo que tienen de prestarse á los movimientos del éter. Los cuerpos diáfanos, que generalmente son tambien aisladores, solo lo permiten las vibraciones transversales; los cuerpos opacos y especialmente los metales permiten los movimientos longitudinales: y para prevenir una objecion, diremos que el vacío, tal como se entendía anteriormente, es tambien aislador: pero en la nueva teoría no hay tal vacío: hay éter de densidad homogénea y en un medio así constituido puede producirse un movimiento vibratorio, pero no un movimiento de avance.

Un cuerpo electrizado obra por influencia sobre un cuerpo buen conductor, poniéndole á su vez en estado eléctrico. Esta accion inductiva del cuerpo electrizado es fácilmente explicable. Supongamos á este cuerpo cargado de electricidad positiva, ó en otros términos, con éter en esceso acumulado en su superficie; si suponemos igualmente el aire interpuesto entre este cuerpo y el conductor dividido en capas, el éter del cuerpo obrará sobre el de la primera capa obligándole á acumularse en la cara opuesta á la del inductor; el éter de esta primera capa obrará sobre el de la segunda produciendo el mismo efecto, hasta que el éter de la última capa de aire obrará sobre el del cuerpo inducido en la cara que mira al inductor y le empujará hasta acumularle en la cara más lejana, quedando por tanto enrarecido el éter en la cara que mira al inductor y condensado en la opuesta, es decir, con electricidad positiva esta segunda cara y con negativa la que mira al cuerpo electrizado.

Si el cuerpo inductor es negativo, ó sea si el cuerpo que ha de obrar por influencia está cargado de electricidad negativa, el cuerpo que está en estado natural obra sobre aquel como si estuviese cargado de electricidad positiva, pues con relacion al ne-

gativo tiene exceso de éter y obra por tanto sobre el negativo como en el caso anterior obraba el que tenía éter en exceso; por consiguiente aparece como cargado de electricidad positiva.

Aun cuando el aire sea mal conductor de la electricidad, es decir, que impida los movimientos longitudinales del éter, dentro de cada capa puede este verificar pequeñas excursiones ó movimientos bastantes á producir el efecto de la induccion.

Para explicarnos las atracciones y repulsiones entre los cuerpos electrizados, supongamos primero dos esferas cargadas de electricidad positiva ó sea con éter acumulado en exceso en sus superficies; este éter no solo ejerce presion sobre las capas de aire intermedias sino tambien sobre los cuerpos en cuyas superficies se halla acumulado; así que trasmitiéndose estas presiones de uno á otro cuerpo, será la suma de ambas la presion en las caras interiores de ambos cuerpos ó sea en las que se miran una á otra y solo la presion respectiva al éter acumulado en cada uno de ellos la que se produzca en las caras exteriores; por tanto, si los cuerpos, ó cuando menos uno de ellos, es suficientemente pequeño ó pueden ambos moverse fácilmente se alejarán uno de otro ó sea se repelerán.

Si suponemos que las esferas en cuestion están cargadas de electricidad negativa ó sea que el éter se halla enrarecido en su superficie, estando el aire interpuesto en estado natural, con respecto á ellas estará electrizado positivamente; lo que equivale á decir que tendrá éter en exceso y aunque el aire se oponga á su movimiento, ejerce presion sobre las superficies de ambos cuerpos que están una frente á otra y tiende á separarlas, habiendo por consiguiente repulsion como en el caso anterior, si existen tambien las condiciones de movilidad ó pequeñez referidas.

Por último, si las dos esferas están una cargada de electricidad positiva y la otra de negativa ó sea con exceso y falta de éter respectivamente en su superficie, siendo de signo contrario las presiones que el éter ejerce sobre cada una de las esferas y extendiéndose esa accion no solo al espacio comprendido entre ambas sino tambien al que las rodea, no podrá restablecerse el

equilibrio sino aproximándose una á otra, puesto que el éter de las capas de aire que rodean á la que tiene menos hace á estas obrar como electrizadas positivamente, ejerciendo sobre ella una presión que será mayor de fuera á dentro ó sea empujándola hácia la otra: accion analoga se verifica en torno de la esfera que tenia éter en exceso y de la reunion de ambas resulta la atraccion.

La accion de los cuerpos electrizados sobre los ligeros no electrizados que, como sabemos, es atractiva, se explica teniendo en cuenta que el cuerpo electrizado obra por influencia sobre ellos haciéndoles adquirir fluido de nombre contrario, enraeciando ó condensando el éter en su superficie y poniéndolos ya en el caso de dos cuerpos con fluidos de diferente nombre.

Pero puede muy bien suceder que estando bastante próximos los dos cuerpos que habiamos frotado y habiéndose aglomerado mucho éter en la superficie de uno de ellos y faltando este mismo éter de la superficie y de entre las capas superficiales del otro, no basta la capa de aire interpuesta entre ellos á sostener la presión y la viva agitacion del éter condensado, el cual, rompiéndola, pasa al cuerpo que carecia de él arrastrando consigo pequenísimas partículas arrancadas de la superficie del cuerpo, tambien vivamente agitadas ó en vibracion calorífica y luminosa, de donde resulta el fenómeno llamado chispa eléctrica. Este desprendimiento ó volatilizacion de las moléculas materiales, cuya incandescencia motiva la luz eléctrica, se ha comprobado con el análisis espectral de la chispa pues se produce una faja coloreada compuesta de las rayas luminosas que caracterizan los metales de donde salta la chispa.

Los fenómenos eléctricos de que hasta ahora nos hemos ocupado, son los que conocíamos con el nombre de electricidad estática ó de tension. Para explicarnos los de electricidad dinámica ó de corriente, supongamos un cuerpo electrizado positiva ó negativamente (y teniendo en cuenta que lo que en la hipótesis antigua denominábamos depósito comun de la electricidad es la tierra que, en la teoría que vamos bosquejando, es un verdadero depósito de éter) si por medio de un hilo metálico le po-

nemos en comunicacion con la tierra se producirá una corriente de éter desde el cuerpo á la tierra, en el caso de tener éter én esceso el cuerpo en cuestion, ó de la tierra al cuerpo si este tenia falta de éter: lo mismo sucede cuando tenemos dos cuerpos y uno tiene éter acumulado y otro falta de éter en su superficie respectiva: puestos en comunicacion por medio de un hilo conductor, el éter en esceso del uno pasa al otro para restablecer de ese modo el equilibrio en las cantidades de éter que les corresponden.

El paso del éter por el hilo conductor es una verdadera corriente, pero instantánea; para que tenga alguna duracion es preciso que la accion productora sea más constante y ese efecto le tenemos en las acciones químicas que en las pilas se producen.

Efectivamente, hemos dicho que en todos los cuerpos y rodeando sus moléculas ó formando en torno de ellas una especie de atmósfera existe éter en diversos estados de densidad: la alteracion química de las sustancias que constituyen el electro-motor produce una perturbacion en el equilibrio del éter que en esas sustancias se encuentra. Efectuándose las combinaciones entre las moléculas heterogéneas, tanto más fácilmente cuanto más se diferencian sus atmósferas etéreas, resultará que la atmósfera de las moléculas producidas por la combinacion, podrá unas veces estar formada por una cantidad de éter menor que la suma de las que pertenecian á las moléculas combinadas, verificándose en otras lo contrario. Siendo diferentes las acciones químicas que en las pilas se producen podrán verificarse ambos efectos: de las primeras quedará un esceso de éter que, hallándose en contacto con el metal en actividad, se abrirá paso por él hasta llegar al réforo conductor en el que quedará retenido en estado de tension positiva. En las otras moléculas combinadas cuyas atmósferas requieran mayor cantidad de éter que el que constituia la de las moléculas antes de combinarse, habrá falta de éter y para reponer en parte el equilibrio de este fluido en torno de ellas vendrá éter del metal inactivo y del réforo que con él comunica, quedando éste en estado de tension negativa.

No estando en comunicacion los reóforos, se halla en suspenso en su mayor parte la accion química de la pila la cual se reproduce y continúa tan luego como se ponen aquellos en comunicacion; vuelve entonces el éter á ponerse en movimiento pasando al reóforo negativo por donde vuelve á la pila restableciendo el equilibrio por completo en las atmósferas de las moléculas que al combinarse quedaron con falta de éter, en el metal inactivo y en el reóforo; pero reproducida y continuada la accion química se repiten los fenómenos que acabamos de exponer, estableciéndose por los conductores una corriente continua de éter del polo positivo al negativo. Que en esta corriente hay un verdadero trasporte de éter lo demuestra por analogía el R. P. Secchi haciendo observar que los fenómenos que se presentan en el trasporte ó conduccion de líquidos por tuberías tienen sus analogos en el trasporte del éter por los conductores. Mr. Marie-Davy ha presentado tambien otras analogías entre el movimiento de los líquidos en los tubos y del éter en los conductores y tomándolas de uno y otro reproducimos las más notables.

1.ª Así como aumenta con el diámetro del tubo la cantidad de agua que por él pasa, crece tambien la intensidad de la corriente con el diámetro del hilo conductor.

2.ª Tanto en las corrientes de agua como en las de éter, la velocidad de las moléculas se halla en razon inversa de las secciones cuando en los conductos hay partes de distinto diámetro. La mayor velocidad del éter en la parte de hilo más delgada se manifiesta por una marcadisima elevacion de temperatura (que puede llegar al enrojecimiento y aun á la fusion y volatilizacion del hilo) resultado del rozamiento y de la agitacion producida por el flujo eléctrico, ó mejor flujo de éter, que al recorrer este el conductor comunica á las moléculas una velocidad proporcional á la de que el mismo se halla animado.

3.ª La cantidad de agua que pasa por un tubo y la cantidad de electricidad que pasa por un hilo en un segundo de tiempo, cuando en ambas corrientes ha llegado á establecerse un régimen uniforme, es inversamente proporcional con la longitud del tubo ó del hilo respectivamente.

No es solo la accion química la causa determinante de la corriente eléctrica. Toda causa mecánica ó física capaz de romper el equilibrio del éter produce un movimiento de este fluido. Si la sustancia en cuyas capas superficiales se ha verificado la ruptura es aisladora, tendremos presiones ó tensiones y vibraciones; si es conductora circulará libremente el éter no solo por sus capas superficiales sino tambien por las interiores y se producirá una corriente eléctrica continua. Ambos efectos los hemos visto producirse por la accion del calor que en la turmalina y otros cuerpos producía electricidad de tension y corrientes, que denominamos termo-eléctricas, cuando calentábamos la soldadura de metales heterogéneos.

Ahora ya podemos definir la corriente eléctrica diciendo con el P. Secchi, que es *un movimiento longitudinal del éter á través de los hilos conductores de cuya materia llega en ocasiones á arrastrar algunas partículas*: y el estado eléctrico de tension ó estático, *un aumento de la masa y velocidad del éter encerrado en un cuerpo cuando se oponen algunos obstáculos á su libre difusion*.

## LECCION VII.

### Corrientes inducidas. Magnetismo. Diamagnetismo.

Admitido que la corriente eléctrica sea un flujo de éter, así como en las corrientes líquidas en movimiento disminuye la presión con respecto á la que ejercen sobre las paredes de los tubos que sirven para su conduccion cuando se hallan en reposo, llegando, si se hace muy grande su velocidad, no solo á anularse aquella presión sino á hacerse sensible otra de fuera adentro, que en el caso de haber orificios en las paredes se traduce por una succión, del mismo modo cuando una corriente de éter entra en un hilo conductor el éter ambiente sufrirá una perturbacion en su estado de equilibrio, hasta que despues de un tiempo casi inapreciable adquiriera un régimen que persistirá mientras dure la corriente. La perturbacion indicada es una disminucion en la presión del éter que rodea al conductor y en

su virtud es llamado hacia el hilo el éter del espacio ambiente. Si próximo á este hilo, que consiguientemente habrá de estar en comunicacion con una pila, suponemos existe otro cuyos extremos comunican con un galvanómetro, en este segundo hilo se originará una corriente de éter que afluye desde los puntos mas lejanos en direccion contraria á la de la corriente primitiva para restablecer el equilibrio perturbado en el espacio intermedio entre ambos hilos. La corriente producida por la pila se llama la corriente inductora é inducida la que circula por este segundo hilo. Pasado el primer momento el éter ambiente y el del hilo inducido han adquirido, segun se ha dicho, una nueva condicion de equilibrio que persistirá mientras dure el paso de la corriente por el hilo inductor; abierto el circuito ó interrumpida la corriente no se produce ya el fenómeno de succion pues el éter queda en estado de tension en la parte del hilo en que se ha verificado la interrupcion y obra por consiguiente sobre el éter ambiente; transmítese de capa en capa esta presion hasta llegar al hilo inducido y como en él se habia producido un vacio de éter, penetra en él este fluido recorriéndole en la direccion en que marchaba la corriente inductora para reponele en el estado de equilibrio anterior, lo cual sucede en un espacio de tiempo casi indivisible, constituyendo este movimiento del éter la segunda perturbacion en su equilibrio y por tanto la corriente inducida por la apertura del circuito. Lo instantáneo de ambas perturbaciones lo manifiesta lo poco que dura la accion sobre la aguja del galvanómetro.

Si el hilo inducido estuviera abierto al interrumpir la corriente inductora, la induccion se hubiera hecho sensible por una acumulacion de éter ó electricidad, en el sentido de la corriente inductora, originada en la extremidad del hilo inducido y por tanto aumento considerable de tension y produccion de una chispa.

Si el hilo inductor hubiera estado rodeado de cuerpos malos conductores, como en ellos se hallan entorpecidos los movimientos del éter y solo pueden verificarse en espacios muy reducidos, es necesario una accion enérgica para producir algun

movimiento en las capas del éter ambiente; esta es la accion de succion que se desarrolla alrededor del hilo conductor cuando por él pasa la corriente; llamado así el éter de las capas más próximas se condensa en torno del hilo y aun es arrastrado por el que se mueve dentro del conductor, y en las capas ambientes se halla tanto más dilatado este fluido cuanto más distan del conductor.

Pero no es solo en los cuerpos próximos á la corriente en los que se verifica la induccion; preséntase tambien en el mismo conductor atravesado por la corriente al interrumpir el circuito; pues ocurre en ese conductor con el éter, lo que con el agua en el tubo de una cañería, cuando ésta se cierra: se produce en la cañería un choque contra la llave y en el hilo una tension considerable y en ambos un retroceso ó corriente en sentido opuesto á la primitiva, aunque de muy corta duracion. Esta se ha denominado en electricidad *inducccion refleja*, *inducccion de una corriente sobre si misma*, *extra-corriente* y Secchi propone se diga *inducccion interior*.

Lo mismo que entre los cuerpos electrizados estáticamente se manifiestan atracciones y repulsiones, entre las corrientes se verifican los mismos fenómenos. Pero aquí no es el exceso ó la falta de éter lo que origina la atraccion ó la repulsion. El sentido de la corriente y su mayor ó menor movilidad son la causa de estas atracciones y aunque sean muy variadas las direcciones en que pueden presentarse una á otra dos corrientes, todos los casos pueden fácilmente referirse á los dos que vamos á considerar.

Sean en el primero dos corrientes paralelas y dirigidas en el mismo sentido. Sabemos que estas corrientes se atraen y la causa es que produciendo la corriente una succion del éter que la rodea en cada uno de los dos hilos, hay en torno de ellos una disminucion de presion la cual se hace más sensible en el intermedio de los dos hilos, en cuya virtud serán empujados uno contra otro. Contribuyen tambien á producir la union de los hilos los movimientos circulares que en órbitas sumamente pequeñas toma el éter cuando se encuentra en un medio mal con-

ductor como es el aire y como ese movimiento se comunica de capa en capa dá origen á una disposicion análoga á la que Ampere supone en los imanes.

Si las dos corrientes supuestas marchan en sentido contrario los movimientos circulares que acabamos de mencionar obrarán en sentido opuesto y chocarán los unos con los otros, y si son de igual intensidad se destruirán cesando todo movimiento en el medio comprendido entre los hilos. Resta la accion de aspiracion, por cuya accion, producida en sentido contrario en cada uno de los hilos, resultan tambien choques que producen la separacion ó repulsion de los hilos, que sera análoga á la atraccion producida en el caso precedente.

Pero en la mayor parte de los movimientos giratorios, segun las leyes de la composicion de las fuerzas, al encontrarse dos, deben reducirse al paralelismo; y efectivamente, si el hilo tiene suficiente movilidad girará sobre sí mismo y ambas corrientes marcharán paralelas y en un mismo sentido, produciéndose en definitiva la atraccion.

Teniendo en cuenta el efecto de succion que se produce siempre en torno de las corrientes y los movimientos que puede tomar el éter en el espacio interpuesto entre los hilos en que aquellas circulan, llegaremos á darnos cuenta de la accion recíproca de dos corrientes en las demás posiciones en que pueden encontrarse.

Esta accion de las corrientes sobre las corrientes nos lleva á la teoría del magnetismo que ya hemos dado en lugar oportuno de la obra que tratamos de complementar en estas páginas, solo que lo que allí denominábamos corrientes eléctricas existentes en lo interior de los imanes, debemos denominarlo flujo de éter.

Efectivamente los imanes se hallan constituidos por cuerpos en los que el éter tiene gran facilidad para moverse y formando alrededor de las moléculas corrientes transversales ó perpendiculares al eje del imán análogas á las que observamos en los solenoides. Como tales corrientes obran tambien sobre el éter exterior el cual es atraído, forma en torno del imán una especie de atmósfera cuyas capas, como dijimos al hablar de las corrientes,

van decreciendo en densidad á medida que se separan más del iman.

Equiparados los solenóides y los imanes resulta que las acciones magnéticas son un caso particular de las acciones electro-dinámicas, aun cuando en algunos casos parece haber entre ambas acciones diferencias bastante sensibles.

La propiedad magnética corresponde á un corto número de substancias si no es exclusiva del hierro oxidulado magnético y del acero; y el iman no ejerce accion facilmente ostensible sino sobre número bastante reducido de cuerpos, al paso que la electricidad y las acciones electro-dinámicas tienen un carácter de mayor generalidad.

El iman ejerce su accion á través de todas las substancias, teniendo por esto su accion gran analogía con la de la gravedad; la accion electro-dinámica queda interrumpida por la interposicion de un cuerpo cualquiera.

La accion electro-dinámica se extiende á todos los cuerpos que pueden adquirir la electricidad; al magnetismo se resisten los que pueden adquirirle y los cuerpos conductores en que el movimiento puede engendrar corrientes inducidas.

Pero si podemos establecer esas diferencias entre ambas acciones, las magnéticas y las electro-dinámicas, debemos señalar en ellas una propiedad comun, *la polaridad*, ó sea la facultad de ejercer acciones iguales y contrarias en los dos extremos de una linea. Esta propiedad se halla tambien en ocasiones en algunos cristales electrizados estáticamente, por ejemplo en la turmalina, pero esa polaridad se diferencia de la de los imanes en que está producida por la aglomeracion y falta de éter respectivamente en la superficie de las extremidades del cristal y que pierden completamente su estado eléctrico cuando se les pone en contacto con un cuerpo conductor; al paso que en los imanes la causa de la polaridad son las corrientes que se hallan en torno de cada una de sus moléculas y que no pierden nada en la intensidad de su accion aun cuando se hallen en comunicacion con cuerpos susceptibles de participar de sus propiedades.

Las corrientes que constituyen los imanes preexisten en los metales en su estado natural pero no presentan la propiedad magnética si no existe en ellos la *fuerza coercitiva*, que es la propiedad especial que tienen algunas substancias y particularmente el acero, de conservar orientados los movimientos circulares interiores y una agrupación molecular especial, que si se cambia, no se manifiestan ya los fenómenos magnéticos como se verifica con el mismo acero fundido que dejaría de ser imán, si antes lo era, ó no puede adquirir en estado líquido la propiedad magnética.

Las atracciones y repulsiones que se producen entre dos imanes, dos solenoides ó un solenoide y un imán, se explican por la dirección de sus corrientes: presentados por polos del mismo nombre se repelen porque la rotación del éter en torno de sus moléculas se verifica en sentido contrario; y á la inversa se atraen los polos de nombre contrario, porque entonces las rotaciones se verifican en ambos en el mismo sentido.

En la tierra que, como hemos dicho, es un verdadero depósito de éter, este fluido debe tener corrientes análogas á las que existen en los imanes y circundándola debe además haber una envoltura ó atmósfera de éter análoga á la que tienen los imanes y atraída por las mismas corrientes, constituyendo un inmenso imán. Atendida la explicación que hemos dado de los imanes, no es sino muy lógico que tanto ellos como la tierra han de engendrar corrientes inducidas cuando aproximamos los imanes á circuitos cerrados ó colocamos á estos en posición conveniente para que sobre ellos se ejerza la acción de la tierra.

Hemos dicho que la propiedad magnética corresponde á muy pocos cuerpos y que tiene acción muy débil sobre los demás; pero no puede dejar de tenerla porque siendo el magnetismo un movimiento especial del éter que está tanto en lo interior como en lo exterior del imán ha de ejercer alguna influencia sobre el que existe y se mueve en todos los cuerpos, si bien para que su acción sea sensible es preciso disponer de electroimanes muy poderosos.

Efectivamente, sometidos los cuerpos á su acción, colocados

entre los polos opuestos de dos electro-imanos poderosos se observa que unos son atraídos y otros repelidos marcándose la atracción por la posición que toma el cuerpo, cuando puede moverse libremente de colocar su mayor dimensión en la dirección de los polos ó sea de los ejes de los imanes y la repulsión por la dirección perpendicular á ella.

Son atraídos aquellos en los que los movimientos del éter en lo interior del cuerpo obedecen á la acción de las corrientes del imán y se ponen paralelas á ellas: estos cuerpos se llaman magnéticos. Otros hay en los cuales las rotaciones hallan dificultad para continuar su movimiento dentro de la atmósfera de éter que rodea á los imanes y naturalmente la línea en torno de la cual se verifican en ellos las rotaciones del éter se dispone perpendicularmente á la línea de los polos cuando forzosamente han de permanecer en el espacio interpolar. Si pueden moverse libremente se alejan de los polos y estos toman el nombre de *diamagnéticos*. Estos últimos son en mucho mayor número que los magnéticos, pues lo son entre los sólidos muchos metales, sus óxidos y sus sales, muchos líquidos y todos los gases menos el oxígeno. Si respecto á los sólidos hemos podido dar una razón satisfactoria de su diamagnetismo, no puede aplicarse la misma á los cuerpos líquidos y gaseosos que, por la mayor movilidad en sus moléculas, pueden permitir al éter que contienen suficiente movilidad. El P. Secchi explica este hecho diciendo que una substancia magnética puede aparecer como diamagnética si es menos magnética que el medio en que se halla sumergida, extendiendo á los fenómenos magnéticos el principio de Arquímedes, que denomina principio de las presiones diferenciales.



