

# APENDICE.

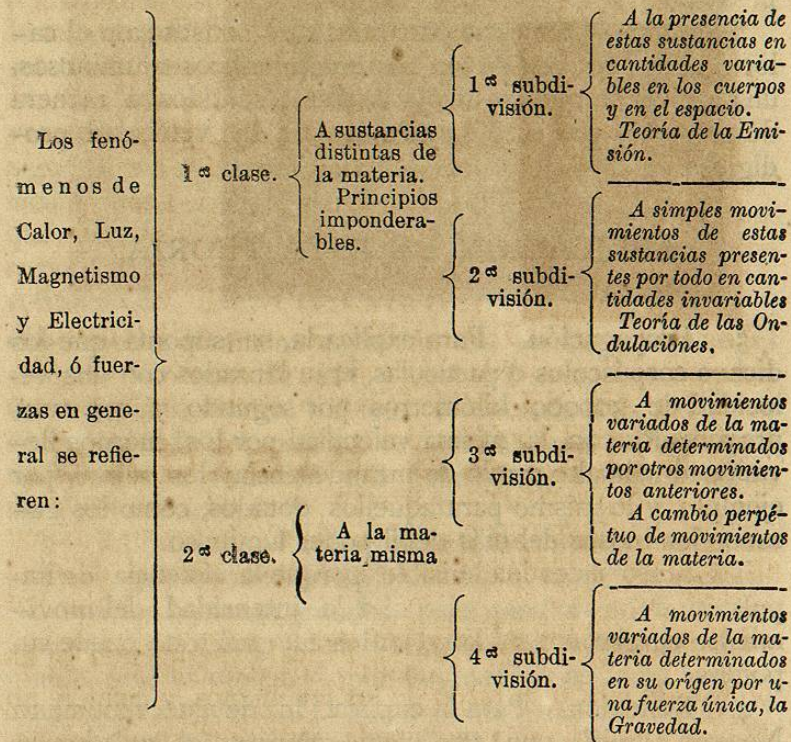
## TEORIAS FISICAS.

1. Desde el origen de la Física experimental se ha procurado buscar la razón de los fenómenos, y cuando no se ha encontrado una que pueda satisfacer según los hechos conocidos, se ha supuesto una hipótesis, que basada en ciertos principios hipotéticos también pudiese dar más ó menos cuenta del fenómeno.

Los resultados fructuosos que se han obtenido por medio de hipótesis para cada fenómeno, han venido á constituir una de las fases de la ciencia moderna.

Las principales hipótesis supuestas, se pueden dividir en dos clases muy diferentes, que á su vez se subdividen cada una en otras dos.

## CUADRO SINOPTICO DE LAS HIPOTESIS.



El orden en que se encuentran es ciertamente el histórico y han tenido lugar en los siglos XVIII y XIX y nos dan una idea de la marcha de las Ciencias Físicas.

## SISTEMA DE LA EMISION O NEWTONIANO.

### PRINCIPIOS FUNDAMENTALES.

2. Primero.—Suponer la existencia de partículas materiales infinitamente pequeñas, llenando el Universo y teniendo una existencia independiente del movimiento que



las anima sin estar sometidas á la acción de la gravedad; sino constituyendo una materia diferente de la materia pesada.

Segundo.—Que estas partículas que constituyen el calor ó la luz, reciben de los cuerpos caloríficos ó luminosos, una impulsión que las arroja en todos sentidos á manera de pequeños proyectiles animados de una velocidad prodigiosa.

### APLICACION DE ESTA TEORIA.

3. Propagación. Para explicarla, se suponía que los dichos corpúsculos ó partículas, eran lanzados con una velocidad de 300000 kilómetros por segundo, y que eran proyectados con la misma velocidad por los cuerpos llevados al más alto grado de incandescencia; los astros, por ejemplo, y lo mismo para aquellos dotados, como los gusanos luminosos del más débil poder luminoso.

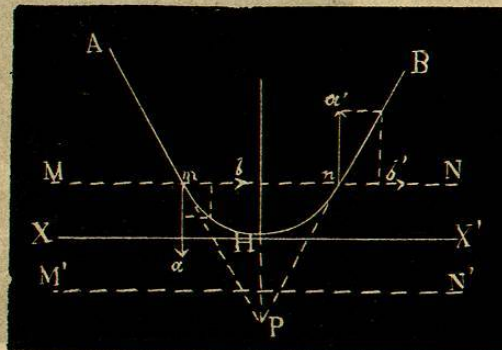
Tal hipótesis es inadmisibile, porque la violencia de impulsión; debe ser proporcional á la intensidad del movimiento de que están animados los cuerpos, y no puede suponerse igual en todos.

4. Reflexión. Para la explicación de este fenómeno Newton admitía una atmósfera repulsiva al rededor de los cuerpos, que suponía emanar de las moléculas de su superficie, la cual combinada con el movimiento de las partículas caloríficas ó luminosas, dá por resultado el cambio de dirección del rayo reflejado formando con la normal un ángulo igual al de incidencia.

Sea  $xx'$  [fig. 41] una superficie especular;  $MNM'N'$  la atmósfera repulsiva, Am el camino que sigue en el aire una molécula luminosa; al llegar á m en que encuentra la atmósfera ya no puede seguir la misma dirección; si descomponemos su velocidad en dos fuerzas una vertical ma y otra horizontal mb; ésta última no cambia, pero ma dis-

Fig. 41.

minuye por la repulsión, hasta venir á ser nula en H, y la trayectoria que sigue la molécula, tiene que ser la curva mH; continuando



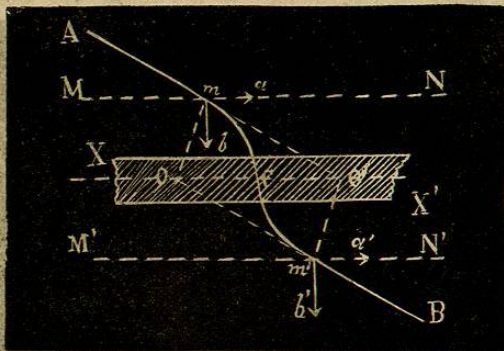
experimenta la misma repulsión del medio, y recorre el arco Hn simétrico de mH, y vuelve á tomar poco á poco una velocidad vertical na' igual y contraria á la que tenía en m; saliendo del medio, se combina con la horizontal nb' y sigue la dirección nB habiéndose reflejado según las leyes conocidas.

5. Refracción.—Para explicarla era preciso suponer: primero, que los medios diáfanos dejan entre sus moléculas espacios bastante grandes, para que las moléculas luminosas ó caloríficas puedan atravesarlos prontamente; segundo, que las moléculas ponderables ejerzan una potencia atractiva, inversa á la que suponía para la reflexión; y creía era mil billones de veces más fuerte que la gravedad, quien combinándose con los movimientos de las moléculas luminosas ó caloríficas como en la reflexión, produce la desviación que se observa en el rayo refractado; resultando por consiguiente que la velocidad de éste sería mayor á medida que las sustancias fuesen mas refringentes, lo que es contrario á la experiencia.

Sea  $xx'$  (fig. 42) el medio en el cual se refracta la luz,  $MNM'N'$  la atmósfera atractiva. Am el rayo luminoso, si descomponemos la velocidad de la molécula m en dos, una vertical mb y otra horizontal ma y aplicamos un razonamiento semejante al de la reflexión, veremos que la



Fig. 42.



componente  $m b$ , vá aumentando por efecto de la atracción hasta llegar á un máximo, y después vuelve á decrecer en la misma

relación; por consiguiente la molécula  $m$  describirá la curva  $m C m'$  de dos centros, uno en  $o$ , otro  $o'$ , y al llegar á  $m'$  límite de la atmósfera atractiva, saldrá siguiendo la tangente  $m' B$  á la curva.

Si llamamos  $V$  la velocidad de la molécula ántes de entrar al medio, será  $V'$  en su interior, y las componentes horizontales tendrán por valor  $V \sin i$  y  $V' \sin r$  y puesto que no aumentan ni disminuyen serán iguales y tendremos:  $V \sin i = V' \sin r$  y  $\frac{\sin i}{\sin r} = \frac{V'}{V} = n$ ; lo que quiere decir que  $V'$  es mayor que  $V$ , lo que es contrario á la experiencia.

6. Difracción.—Para darse cuenta de los fenómenos observados por Grimaldi, invocaba fuerzas repulsivas especiales, y aún en este caso daba á éstas la facultad de ejercer su acción á cierta distancia de los cuerpos; y con una especie de alternativa rítmica, esta hipótesis era necesaria para explicar como las franjas pueden existir en número de tres, y desarroyarse fuera de los cuerpos con la ley de alternancia. Admitia semejantes oscilaciones con el nombre de *accesos de fácil reflexión y fácil trasmisión*, para explicar los colores presentados por las láminas delgadas y estaba dispuesto á atribuir estos accesos á vibraciones caloríficas de los cuerpos.

7. Polarización.—La sagacidad del sábio físico hizo un último esfuerzo, cuando trata de explicar, como un rayo luminoso se desdobla ó permanece simple, atravesando un cristal de Spato de Islandia puesto sobre otro de la misma sustancia; á este fin supone: primero, los rayos limitados por verdaderas caras, segundo, las moléculas luminosas dotadas de polos semejantes á los de los imanes, y favoreciendo su paso al través de las sustancias ú oponiéndose á él.

En resúmen, dice el P. Sechi: "*la teoría de la Emisión tal como la expone su autor, puede compararse á una máquina que no puede funcionar mas que en manos de su inventor, pues solo ese poderoso génio podia adaptarla á la explicación de tan múltiples fenómenos con ayuda de hipótesis ingeniosas.*"

El gran número de fuerzas particulares necesarias para explicar cada nuevo fenómeno es el lado débil del sistema.

#### SISTEMA DE LAS ONDULACIONES O KARTECIANO.

8. Esta teoría supone primero: la existencia de un fluido material llamado Eter, que llena el Universo. Segundo, un movimiento propio de las moléculas de la materia, el cual varía de forma y de velocidad y se trasmite al Eter.

En esta hipótesis la luz es análoga al sonido, al menos en este sentido: que el sonido es un movimiento vibratorio en el aire, ó en general en la materia ponderable; mientras la luz ó el calor, son un movimiento de vibración en la sustancia Eter.

Por todo donde el sonido se propaga hay materia, por todo donde la luz se propaga hay Eter.



El Eter llena el espacio, porque no hay un punto de él que no sea accesible á la luz; se encuentra entre el Sol y la Tierra, entre los cuerpos todos de nuestro sistema planetario, y en el espacio indefinido que nos separa de las estrellas mas lejanas, pues no hay de esa extensión, un solo punto que no sea atravesado en cada instante por una infinidad de rayos luminosos, y no es solamente el vacío de los cielos donde el Eter está esparcido, sino penetra en todos los cuerpos llenando los intervalos que dejan entre sí los átomos ponderables.

Si el Eter no existiera en toda la extensión del Universo, la luz de los astros no llegaría á nosotros; si no existiese en los cuerpos diáfanos, no se dejarían atravesar por las ondas; si no existiese en los intersticios que separan los átomos de nuestra envoltura material, la luz no podría afectarnos; las ondulaciones no pasarían á los humores del ojo y las fibras nerviosas de la retina, último término donde nuestra razón puede seguir las. Así pues, el sistema de las ondulaciones nos conduce á admitir la existencia de una materia, en el seno de la cual se encuentran dispersados según leyes eternas, los diversos fragmentos de materia ponderable que constituyen el Universo.

Sin embargo, si el Eter está por todo, no es por todo idéntico á sí mismo; es probable que en el vacío estelar como en el de nuestras máquinas neumáticas, no haya diferencia en su distribución, y por consiguiente tampoco la habrá en la marcha de la luz y el calor; pero en el interior de los cuerpos se mueve diversamente, las ondulaciones cambian de velocidad y de longitud, y por consiguiente el Eter toma elasticidades diferentes.

Si la masa de Eter que llena el Universo estuviera en reposo, el mundo estaría en las tinieblas; pero si se mueve en un punto cualquiera, al instante aparece la luz, y se propaga indefinidamente en todos sentidos, como en una atmósfera tranquila, la vibración de una cuerda hace nacer un sonido.

La luz que es el movimiento debe distinguirse de la sustancia Eter, en la cual este movimiento se verifica, como el movimiento vibratorio que constituye un sonido debe distinguirse del aire ó en general, de la materia en la cual se verifican las vibraciones.

Hablando de las ondas sonoras se dice, que el movimiento de las moléculas, se hace en el sentido del rayo sonoro, es decir, que se separa y aproxima alternativamente del centro de vibración; pero en la luz debemos considerarlo de una manera general, esto es, en todos sentidos.(1)

#### OBJECION DE NEWTON, SU REFUTACION Y PRINCIPIO FUNDAMENTAL DE LAS ONDULACIONES.

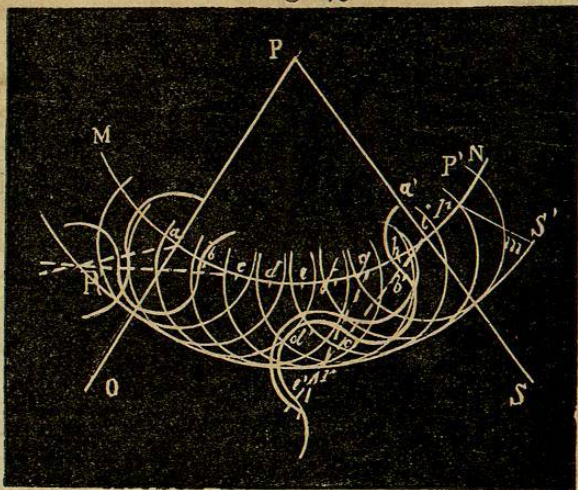
9. La objeción de Newton á la teoría ondulatoria era ésta: *¿Cómo la luz solar, penetrando en una cámara oscura por un orificio circular puede formar un hacesillo cilindrico? . . . Si consiste en ondulaciones debe esparcirse en todos sentidos como el sonido.* Huyghens refuta esta objeción y sienta el principio fundamental de las ondulaciones conocido con el nombre de principio de Huyghens y es éste: *Toda vez que un punto pone en vibración un medio elástico homogéneo, desarroya á su rededor una onda esférica; pero en realidad una onda no es capaz de producir en nosotros la sensación de la luz, la cual siempre es producida por varias ondas sucesivas, producidas por varios puntos que vibren simultáneamente.* La dirección del rayo es la de la resultante de todos estos movimientos y se determina de la manera siguiente: Sea P [fig. 43] un punto en vibración y consideremos la onda MN compren-

[1.] Pouillet tomo II páginas 121 y 122 edición Mexicana.



dida entre los rayos PO y PS, se pueden considerar todos los puntos a b c d e f & de la superficie de esta onda en una posición cualquiera, como otros tantos centros de vibra-

Fig. 43.



ción produciendo ondas esféricas secundarias, que se propagan con igual velocidad, éstas tendrán una superficie que las envuelve RS', que será la resultante de todas las otras y representará la onda primitiva MN llegando á RS', á cierta distancia del punto de partida P. Así, las ondas parciales figuran otras tantas esferas teniendo cada una su centro en puntos diferentes y cuyas superficies se separan rápidamente las unas de las otras y cesan pronto de ser tangentes á una misma superficie, como se vé fácilmente en p.m. Un plano tangente simultáneamente á varias ondas elementales no puede existir entónces, sino en un punto infinitamente próximo á la línea recta que une el punto luminoso P, al nuevo punto luminoso como centro.

Los elementos determinados con ésta condición, serán pues paralelos á la superficie sobre la cual están colocados todos los centros de vibración a b c. . . . y siendo esta superficie esférica, la RS' lo será también.

Se sigue de allí, que la porción de onda comprendida entre PO y PS, conservará toda su intensidad suponiendo sus efectos de una manera concordante, mientras que para las partes de onda situadas fuera de estas líneas, serán, primero, muy dilatadas y muy aisladas para impresionar la retina, y segundo, se destruirán recíprocamente; porque las partes en movimiento en un sentido, por ejemplo, positivas, se sobrepondrán á las partes que hacen su excursión en sentido negativo; por consiguiente las ondas se destruirán mutuamente.

En efecto, cada una de las ondas teniendo una cara positiva y otra negativa, sucederá que un punto cualquiera m situado fuera del cono OPS, tendrá el movimiento positivo de la primera onda que parte de i y el movimiento negativo que parte de g, por consiguiente las dos velocidades se destruirán.

Pero se vé que esta destrucción mútua de las ondas luminosas no será completa y que en las inmediaciones de las sombras geométricas O y S, se observará alternativamente reforzamiento y neutralización que nos explica el origen de las franjas. Estas serán tanto menos sensibles, cuanto mayor sea el número de centros luminosos primitivos, tales como P, porque las ondas emanadas de un sistema numeroso de puntos, destruirá el efecto de las emanadas por el otro.

10. Para comprender lo que son caras positivas y negativas de una onda y al mismo tiempo su destrucción mútua ó parcial, se necesita en mi concepto, (pues nada dicen los autores á cerca de esto, ó si alguno lo dice no ha llegado á mis manos) dar á la onda su verdadero valor, esto es, considerarla compuesta y no simple; pues aún cuando la representamos por medio de una línea curva, así como el rayo de luz por una recta, éstas no son sino sus direcciones generales simplificadas. En efecto, sabemos que el rayo luminoso está formado de los siete colores



que constituyen la luz blanca, de aquí su composición, la onda luminosa blanca debe serlo también.

Veamos si podemos darnos cuenta de lo que se llaman caras de la onda, aunque sea de una manera aproximada.

Supongámonos á la orilla de un lago cuya agua esté en reposo, si producimos un movimiento cualquiera, veremos que al rededor del punto movido se forman círculos concéntricos que no son otra cosa que las ondulaciones, ondas ú olas que se separan del centro de vibración á medida que se propaga el movimiento.

Examinemos una ola como la llamamos, esta está representada

por abc,  
(fig. 44,) siendo AN la línea de nivel y P el punto en

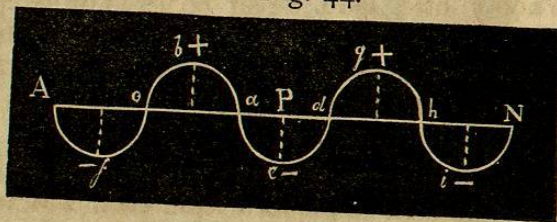


Fig. 44.

que se produjo el movimiento; de manera que al rededor de P veremos un alzamiento que en la figura que es un corte vertical, queda representado por los arcos abc, y dgh; observemos lo que sucede al propagarse el movimiento á la derecha de P; es evidente que si una sola ola se produgese dgh por ejemplo, esta se trasportaría en toda la extensión de la superficie de nivel hasta los bordes del lago; pero es imposible producir una sola, porque el punto e que antes del movimiento coincidía con P, para volver á su estado de equilibrio, tiene que hacer varias oscilaciones, y cada una engendra necesariamente una nueva ola que sigue á la primera, á ésta sigue otra, y así sucesivamente hasta que termine el movimiento de e.

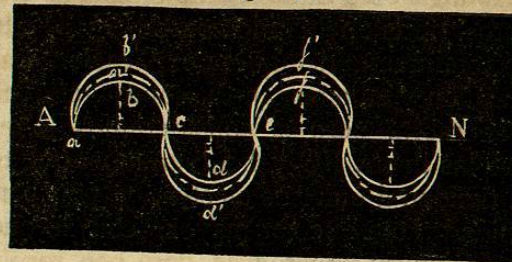
El conjunto de las olas dará por resultado al rededor de P un alzamiento dgh...abc, luego una depresión hiN...cfA, luego otro alzamiento, al que seguiría una depresión y así sucesivamente; estos alzamientos y depre-

siones son los que observamos al rededor del punto P, siendo verdaderas superficies esféricas. Como se vé, el movimiento es perpendicular á la superficie de nivel, y es claro que todos los alzamientos se encuentran sobre esta superficie, así como todas las depresiones debajo, teniendo presente, que no son las moléculas líquidas quienes se trasportan desde el punto de vibración hasta los bordes, sino el movimiento, y que las moléculas solo experimentan oscilaciones arriba y abajo de la línea de nivel.

Comparando estos movimientos con las oscilaciones de de un péndulo, vemos que se verifican de la misma manera á uno y otro lado de su posición de equilibrio; en el péndulo se llama amplitud de oscilación el espacio comprendido entre dos posiciones extremas, de manera que Pe, sería una semioscilación; además, si convenimos en que todas las distancias contadas sobre la línea de nivel sean positivas, las que queden debajo serán negativas, y si además no nos limitamos al punto e solamente, sino consideramos todos los puntos que constituyen el arco de ea, éste constituirá una semionda negativa, así como abc una semionda positiva. La onda completa está pues formada de dos semiondas, una positiva y otra negativa, y su longitud es de eabc.

De aquí podemos deducir: que cuando las ondas van en el mismo sentido,

Fig. 45



tales como abcde y ab'cd'e (fig. 45) y llegan á encontrarse, se unirán sus efectos, como dos fuerzas que obran

en el mismo sentido, para dar un efecto igual á su suma, y aumentará la luz dando una resultante de mayor amplitud aa'ce'e, y cuando vayan á encontrarse en sentido contrario, tales como abcde y ab'cd'e, (fig. 46) si son