

superiores civil, militar y de marina y á las demás de esta provincia, á los distinguidos Jefes del Cuerpo de Ingenieros militares y al de marina, á los celosos y activos Jefe de la seccion de Fomento y oficial de la misma encargado del negociado de obras públicas, por la cooperacion que con el mayor interés se han servido prestar en bien del servicio, siempre que ha sido necesario para remover, en cuanto ha sido posible, los obstáculos que se han presentado.

Tal es pues el resultado obtenido en el segundo periodo, ó por mejor decir en los dos, segun lo que se expresa en el resumen de esta memoria. Hubiera deseado extenderme más en algunos puntos de la misma, pero las atenciones y trabajos del servicio no me lo han permitido. Sin embargo, aunque ligeramente, creo haber satisfecho el objeto que me habia propuesto de dar á conocer el progreso general de las obras públicas de esta provincia en el segundo periodo de cuatro años, ó mas bien en este y el anterior y su estado actual, y si el resultado conseguido y este pequeño trabajo, hecho con el mejor deseo, merece el menor aprecio de la Superioridad, á la que ruego tenga á bien disimular las faltas que en él note, será la mayor honra que me podrá dispensar.

Coruña 31 de Diciembre de 1866.—El Ingeniero Jefe de la provincia,

CELEDONIO DE URIBE.

SOBRE LA TEORIA MODERNA DEL CALOR.

GRANDES UNIDADES DEL MUNDO MATERIAL.

I.

Dos extremos debe armonizar la ciencia, así en el orden moral como en el orden físico: la *infinita variedad* de los fenómenos, y la *unidad de la ley*; y estas, en efecto, la tendencia de la *Física moderna*.

Agrupar hechos, al parecer distintos, dentro de una misma teoria; hallar la expresion sintética que los abarca y los explica; elevarse, en una palabra, de la variedad á la unidad, es la marcha,—quizá instintiva, pero profunda y filosófica,—que siguen, y la idea á que obedecen la mayor parte de las teorías modernas. La *Física*, casi en su totalidad, tiende á convertirse en una gran aplicacion de la *Mecánica*: la *materia* y el *movimiento* explican hoy la mayor parte de los fenómenos naturales, que corresponden al orden físico, y aun,—exagerando quizá este principio y llevando el espíritu de sistema al último extremo,—hay quien pretende poner en claró los hechos

de la Química por el juego de las fuerzas físicas: como hay otros que, salvando la valla, pretenden, con lamentable ceguedad y exajeracion manifiesta, explicar con los átomos y las leyes materiales los grandes arcanos de la vida y del pensamiento, sustituyendo de esta suerte un estéril y viejo atomismo á las elevadas y sublimes concepciones de la Metafísica.

Dejando aparte problemas ajenos á nuestro objeto, y limitándonos al estudio de los fenómenos físicos, es decir, de todos aquellos en que la esencia íntima de los cuerpos no varia, es innegable que esta especie de fusion de fenómenos aislados, y al parecer radicalmente distintos, en *uno solo* general que los identifica, y que se expresa por una *gran ley*, es un importantísimo adelanto; adelanto tanto mayor, en el caso que nos ocupa, cuanto de este modo la *Física* viene á ser una especie de *Astronomia molecular*, sujeta al análisis algebraico, y recibiendo de la *ciencia de la cantidad y del orden* su último grado de perfeccion.

II.

Aclaremos aún mas las ideas que preceden, y procuremos, ántes de entrar de lleno en el objeto de este artículo, poner de manifiesto esta tendencia de las teorías modernas á identificar, en una *sola hipótesis*, fenómenos entre los cuales por mucho tiempo no se sospechaba que pudiera existir lazo de union, ni relacion alguna, ni la mas remota analogía.

Presentaremos á este fin varios ejemplos.

La luz y todos sus maravillosos efectos se explican hoy con admirable facilidad por la teoria de las vibraciones.

Un éter sutilísimo—que llena los espacios, y envuelve á los astros, y penetra en nuestra atmósfera, y aún en los mismos cuerpos que cubren la superficie del globo,—*vibrando* bajo la accion de ciertas fuerzas, y en determinadas condiciones, y extendiéndose en *magníficas ondas*, como en la superficie del mar se extienden y se propagan las olas que levanta el viento, *hé aqui la luz* segun la ciencia moderna.

La amplitud de las *vibraciones etéreas*, su rapidez, su forma, su direccion, la influencia que sobre ellas ejercen los *medios* en que se propagan, son causas y condiciones particulares que explican por leyes sencillas, regulares, matemáticas, todos los varios accidentes de los fenómenos luminosos; á saber: la intensidad de la luz, los colores, la polarizacion, la doble refraccion, la dispersion, y mil otros curiosísimos hechos, hasta hoy, muchos de ellos al ménos, apenas comprendidos.

Los grandes fenómenos de la Óptica, diversos á primera vista, é infinitos en sus apariencias, son pues formas varias de una sola *idea*, fases diversas de un solo hecho: la *vibracion del éter*.

La *Geometria*, el *Álgebra*, la *Mecánica*, dan el por qué de la variedad: la fórmula analítica dá la *ley*; y de esta suerte no sólo se ponen en claro hechos ya conocidos, sino lo que es mas, se adivinan, se anun-

cian, se *profetizan*, por decirlo así, nuevos hechos, nuevos fenómenos, y nuevas apariencias, que la realidad, obedeciendo,—como obedecerá siempre,—á la *ley* ideal, halla y comprueba al fin.

Cauchy anuncia desde su gabinete,—leyendo una fórmula, é interpretando relaciones algebraicas,—extraños fenómenos, desconocidos hasta entónces para los observadores, hoy plenamente comprobados por el método experimental. Y estas *profecias científicas* no son vagas, generales, elásticas, por decirlo así, y dispuestas á plegarse á lo que resulte, sino terminantes, inflexibles, brutales, si se nos permite la expresion, como un teorema de Geometria.

Seanuncian para ciertas experiencias puntos de *sombra* en determinada situacion: *rayas de luz* de determinadas dimensiones; particularidades, en fin, inconfundibles y perfectamente definidas; y es que la teoria del inmortal geómetra francés es la *ley* de la Óptica, y quien posee la ley, posee en ella la variedad de accidentes que contiene.

La hipótesis de la vibracion, elevada y filosófica en sí misma, adquiere inmensas probabilidades ante comprobaciones tan admirables y terminantes.

En resumen: todos los fenómenos de la luz se reducen en su expresion mas sencilla á este fenómeno único:

El éter en vibracion.

O dicho con mas generalidad:

La materia en movimiento.

III.

Hemos presentado un ejemplo: la *óptica*.

Presentemos otro: la *acústica*.

¡La luz, ser cosa parecida al sonido!

¡Reunirse ámbos fenómenos dentro de una misma teoria!

¡Ser ámbos hechos fases de una misma idea!

¡Y cómo? ¡Y por qué?

¡Qué puede haber de comun entre los colores y los sonidos?

¡Cómo pueden ser cosas tan distintas, idénticas en el fondo, y hallarse, por decirlo así, envueltas y comprendidas en un mismo principio que las explica á la par?

Sin embargo, nada mejor demostrado: el sonido es la vibracion del aire, como la luz es la vibracion del eter.

En uno y otro caso, hallamos como fondo del fenómeno *materia* y *movimiento*.

Eter, alli; aire, aquí.

Vibraciones etéreas en la luz; vibraciones aéreas en el sonido.

En uno y en otro caso, un solo fenómeno de *Mecánica*: el *movimiento*; la variedad reducida á la unidad; las fórmulas algebraicas de la Dinámica explicando á la vez las armonias de los sonidos y las armonias de los colores.

Un cuerpo luminoso hace vibrar á su alrededor el éter ántes inmóvil, y la onda vibrante se esparce y

se dilata,—para la razon, como *movimiento*; para los sentidos, como *luz*.

La cuerda de un arpa vibra, y vibra con ella el aire, extendiéndose en la atmósfera,—para la ciencia, como una *masa que se mueve*; para nuestros sentidos, como armonia sonora.

Una ráfaga de viento cae sobre la superficie del mar, y el movimiento ondulatorio se propaga sobre el Océano,—en rigor, como la onda vibrante ó como la ondulation sonora; para el sentido de la vista, pobre y limitado, como sucesion de montañas de agua que suben y bajan.

Tres hechos, y una sola ley: la *luz*, el *sonido*, el *oleaje* del mar, condensados en las fórmulas que la Mecánica halla para el movimiento vibratorio.

Pero aún mas: sigamos la comparacion.

El cuerpo luminoso se extingue: la vibracion cesa: el éter queda inmóvil: hé aquí la *oscuridad*.

La cuerda del arpa se detiene: el aire no vibra ya y queda inmóvil: hé aquí el *silencio*.

Las olas del mar se desvanecen; la superficie del agua queda en reposo: hé aquí la *inmovilidad*; como eran inmovilidad de la materia el *silencio* y la *sombra*.

IV.

Tres grupos de fenómenos hay en la Física que llevan tres nombres distintos, y que en otro tiempo formaban tres teorías diversas. Son estos nombres: *magnetismo*, *electricidad*, y *calórico*. Diríase que eran tres sustancias diferentes, tres nuevos cuerpos ó *flúidos*,—que así se llamaban,—aunque por no hallarse sujetos á la ley de la gravitacion, se les aplicaba el adjetivo *imponderables*.

Hoy la ciencia tiende á identificarlos entre sí y con la luz, y á reducir los fenómenos eléctricos, magnéticos, luminosos ó caloríficos á un solo fenómeno dinámico. Para el magnetismo y la electricidad la demostracion no es aún terminante, aunque por las mútuas relaciones que tienen entre sí y con la luz y el calor, sean grandes las probabilidades: para el calórico la nueva teoria tiene elevadísimo grado de certeza.

El calórico segun la teoria moderna no es ya un nuevo cuerpo, un nuevo flúido, especie de sutilísimo gas que á manera de emanacion va de un cuerpo á otro, y donde se acumula produce calor, y desprendiéndose produce frio. El calórico, como la luz, como el sonido, como las olas del mar, como el astro que gira en el espacio en órbitas colosales, es MATERIA EN MOVIMIENTO; y así todos estos hechos se explican por la misma teoria, y están comprendidos dentro de una misma fórmula dinámica, que es la ley y la unidad,—la *gran unidad* de todos estos fenómenos.

Por eso hemos comenzado este artículo escribiendo: *grandes unidades del mundo material*.

Todos estos hechos:—la luz, el sonido, la ola del mar, el astro que vuela en el espacio,—con ser muchos, son para la ciencia y para la razon uno solo:

masas, ó moléculas, ó átomos, es decir, *materia que se mueve*.

Así: *la molécula del éter luminoso vibra transversalmente á la línea segun la cual se propaga la luz*, describiendo unas veces líneas rectas (luz polarizada); otras, elipses infinitesimales (polarización elíptica); en algunas ocasiones circunferencias (polarización circular); ó bien espirales cada vez mas cerradas (cuando hay parámetros de extinción).

La molécula de la atmósfera vibra longitudinalmente dando origen á la ondulacion sonora.

Oscila cada *gota de agua* sobre la superficie del Océano, y del conjunto de estos movimientos resulta la *forma* que se llama ola, *apariciencia* del fenómeno.

El *astro*, molécula colosal,—si se nos permite emplear esta frase,—vibra en el fondo de los cielos describiendo, no ya las pequeñísimas elipses del éter, sino las magníficas elipses del mundo planetario.

El *átomo*, ya de los cuerpos, ya de la materia inter-estelar, vibra tambien, y hé aquí el calor.

¿Qué importa que los sentidos hallen diferencias profundas, abismos incolmables, entre un rayo de luz, una armonía acústica, una ola del mar y la marcha de un astro en el espacio?

La razón que *ve más*, y *penetra más* en el fondo de las cosas, afirma que hay unidad donde la sensación sólo halla diversidad.

Pero la teoría del calor no es una hipótesis mas ó menos ingeniosa: la experiencia la comprueba admirablemente.

Relatar, siquiera de pasada, y en la forma que en un artículo de este género pueden relatar, algunos de los hechos en que se funda dicha teoría; y poner de relieve esta gran verdad: el *calor* y *todos sus efectos* no son mas que formas y modos del movimiento de los átomos, ya en los cuerpos, ya en la materia inter-estelar,—es el objeto del presente artículo.

V.

De este modo á todos los ejemplos anteriores podremos agregar otro mas: *el calor*. Y dentro de las leyes dinámicas de la materia, veremos aún otro extensísimo orden de fenómenos.

Pero no porque hayamos condensado, por decirlo así, *las leyes* de infinitos hechos naturales en *una ley* suprema,—la del movimiento.—creamos que esta ley es la ciencia toda y que todo lo explica. Siempre quedan ante la Física como gigantescas esfinges, cuyos labios de piedra guardan eterno silencio, las grandes ideas metafísicas, de las que la ciencia del mundo material parte como de otros tantos postulados. Aunque llegue el día en que por las leyes de la materia en movimiento se explique el mundo físico, este triunfo, con ser muy grande relativamente, aún se estrellará contra los inmensos problemas de la Filosofía.

Podrá la Física explicarlo todo con los átomos y el movimiento, pero no explicará ni el movimiento,

ni los átomos; ni de *dónde viene*, ni *cómo es eterno* ese oleaje infinito de la materia.

Admiremos, pues, los grandes progresos de la ciencia, respetemos esta aspiración del espíritu moderno á buscar grandes unidades que condensen y expliquen la variedad, aspiración legítima y filosófica; pero cuidemos de encerrar á cada ciencia dentro de sus naturales límites.

VI.

Volvamos á nuestro objeto.

¿Cómo puede ser el calórico una forma y un efecto del movimiento vibratorio y atómico?

¿Qué hechos explican y dan fuerza á esta hipótesis, á primera vista extraña y caprichosa?

Sería necesario que citásemos libros enteros: las obras de Mayer, de Joule, de Thomson, de Clausius, de Carnot, de Helmholtz, de Rankine, de Reech, de Grove, de Laboulaye, de Favre, de Hirn, y sobre todo las doce admirables lecciones explicadas por el profesor Tyndall en el Instituto real de la Gran Bretaña.

Estudiemos algunos de los hechos más culminantes.

La mayor parte de ellos pueden condensarse en esta proposición, base de la nueva teoría:

Toda acción mecánica, todo trabajo, toda fuerza, puede dar ocasion á un desarrollo de calor.

O mejor dicho:

Toda acción mecánica que al parecer se pierde y se anula, ni se anula, ni se pierde; en realidad se transforma, integra y completa, en calórico.

El rozamiento, el choque, la presión, se hallan en este caso.

A veces, es cierto, las cantidades de calórico son pequeñas, muy pequeñas: nuestros sentidos no las aprecian, aún al termómetro pasan desapercibidas, ó por su pequeñez ó por las circunstancias especiales de la experimentación: pero no es difícil hacer constar su existencia, y hasta medirlas numéricamente, por medio de aparatos de exquisita sensibilidad, como las pilas termo-eléctricas y los galbanómetros.

Rozamiento.—La fricción de un cuerpo contra otro, por ligera que sea, da origen á un desarrollo de calor: calor que á veces es tan considerable, que brota la llama y se inflaman los cuerpos sometidos á la experiencia.

Mil hechos harto conocidos pudiéramos citar en apoyo de esta verdad.

Frotando una mano contra otra se eleva la temperatura, ó como vulgarmente se dice, se calientan las manos.

Los instrumentos y útiles de cantería, carpintería, cerrajería, etc., se caldean con el trabajo.

Los ejes de las ruedas arden si no se disminuye el rozamiento por medio de grasas.

Los salvajes encienden lumbre frotando dos pedazos de madera seca uno contra otro.

Y por último, para citar un ejemplo notabilísimo,

el conde Rumford, en el arsenal de Munich, haciendo girar un cilindro de hierro, dentro de un depósito de agua, y alrededor de otra pieza de metal, consiguió en dos horas y media hacer hervir toda la masa líquida.

Ejemplo patente de la transformación del rozamiento en calórico.

Choque.—Un martillo que cae repetidas veces contra un yunque; un cuerpo, en general, que cae de cierta altura; una bala que se clava en un muro; las moléculas líquidas de una catarata; todos estos choques mas ó menos intensos desarrollan calor.

El agua del mar se calienta por la agitación que produce la tempestad.

El termómetro marcaría una notable diferencia en la temperatura de la lámina líquida de las cataratas del Niágara, en la parte superior y en el fondo del abismo.

Y si en todos estos casos el efecto es perceptible, aún en muchos de aquellos en los que por la pequeñez del choque el desarrollo de calórico es inapreciable por los medios ordinarios, puede demostrarse su existencia acudiendo á mecanismos mas perfectos.

Así el galbanómetro indica elevación de temperatura en una corta cantidad de mercurio, que en forma de pequeña cascada pasa de un vaso á otro diez ó doce veces seguidas.

Resulta, pues, que el choque, como el rozamiento, desarrolla calor.

Presión.—Otro tanto podemos decir de la presión, y el eslabon neumático, aparato de Física bien conocido, es prueba patente de este principio.

En resumen: *toda fuerza que actúa, todo trabajo, todo movimiento, ó mas generalmente, toda acción mecánica consumida y anulada, supone creación de calórico, ó mejor dicho, se transforma en calórico.*

VII.

¿Cómo se explicaban en las teorías antiguas estos hechos?

Suponiendo que la acción mecánica arrojaba al calórico del interior de los cuerpos. mecánicamente tambien: era algo parecido á la esponja impregnada de agua que, esprimida, chocada, sacudida, va poco á poco dejando escapar de entre sus poros el líquido que contiene.

Pero esta explicación no solo es insuficiente y grosera, sino aún contradictoria con los hechos mismos.

La creación ilimitada de calor por el rozamiento, no se explica de este modo; porque cuando la esponja ha dejado escapar toda el agua que contiene, no da mas por mucho que se la estruje: y asimismo cuando cada cuerpo desprenda la cantidad finita de calor que entre sus poros se halla, no dará mas calor por mucho que se frote.

Estas y otras consideraciones que omitimos, y sobre todo la teoría de las capacidades caloríficas, ponen de manifiesto la nulidad y la impotencia de la teoría antigua.

La teoría moderna, por el contrario, satisface á todas las condiciones y explica admirablemente todas las circunstancias del fenómeno.

¿Qué es, segun ella, el calor desarrollado por el rozamiento, por la presión, por la percusión, por el choque, en una palabra, por todo trabajo mecánico?

La transformación, y nada mas que la transformación, de la fuerza consumida al parecer, ó del movimiento anulado bajo cierta forma, en otro movimiento equivalente.

Nada se anula en esencia en el universo: nada se extingue y deja de ser: ni el mas insignificante átomo se hunde en la nada. Todo es eterno: pasa, se transforma, se divide, se condensa, pero en el fondo queda idéntico á sí mismo.

Es, pues, el mundo material un magnífico oleaje de fenómenos que se cruzan y se combinan, sin que jamás brote algo de la nada, ni torne á la nada lo que es.

Mi brazo hace que choque un cuerpo contra otro: dos circunstancias aparentes se presentan: por una parte *anulación* de cierta cantidad de fuerza, por otra *creación* de cierta cantidad de calórico.

Ambas cantidades se equivalen: mi fuerza, ó mejor dicho, el movimiento de mis músculos, se ha transformado en otro movimiento. Las moléculas de los cuerpos frotados vibran describiendo trayectorias infinitesimales, que algunos de mis sentidos,—la vista, por ejemplo,—no perciben; que otros de mis sentidos perciben bajo una forma especial, á la que doy el nombre de *calor*; pero mi razón comprende, penetra y adivina el fenómeno en toda su pureza geométrica, y dinámica; y así ve,—los átomos en movimiento, las trayectorias que describen y las velocidades con que marchan.

Mi fuerza muscular no ha quedado anulada; ha cambiado de forma, pero íntegra se halla en el movimiento vibratorio del cuerpo.

La bala que un arma de fuego despidió choca contra un muro, y en él se clava y allí queda.

¿Qué se hicieron aquella masa y aquel movimiento? ¿Se anuló aquella fuerza viva? No: aplicada en el momento del choque un termómetro al proyectil y á la masa contra la cual se estrelló, y observareis desarrollo de temperatura en aquel y en esta. Y es que el movimiento *total* se ha transformado en movimiento *molecular*; y á aquel porque lo veo con los ojos materiales, le doy el nombre de *movimiento*; y á este porque no lo veo, aunque bajo cierta forma lo siento, le doy el nombre de *calórico*.

Antes iba toda la masa á la par y yo la veía ir; ahora *oscila* ó *vibra* en particular cada molécula con extraordinaria rapidez, pero describiendo curvas tan pequeñas que no las percibo; y como el movimiento es de oscilación alrededor de una posición media de equilibrio, y como además la forma exterior y aparente de los cuerpos no cambia, creo que es un nuevo fenómeno, y le doy nuevo nombre. La ciencia me dice, sin embargo, que el movimiento total equivale á la suma de los movimientos parciales de los átomos; porque en el fondo eterno é invariable de las cosas, la *cantidad* no cambia.

VIII.

Hemos visto cómo la fuerza y el movimiento se trasforman en movimientos especiales, á los que se dan el nombre de calórico: veamos ahora cómo recíprocamente el calor se transforma en fuerza y en movimiento.

El carbon de piedra arde en el hogar de una locomotora: una enorme masa *desaparece* en pocas horas.

¿Dónde está esa materia?

¿Qué se hizo de la inmensa cantidad de calórico que desarrolló?

La materia queda, aunque bajo otra forma y esparcida en la atmósfera, idéntica á sí misma, sin que un sólo átomo se haya anulado.

El calórico, es decir, el *movimiento* vibratorio é interno de la masa que sobre la rejilla del hogar brillaba hecha áscua, ha cambiado de forma, y de movimiento *molecular* ha pasado á movimiento *total*: el calor del carbon de piedra ha desaparecido; pero en cambio el tren vuela sobre los carriles. Este *hecho* es aquel *hecho* bajo otra forma. Y en efecto, si en cualquier instante queremos cerrar el círculo del fenómeno, nada más fácil.

El tren vuela á razon de 40, de 50, de 80 kilómetros por hora: de repente se oprimen los frenos, humo y chispas saltan de las ruedas, la fuerza viva pugna aún, pero al fin el movimiento cesa: la fricción ha destruido el movimiento.

¿Dónde está la *fuerza viva* del tren?

En el freno y en las ruedas se halla, convertida en calórico.

Las moléculas de estas masas vibran rápidamente alrededor de sus posiciones medias, y de este modo el movimiento total se ha individualizado en las moléculas, ha penetrado en la masa, y dividiéndose indefinidamente ha llegado al átomo: el tren corría *antes*, los átomos vibran *ahora*, y estas vibraciones, así como las olas del mar se esparcen y se pierden cada vez más débiles, pero más extensas en compensacion, así se esparcen tambien en el tren, en el suelo, en la atmósfera, en el océano infinito de la materia.

Resumamos esta serie de hechos.

Primero: calórico (movimiento vibratorio) en el hogar de la locomotora.

Segundo: este calórico se convierte en movimiento: el tren marcha.

Tercero: se oprimen los frenos; se detiene el tren: su movimiento se anula: pero una cantidad equivalente aparece en forma de calórico, y es *aquel* que brillaba en las entrañas de la locomotora.

El círculo queda, pues, cerrado.

IX.

Hé aquí tres grandes principios: el calórico, la fuerza y el movimiento, identificados en un prin-

pio único, y trasformándose unos en otros como evoluciones del *gran todo*.

Y esto,—no nos cansaremos de repetirlo,—no son vanas hipótesis: jamás teoría alguna ha recibido comprobaciones mas terminantes.

Elijamos *unidades* de medida para estos tres efectos.

1.º Para el *trabajo mecánico*, el caballo de vapor ó el *kilogrametro*.

(Se llama *kilogrametro* el trabajo necesario para elevar un kilogramo á un metro de altura, y el caballo de vapor es igual á 75 kilogrametros.)

2.º Para la fuerza viva de una *masa en movimiento*, la mitad del producto de la masa por el cuadrado de la velocidad.

3.º Para las cantidades de calor, la *caloria*, es decir, el calor necesario para elevar en un grado centesimal la temperatura de un kilogramo de agua.

Pues bien; siempre, en todas las experiencias, directas ó indirectas, en todas las circunstancias, hay *proporcionalidad* exacta entre estas tres cantidades: el *kilogrametro*, la *fuerza viva* y la *caloria*.

Siempre con 424 kilogrametros de trabajo, ó sea de fuerza actuante, se puede desarrollar una *caloria*: siempre con una *caloria* se puede obtener un trabajo de 424 kilogrametros.

Por esta razon se dice que 424 kilogrametros es el equivalente mecánico de la caloria, y $\frac{1}{424}$ de la caloria el equivalente calorífico del kilogrametro.

Elevar 424 kilogramos á un metro, es en el fondo eterno é invariable de las cosas, como aumentar en un grado centesimal un kilogramo de agua.

Son efectos distintos al parecer, pero que se equivalen é igualan, y se trasforman recíprocamente unos en otros; y se equivalen é igualan, repetimos, porque en verdad son hechos idénticos, y calor y movimiento son dos palabras que expresan una misma idea. Una y otra cosa significan masas en movimiento, y tanto es una masa M con una velocidad V, como infinitas masas m infinitamente pequeñas y animadas de rapidísimas velocidades vibratorias.

En una palabra: igualar kilogrametros á calorías, equivale á igualar fuerzas vivas entre sí.

X.

El ilustre profesor Tyndall, en sus admirables lecciones, presenta ejemplos dignos de ser conocidos, y que han de contribuir grandemente á popularizar estas teorías.

Una bala de plomo lanzada por una carabina con la velocidad de 91 metros por segundo, choca contra un muro: pues bien, este choque engendra tal cantidad de calor, que si en vez de perderse gran parte de él en la masa del obstáculo, se reconcentrase en su totalidad sobre la esfera de plomo, elevaria 30° la temperatura del metal.

Si la velocidad de la bala fuese cinco veces mayor, el calor engendrado creceria en la relacion de 1 á 5,

y podria elevar la temperatura del plomo 750°; temperatura mas que suficiente para fundir el metal.

No sea ya una bala de plomo: sea la tierra, nuestro globo, chocando como titánico proyectil contra una masa inmensamente mayor. Puesto que conocemos la masa de nuestro planeta y su velocidad en el espacio, claro es que, del mismo modo que en el ejemplo anterior, podremos calcular la inmensa cantidad de calor desarrollado en el espacio por este choque infinito. Meyer y Helmholtz han efectuado este cálculo, y de él resulta que el calor que se desarrollase seria suficiente, no ya para fundir la masa terrestre, sino para volatilizarla en parte.

Si la tierra detenida en su órbita y obedeciendo, como obedecería, á la atraccion solar se precipitase sobre el sol, este nuevo choque desarrollaría una cantidad de calor equivalente á la combustion de 1.600 globos de carbon iguales en volumen á nuestro

Hé aquí por qué algunos autores suponen que la luz y el calor del sol están alimentados sin cesar por la caída sobre este astro de gran número de masas meteóricas. Sea ó no aceptable esta explicacion, es lo cierto que se funda en un gran principio fisico: á saber, el desarrollo del calórico por el choque, y la trasformacion de un movimiento total en movimiento atómico.

¿Qué es, qué representa, segun esto, el sol, con su fuego eterno, con sus torrentes infinitos de luz? Solo una cosa: *un inmenso movimiento molecular*, que en ondas vibrantes,—armonías divinas de luz y de fuego que llenan las esferas,—se extiende por los ámbitos del espacio.

XI.

Lo que en colosal escala se verifica ó puede verificarse en el sol, tiene efecto en mas modesta esfera en la *combustion*.

El siguiente ejemplo está tomado tambien de la obra del profesor Tyndall.

Se sabe que el diamante es carbono puro, y que entre el oxígeno y el carbono hay gran afinidad: y bien, colóquese un diamante en un canastillo de platino; caliéntese hasta el rojo, é introdúzcase en un frasco de oxígeno. Si hiciéramos esta experiencia, veríamos al diamante convertido en una pequeña estrella de luz vivísima y de blancura ideal.

¿Y qué diferencia hay entre el sol en los espacios, conservando su fuego por el choque constante,—especie de gigantesco cañoneo,—de centenares de masas meteóricas, y este pequeño diamante ardiendo en una atmósfera de oxígeno?

Ante la razon la diferencia es nula.

Como el sol atrae á las masas meteóricas, atrae el diamante,—pequeño sol,—á los átomos de oxígeno: como las masas meteóricas caen sobre el astro colosal obedeciendo á la fuerza de atraccion, caen los átomos de oxígeno sobre el diamante bajo la fuerza química de afinidad; y cada átomo, al perder en el choque su velocidad de traslacion, toma otro movi-

miento, y vibra en trayectorias pequeñísimas dando origen á la luz y al colórico.

¿Qué es pues la combustion? Una serie de choques,

XII.

Hemos indicado, aunque muy á la ligera, algunos hechos que comprueban la nueva hipótesis sobre la naturaleza del calor; pero no son estos los únicos que han dado fuerza á tan admirable teoria. Toda la Física, por decirlo así, concurre á este mismo fin; y si la ocasion y el espacio nos lo permitieran, podríamos reforzar las precedentes demostraciones, examinando las teorías de la dilatacion, cambio de estado, capacidades caloríficas, conductibilidad, calor radiante, energia potencial de los átomos, y otras muchas que aparecen claras, sencillas, intimamente relacionadas entre sí, y obedeciendo á leyes generales, si abandonando las viejas explicaciones materialistas, se acude á las modernas y elevadas teorías mecánicas.

Sin embargo, no exajeremos los resultados: el triunfo ha sido grande; pero aún quedan en pie silenciosos é indescifrables inmensos problemas.

¿Qué es la atraccion?

¿Qué es la afinidad?

¿Qué es la materia?

XIII.

Resumamos todo lo dicho.

I. El calor, como la luz, como el sonido, como probablemente el magnetismo y la electricidad, no es otra cosa que el movimiento vibratorio de la materia.

Verdad es que al ponerse en contacto con nuestro ser y llegar á nuestros sentidos, dan origen estos fenómenos físicos á sensaciones profundamente distintas. Y en efecto, ¿qué analogía hay entre el acorde de una lira, una puesta de sol, el vapor que hierve en la caldera de una locomotora, y una masa planetaria girando en el espacio? Los sentidos afirman que ninguna; pero la razon corrige el error de las sensaciones, y encuentra unidad donde aquellas sólo hallaron diversidad.

La razon dice: esa armonía que de la lira se desprende y viene á despertar en nuestra alma el sentimiento estético, es el aire, es decir, la materia que vibra con tiempo y medida: ese celaje que desde el fondo de la atmósfera viene en olas de oro y grana á dibujar en el fondo de nuestra retina las armonías de los colores, es el éter, es decir, la materia que vibra con tiempo y medida; esa locomotora que con las entrañas abrasadas vuela ante nosotros, ese fuego que lleva y ese vapor que ruge, no son mas que moléculas que vibran.

Hé aquí reducidos gran número de fenómenos físicos (no todos) á un solo hecho: el *movimiento de la materia*.

II. La fuerza, el movimiento, el calor, forman una suma constante: la fuerza que se *gasta* no se

anula, se transforma: el movimiento que *cesa* al parecer, continúa bajo forma de calórico, electricidad, magnetismo, etc.: el calor que se *consume* cambia de aspecto, y es movimiento, luz, electricidad, etc.

El mundo de la materia es eterno é invariable en su totalidad: los fenómenos pasan, se suceden, se transforman como las olas del Océano, pero el Océano siempre queda.

Flujo y reflujo inmenso: oleaje colosal: vibración infinita de lo creado.

¿Cuál será la razón, el por qué, la *finalidad* de este infinito hervor?

Hé aquí el problema soberano de la Filosofía; problema que, como *figura gigantesca*, se alza envuelto en sombras ante nuestra vista.

La Física nunca alcanzará á ver su divino semblante: la Metafísica pugna treinta siglos ha por rasgar el velo que cubre la faz de la misteriosa estatua.

(Revista Hispano-Americana.)

J. ECHEGARAY.

BIBLIOGRAFÍA.

Mémoires de l'Académie impériale des sciences, inscriptions et belles-lettres de Toulouse. 6^e série. T. 4. In-8°, xu-747 p. et pl. Toulouse, imp. Rouget frères et Delahaut.

PERDONNET.—Les Chemins de fer; par A. Perdonnet, directeur de l'Ecole impériale centrale des arts et manufactures. In-18. 72 p. Saint-Germain, imp. Toinon et C^e; Paris, librairie L. Hachette et C^e. 25 c.

Abrégé de géométrie appliquée au dessin linéaire; à l'arpentage, au nivellement et au lever des plans; suivi des principes de l'architecture et de la perspective; par F. P. B. Cet ouvrage, accompagné d'un Atlas de 32 planches, contient 330 figures insérées dans le texte et 800 problèmes graphiques ou numériques, à l'usage des écoles chrétiennes. In-12, viii-284 p. Tours, imp. et lib. Mame et fils; Paris, lib. V^e Poussielgue et fils.

BERTHOUD.—Les petites chroniques de la science; par S. Henry Berthoud. 6^e anné. In-18 Jésus, 483 p. Paris, imp. Raçon et C^e; lib. Garnier frères. 3 frs. 50 c.

DESPLANQUES.—Comment on pourra empêcher le retour des inondations; par A. Desplanques, ancien sous-préfet de Chinon. Ju-8°, 20 p. Tours, imp. et lib. Mazereau.

Description des machines et procédés pour lesquels des brevets d'invention ont été pris sous le régime de la loi du 5 juillet 1844; publiée par les ordres de M. le ministre de l'agriculture, du commerce et des travaux publics. T. 55. In-4° à 2 col., 429 p. et. 52 pl. Paris, imp. impériale.

FIGUIER.—Les Merveilles de la science; par Louis

Figuiet. T. 1. In-4°, p. 1 á 464. Corbeil, imp. Crété et fils; Paris, lib. Furne, Jouvett et C^e

LIAIS.—Traité d'astronomie appliquée á la géographie et á la navigation; suivi de la Géodésie pratique; par Emm. Liais, astronome de l'Observatoire impérial de Paris. Gr. in-8°, xvi-588 p. Paris, imp. Lainé et Havard; lib. Garnier frères.

TELLIER.—Les Chemins de fer départementaux ou d'intérêt local á bon marché; par Ch. Tellier, ingénieur civil. In-8°, 79 p. et pl. Paris, imp. Panckoucke et C^e; lib. E. Lacroix. 1 fr. 50 c.

Baie de San Diego (Californie). Gravé par Pepin Malherbe. Paris, imp. Aug. Bry.

Côte est de l'Amérique du Nord.—Massachusetts: Ports de Ipswich et Annisquam. Gravé par J. Geisendorfer. Paris im. Lemercier.

Plans d'habitations rurales: Chalet, Ferme, Métairie. Paris, imp. Monroq.

Ecole centrale d'architecture, Sicile. Monument appelé le temple de Diana á Cefalu. Grave par E. Himely, de après P. Chabat. Paris, imp. Lemercier; A. Morel.

Petit cours: Planches 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42. Lith. par Joséphine Ducollet. Paris, imp. Monroq.

Machine á raboter rotative.—Machine á faire les cannelures.—Machine á faire les tenons. Machine á raboter les coins des chemins de fer. Machine á raboter alternative.—Machine á faire les moulures droites.—Machine á trancher les bois en feuilles de placage.—Tours de formes et d'usages divers. Lith. par J. Fouché. Paris, imp. Lemercier: A. Morel.

Mécanique: Machine locomobile.—Machine locomotive mixte.—Locomotive.—Locomotive á marchandises du nord de l'Espagne.—Machine á vapeur pour bateau.—Wagon de 2^e classe. Lith. par A. Chauveau. Paris, chromolith. François Delarue.

ALVIN (L.) Entretiens sur les méthodes d'enseignement du dessin á propos de celle de M. Hendrickx; correspondance échangée entre M. M. L. Alvin, conservateur en chef de la Bibliothèque royale, président du conseil de perfectionnement de l'Académie royale des sciences, des lettres et des beaux arts de Belgique, officier de l'ordre de Léopold, etc., et Gaillard, professeur de fortification et de dessin á l'Ecole d'artillerie, de dessin á l'Ecole des beaux arts et au Lycée impérial de Toulouse, peintre paysagiste, officier de la Légion d'honneur, etc. In-8° de 132 p. Bruxelles, Bruylant-Christophe et C^e 2 frs. 50 c.

CATALAN (Eug.)—Eléments de géométrie; par Eugène Catalan, ancien élève de l'Ecole polytechnique, professeur á l'Université de Liège. 2^e édition, revue et augmentée. In-8° de xiv-361 p. et 17 planches. Bruxelles, Decq; Paris, Gauthier-Villars. 6 frs.

MARÉCHALLE (Ch.)—Traité de dessin géométrique et de dessin topographique, par le lieutenant Ch. Maréchal, répétiteur á l'Ecole militaire. 3^e édition. In-12 de 112 p. Bruxelles, 3 frs. 50 c.