

de lo psíquico inclina á creer que lo que llamamos alma es el ser intrínseco de la misma unidad que exteriormente contemplamos como el cuerpo que la reviste <sup>1</sup>. Esta es exactamente la doctrina de los aristotélicos <sup>2</sup>.

Hemos visto, pues, qué relación guarda la materia con las funciones psíquicas. Advertimos que la masa cerebral y sus procesos materiales no son suficientes para explicar la vida intelectual y que debemos suponer que hay aún otra cosa en el organismo material. Pero nos hicimos cuenta también de que por otro lado los hechos prohíben perentoriamente admitir fuera y encima de la materia considerada como substancia independiente, *otra esencia psíquica autónoma*, puesto que el alma y el cuerpo constituyen aquel sér *uno*, objeto de la observación empírica.

Terminamos aquí nuestra información preliminar sobre los fenómenos del mundo corpóreo. Hemos recordado los resultados que la ciencia empírica nos comunica con certeza y claridad acerca de las propiedades generales de los cuerpos, su discontinuidad y sus estados de movimiento, y sobre la acción de las cosas naturales en general y el carácter de los seres orgánicos y los racionales en particular. No hemos dicho *demasiado*. A quien le parezca poco lo dicho, considere que debíamos ceñirnos á los puntos importantes en una discusión profunda de los problemas que venimos estudiando.

<sup>1</sup> *Grundzüge der physiologischen Psychologie*, 2.<sup>a</sup> edic., 1881, t. 2, p. 457 y 463.

<sup>2</sup> SANTO TOMÁS dice: «Ex corpore et anima dicitur esse homo, sicut ex duabus rebus tertia quæ neutra illarum est; homo enim nec est anima nec est corpus. *Opusc. de ente et essentia*, c. 3.



## CAPÍTULO II

### La fuerza.

#### §. I

##### La unidad de las fuerzas naturales.

«In Lebensfluthen, im Thatenstürme  
Wall' ich auf und ab,  
Wehe hin und her!  
Geburt und Grab,  
Ein ewiges Meer.  
Ein wechselnd Weben,  
Ein glühend Leben,  
So schaff' ich am sausenden Webstuhl der Zeit  
Und wirke der Gottheit lebendiges Kleid! »

**126.** Al clasificar los hechos y consignar la acción constante y regular de las cosas naturales, la ciencia no puede desentenderse de las razones causales. Aun aquella ciencia natural "exacta", que se dedica exclusivamente á calcular y medir, tropieza siempre de nuevo con las fuerzas; y por tanto, todo empirista se ve precisado como hombre pensador á estudiarlas, teniendo que reconocer la existencia de la fuerza aunque no sea sino para prescindir de su esencia misma.

¡Fuerza! Así se llama la clave milagrosa que dicen abre la puerta á todos los misterios de la naturaleza. ¿Qué cosa, pues, es la fuerza?

«¿En qué esquema de conceptos escolásticos, pregunta el catedrático HELMHOLTZ, hemos de encajar la provisión de energía activa, cuya constancia se anuncia por la ley de la conservación de la fuerza, y la cual, siendo indestructible é incapaz de aumento como la substancia, imprime todo movimiento á la materia inerte y á la

<sup>1</sup> En olas de vida, en tempestad de acción, flucto arriba, abajo, soplo de aquí para allá. Cuna y tumba, eterno mar, vario obrar, ardiente vivir, tal soy que la trabajo en el tejedor rugiente del tiempo labrando de la divinidad el vestido vivo.

materia animada, viste, cual otro Proteo, formas siempre nuevas, obra por toda la extensión infinita del espacio, y sin embargo no es divisible sin residuo por el espacio, causa todos los efectos, e impulsa todos los movimientos sin ser espíritu ni cuerpo? <sup>1</sup>.

Antes de proceder á contestar á la pregunta así formulada, debemos exponer preliminarmente qué se suele designar con el término fuerza.

Por fuerza suele entenderse aquello que parece la causa inmediata de los diferentes fenómenos naturales, y se refiere únicamente á su modo de realizarse. «Llamamos fuerza, dice el Doctor AUG. RITTER, al miembro intermedio desconocido que representa el nexo causal entre las causas y los cambios de velocidad, y que por consiguiente puede concebirse como causa con referencia á estos y como efecto con respecto á aquellas. No podemos observar las fuerzas sino en sus causas y sus efectos, pues ellas mismas se abstraen á la observación directa <sup>2</sup>». Luego añade muy acertadamente: «En un caso sólo parece que percibimos también la fuerza misma; pues cuando imprimimos movimiento á un cuerpo ó alteramos un movimiento ya iniciado valiéndonos de la fuerza de nuestros brazos, percibimos, además del efecto producido, la intensidad de la fuerza empleada. Aun sin notar directamente el resultado, percibimos la diferencia entre los casos en que producimos un efecto mayor y aquellos en que este es menor. Si bien lo que entonces sentimos, no es, ni mucho menos, la fuerza ejercida misma, sino el esfuerzo que hicimos para producirla, esta sensación es, con todo, la base sobre la cual la noción de la fuerza se va desarrollando en nuestra mente. Pues cuando vemos realizado sin nuestra intervención el mismo efecto que nosotros produjimos una vez por nuestra fuerza muscular tirando de un cuerpo ó empujándolo, nos inclinamos á creer que también en este caso ha obrado una fuerza tractiva ó impelente parecida, aunque oculta, cuyo origen hemos de buscar no en nuestro cuerpo, sino en otros, cualesquiera que sean.

Por el perjuicio que causa á la ciencia que busca la verdad, es de lamentar que la ciencia «libre», enemiga de toda barrera, se haya emancipado también de este uso claro y determinado del término, produciendo una confusión sin igual. Cualquiera llama fuerza á lo que se le antoja. Pero preciso es, si queremos entender las cosas correctamente, atenernos al significado propio de la palabra, aunque no pretendemos negar que su acepción se roza á me-

<sup>1</sup> *Die Thatachen in der Wahrnehmung* (Los hechos en la percepción). Discurso leído el 3 de Agosto de 1878. Berlín, 1879, p. 45.

<sup>2</sup> *Lehrbuch der technischen Mechanik* (Manual de la técnica mecánica). Hannover, 1874. Edición 3.<sup>a</sup>, p. 38.

nudo con la de conceptos afines, ora designando la *manifestación* de la fuerza, esto es, su realización, acción ó efecto, ora denotando las causas profundas de la fuerza, á saber: la esencia ó el concepto, la magnitud ó intensidad de una cosa. Pero hablando con propiedad, no se atribuye fuerza sino á lo que produce ó puede producir algún efecto.

Es censurable que algunos naturalistas y ciertos filósofos, AD. TRENDELEBURG <sup>1</sup> entre ellos, apliquen el término fuerza á la acción de las cosas; pues aunque la naturaleza no consiente observar las fuerzas sino cuando se encuentran en estado de acción, esta misma no debiera confundirse con su substratum.

No menos yerran HELMHOLTZ y otros, cuando confunden los conceptos de *fuerza* y de *ley*. Por *ley* pueden entenderse dos cosas: ó se designa con esta palabra aquella estabilidad invariable con que vemos repetirse ciertos fenómenos en circunstancias determinadas, y entonces la ley no es la fuerza sino el modo constante de revelarse la fuerza bajo condiciones dadas; ó el concepto de ley implica la causa interna de aquella estabilidad, y entonces la ley no es tampoco la fuerza, sino la necesidad determinante que rige la fuerza y se vale de ella, por decirlo así, como de un poder ejecutivo.

**137.** Fijada la significación del término, procede el contestar á la pregunta: ¿Qué cosa es la fuerza?

Entre los antiguos pasaba por verdad inconcusa, que en lo que está como causa inmediata debajo de los fenómenos naturales, debían distinguirse dos momentos: primero la *facultad*, *capacidad* ó *potencia* inherente á una cosa, de producir lo que antes no era; y segundo el *movimiento* que inicia el paso de la mera facultad á la verdadera producción <sup>2</sup>. Como quiera que les interesaba más el comprender que el calcular, se ocupaban con preferencia en discutir filosóficamente la facultad ó capacidad, mencionando de paso la cantidad del movimiento que gasta. Profundísimas fueron las especulaciones que hicieron los antiguos acerca de la verdadera naturaleza y la significación del movimiento, al paso que muy escasa atención prestaban á la cantidad del movimiento y á su variada utilidad técnica.

Al revés procedió el espíritu moderno. Cuando en el siglo XVII el empirismo y sensualismo invadieron el campo de las ciencias, poco interés inspiró el *concepto* de la fuerza, y no mayor el del

<sup>1</sup> La palabra «fuerza» no significa otra cosa que lo que el idioma expresa comunmente con el substantivo verbal (atracción, repulsión), y desciende al valor de una forma gramatical, de la cual no resulta nada para quien estudia sobriamente los textos. *Disquisitiones Logicas*. Leipzig, 1866, tomo I, p. 222.

<sup>2</sup> *Nihilum corpus agit, nisi moveatur*: este era el axioma corriente entre los peripatéticos.

movimiento, pues todo fué absorbido por la utilidad que las múltiples fuerzas pudieran acarrear, concentrándose conforme á esta tendencia la sagacidad de los sabios en rededor de la observación, determinación y agrupamiento de los fenómenos, según su dependencia mutua. El movimiento fué, pues, lo que antes que nada se estudiaba. La laguna que los antiguos pensadores dejaron, fué tan abundantemente llenada, y hasta tal punto nuestros contemporáneos han llevado su afición al cálculo del movimiento como factor este sensible y reducible á las unidades del número y del metro, que el otro factor, la verdadera facultad productiva, no parecía existir para ellos. La fuerza, toda la fuerza natural, se ha disuelto sin residuo en el movimiento. Con tal que declarasen ahora que prescindían de la fuerza para ocuparse de las leyes del movimiento, cual lo hace J. KIRCHOFF<sup>1</sup> nada habríamos de objetarles. Pero si no se ha eliminado el término "fuerza", del lenguaje científico, no es sino porque era una expresión auxiliar muy cómoda para designar la estabilidad invariable de los fenómenos del equilibrio y del movimiento. El que el sol y la tierra ejercen entre sí fuerza de atracción, no dice para esta ciencia más sino que el sol y la tierra en oposición se aproximan de manera determinada. Ni siquiera el constante carácter *genético* del movimiento en el espacio ha podido despertar en esos sabios la idea de algo que lo produjera.

Puesto que las ciencias naturales desprecian en cuanto á su esencia todo lo que, como la fuerza, es de carácter suprasensible, y ponen su única misión en revelar los objetos accesibles á los sentidos mediante la observación y la experiencia y en descubrir su mutuo enlace, debieran confesar sin ambages su incompetencia cuando se les piden informes respecto de la *esencia* de la fuerza; pues esto sólo sería correcto. Mas en ningún terreno del saber—y no hablamos esta vez solamente de los naturalistas—han escaseado nunca los sabios que niegan *sans gêne* y terminantemente todo lo que se sale de su horizonte, siendo aun más de lamentar, por lo que interesa á la verdadera ciencia, que tal sabiduría de avestruces, si el lector nos permite la expresión, pasa hoy día por el *tono* más noble en los más de los altos círculos de los sabios descreídos. Que hablen de "fuerza, estos señores, para quienes no existe sino lo que dentro de su especialidad científica perciben los

<sup>1</sup> «La mecánica es la ciencia del movimiento; su objeto es describir los movimientos que se suceden en la naturaleza de la manera más completa y sencilla y explicando más lo dicho, prosigue: «Quiero decir que debemos tratar de consignar los fenómenos efectivos y no de averiguar sus causas. Partiendo de aquí, y supuestas las nociones de espacio, tiempo y materia, se llega á las leyes generales de la mecánica por medio de consideraciones meramente matemáticas.» *Prelecciones sobre física matemática*, 2.<sup>a</sup> edic. Leipzig, 1877, p. 1, y *Prefacio*, p. III.

sentidos; pero el *modo*, esto es, el movimiento sensible que rige en los efectos de esa fuerza, es lo que únicamente designan con este nombre.

Sin embargo, esto no destierra del mundo la noción verdadera de la fuerza. Mientras los hombres persistan en hacer uso de la razón, no se limitarán á investigar el encadenamiento causal de los fenómenos *entre sí*, como lo viene haciendo la ciencia natural, sino que tratarán también de indagar la causa misma, que como tal está fuera y encima de la esfera de los fenómenos. Acerca de esto diremos aún más.

**125.** Si se compara el desarrollo que las ciencias naturales han tenido en los últimos decenios con su estado en tiempos anteriores, adviértese un cambio importantísimo. Antaño se estudiaban los distintos fenómenos ó las diversas clases de los mismos aisladamente. La mecánica se bastaba con el golpe, el choque y la locomoción, y la óptica tenía su éter lumínico, y la térmica sus calorías; los fenómenos eléctricos y magnéticos se estudiaban en fluidos especiales, y los químicos suponían en las cosas particulares fuerzas químicas de afinidad. Si bien no se puede negar que semejante exclusivismo ofrece algunas ventajas, cierto es que la razón humana es harto propensa á lo universal para tolerar la tiranía de las especialidades durante mucho tiempo; y así en la época presente se estudian los fenómenos todos más que antes con atención á su enlace, y en su consecuencia se ha ido abriendo paso entre los sabios naturalistas la opinión de que todos aquellos fenómenos tan diversos entre sí deben su origen á determinadas formas de movimiento, y se pueden reducir, por tanto, á un principio de unidad basado en él.

Hemos llegado, pues, á la tan discutida y de tan diversos modos descrita *unidad de todas las fuerzas de la naturaleza* y á la supuesta simplificación de todo el sistema natural que de ella se espera en la república de los sabios, donde se trabaja con la industriosa diligencia de las abejas para ponerlo en claro. Aunque no fuera más que por lo que ha dado que hablar, y más aún por el abuso que se ha hecho de esta cosa, inofensiva si las hay, pero ante todo por el interés que la cuestión ofrece, nos vemos obligados á presentar á los lectores esta unidad con mayor abundancia de detalles.

Los partidarios de la antigua filosofía pueden asentir á todas las proposiciones de la ciencia moderna sobre la unidad de las fuerzas naturales. El que todos los procesos naturales por el lado mecánico-material puedan reunirse bajo un solo punto de vista, se funda en que la misma materia se halla en todas las cosas naturales, y éstas están ligadas todas de igual modo á las condicio-

nes del espacio. De esta doctrina de la antigua escuela se deduce en buena lógica la teoría de la unidad de las fuerzas naturales. Pero debemos insistir en que al hacer esta concesión nos colocamos en el punto de vista físico desde el cual las cosas nos muestran sólo la cara mecánico-material. Si concedemos, por ejemplo, que el calor y la luz son reductibles á movimiento, no pretendemos haber resuelto con esto la cuestión filosófica: *qué son* en su ser la luz y el calor. Cuestión es ésta que no debe plantearse en el terreno de las ciencias empíricas.

129. A fin de enseñar de qué modo todos los diferentes fenómenos naturales pueden reducirse á un momento unitario, volvamos nuestra atención á los grupos principales que de ellos se suelen formar.

En cuanto á la presión y la tracción, tan evidente es la equivalencia de estos fenómenos del movimiento que no necesitamos detenernos en demostrarla.

La antigüedad no ignoraba que el sonido se relacionaba íntimamente con el movimiento. PORFIRIO <sup>1</sup> dice: "Los pitagóricos enseñaban que la diversidad de altura de los tonos no eran cualidades, sino cantidades, puesto que su causa más cierta era movimiento, siéndolo de los sonidos altos la velocidad, y de los bajos la lentitud." VITRUVIO expresa una idea parecida donde describe la naturaleza del tono <sup>2</sup>. Pero más interesante aún es un pasaje en los problemas pseudo aristotélicos, donde se dice que los tonos del intervalo de la octava, de modo parecido al de los pies de ciertas medidas rítmicas, ajustan su movimiento á la relación de lo doble á lo sencillo <sup>3</sup>. En el mismo lugar, las consonancias de la quinta y de la cuarta se ponen en relación con las condiciones del movimiento, de modo análogo á las ideas que más tarde manifiestan GALILEO, MERSENNE, DESCARTES, NEWTON, y LEIBNIZ. El señor de TIMUS tiene la gloria de haber acentuado como se debía los conocimientos que los antiguos poseían sobre este punto <sup>4</sup>.

Los antiguos veían ya movimiento también en la luz. Según su doctrina, la luz no debía considerarse como substancia especial <sup>5</sup>, sino como un accidente, propiedad ó cualidad inherente á

<sup>1</sup> En el comentario á la *Harmonía* de PROTOLEO.

<sup>2</sup> "Vox est spiritus fluens, et aeris ictu sensibilis auditui; ea movetur circularum rotundatissimi infiniti, ut si in stantem aquam lapide immisso nascantur innumerabiles undarum circuli crescentes a centro, et quam latissime possint vagantes." (*De architectura*, l. 5, c. 3.)

<sup>3</sup> Probl. 39, sect. 19.

<sup>4</sup> *Die harmonikale Symbolik des Altertums*, p. 115.

<sup>5</sup> "Impossibile est, lumen esse corpus." (S. THOM., *Summ. Theol.*, I, q. 27, a. 2. Cf. 2., dist. 1, q. 3., a. 3. ad 4. y dist. 13, q. 1., a. 3. y. dist. 27, q. 2, a. 1, l. 1. *De calo*, lect. 10, y l. 2. *De an.*, lect. 4.)

ciertos particulares estados de movimiento. No hay duda de que las ideas de los antiguos tocantes á esta teoría no están limpias de sendos errores, por ejemplo, cuando creían que la propagación de la luz era simultánea, acaso como la del golpe mecánico en una barra larga y absolutamente rígida: mas á nosotros nos importa sólo la exactitud del principio fundamental <sup>1</sup>. Cuando en tiempo de DESCARTES y NEWTON la distinción tradicional de substancia y accidente cayó en descrédito, no hubo más alternativa que concebir la luz como la habían concebido los atomistas griegos, como una substancia que emitían los cuerpos luminosos. Este es el origen de la teoría de la emanación, contra la cual HUYGENS en 1690, y EULERO en 1746, establecieron la de la ondulación. Desde que TOMÁS YOUNG dió á principios de este siglo en la interferencia de la luz una prueba irrefutable de que su esencia no debía buscarse en una substancia especial, sino en un movimiento, y á poco de esto FRESNEL logró calcular las longitudes de onda para los diferentes colores, la teoría de la escolástica está rehabilitada: por lo que hace al principio fundamental; la reducción de todos los fenómenos ópticos al movimiento está asegurada.

Un cambio análogo de pareceres se ha ido operando tocante al calor. Los peripatéticos hallaban en él una cualidad <sup>2</sup> que se manifestaba esencialmente en estados de movimiento <sup>3</sup>. Más tarde se desechó esta teoría creyéndose poderlo explicar todo mejor por una substancia calórica, por la cual se decidieron J. BLACK (1760), WIELKE (1772), CRAWFORD (1779), al paso que el Conde RUMFORD (1798), DAVY y CLAUSIUS repusieron en su honor á la teoría mecánico-dinámica de los antiguos.

En tiempos recientes, FR. MOHR (1837), J. R. MAYER (1842), JOULE (1843), COLDING, AD. HIRN y HELMHOLTZ, sin que el uno tuviese noticia, según parece, de los estudios del otro, hicieron constar que el movimiento mecánico, ó sea el trabajo, se convierte en calor en proporciones cuantitativas constantes, por ejemplo, cuando dos cuerpos chocan; y el calor á su vez se cambia en trabajo mecánico, como cuando la expansión del vapor arrastra la locomotora. No debe extrañarnos el uso de la palabra "trabajo", en este sentido extraordinario. Toda vez que se aprecia hoy en el hombre principalmente la capacidad mecánica, se ve también en todos los efectos mecánicos una analogía con el trabajo humano.

<sup>1</sup> Quum dicitur radius moveri vel descendere, non proprie dicitur, sed transsumptive, ex eo scilicet, quod alteratio illuminationis incipit ab eo, quod supra nos est." (S. THOM., 2. dist. 13, q. 1, a. 3, ad 4. Cf. *ibid.* ad 8 y l. 2. *De generat.*, lect. 2.)

<sup>2</sup> "Calor, qui est principium calefactionis, non est corpus, sed quidam corporis actus." (S. THOM., *Summ. Theol.*, 1, q. 75, a. 1.)

<sup>3</sup> "Sol est causa caliditatis per motum." (S. THOM., *Quaest. disp.* q. 5, de *pot.* a. 7 ad 19.)

Ahora se dice: "El sol presta trabajo,; antiguamente se expresaba lo mismo diciendo: "*Sol est causa caliditatis per motum*.."

Todo calor se origina por las vibraciones más pequeñas que las microscópicas de los cuerpos calientes. El movimiento calórico pertenece á aquel movimiento que por distinguirlo del visible de la masa entera se denomina molecular y afecta á las partículas mismas del cuerpo, tanto á las imponderables como á las ponderables. Como el calor va esencialmente unido al movimiento, y de consiguiente, aumento de calor dice aumento de movimiento, se comprende por qué en creciendo el calor se relaja la cohesión de los cuerpos, los sólidos se convierten en líquidos y los líquidos se evaporan; por qué en general la diversidad de los estados de movimiento y de presión de las partículas ponderables, no menos que del éter, contribuye tanto á explicar los estados de agregación de los cuerpos, su densidad, elasticidad y forma cristalina.

De esta manera está ya probado el parentesco próximo de la luz y del calor en el concepto físico. De un rayo luminoso verde á un rayo caliente incoloro no hay más diferencia que de un rayo verde á otro violado, pues en ambos casos la diferencia no atañe sino á la velocidad de las vibraciones moleculares ó á la longitud de las ondas de éter, que guarda proporción con la velocidad.

**130.** La física moderna debe los descubrimientos más sorprendentes á la atención que se ha prestado al papel que hace el movimiento en los fenómenos de luz y calor. Elijamos un ejemplo entre muchos. Es un hecho que rayos que un cuerpo deja pasar son absorbidos ó reflejados por otros, y que el mismo cuerpo absorbe un rayo, reflejando ó dejando pasar otro. El principio, pues, que corresponde á este fenómeno dice que un cuerpo absorbe con preferencia aquellos rayos que él mismo emite cuando él es el foco luminoso. Si un cuerpo emite rayos de cierta velocidad de vibraciones, no absorbe sino esos mismos rayos cuando se le expone á otro foco. Lo que habilita el cuerpo para absorber ó dejar pasar los rayos, es el acuerdo ó desacuerdo del movimiento de sus propias moléculas con los movimientos particulares de las ondas de éter que lo hieren.

La óptica hace presumir—dicho sea de paso—que la luz no esté solamente emparentada con el calor; pues el espectro solar demuestra que en un haz de rayos del astro mayor existe, á más de los diferentes rayos coloreados y calientes, otro tercer género de rayos llamados actínicos, que no llevan luz ni calor, sino que producen ante todo efectos químicos, distinguiéndose estas tres clases de rayos únicamente por la velocidad de las vibraciones correspondientes. Impónese la condición de que los rayos más calientes vibran con mayor lentitud, y por tanto en ondas más largas

que los más claros, y que los rayos actínicos más eficaces tienen más número de vibraciones y ondas más cortas que los rayos luminosos más extremos. Resulta pues, que los rayos que calientan, los que iluminan y los que componen y descomponen los cuerpos, no son para la ciencia natural otra cosa que vibraciones del éter, de velocidad y longitud diversas.

Antes de tratar, empero, más de cerca los fenómenos de química, importa examinar un momento otra clase de efectos dinámicos.

**131.** La totalidad de los fenómenos de electricidad y magnetismo había sido reducida, hace ya tiempo, á una fuerza común.

Mientras que el galvanismo ya á los dos años de descubierto fué reconocido por Volta como otra forma principal de la fuerza que se revelaba en la electricidad por frotación, única que hasta el feliz hallazgo de Galvani se conocía, el magnetismo mantuvo su posición de potencia propia más tiempo, hasta que al fin se fundió con la electricidad á consecuencia del descubrimiento del electro-magnetismo y de la electricidad magnética. La teoría de AMPÈRE nos enseña que todos los fenómenos del magnetismo se pueden concebir como efectos de corrientes circulares. Para explicarla se admitió, como ya dijimos, la existencia de un fluido eléctrico especial.

La fuerza electromagnética no pudo tampoco, á la larga, defender su ser propio contra las demás fuerzas. El hecho de producirse calor y luz por electricidad, y de engendrarse termo-electricidad por el calor, indica que el origen de los fenómenos físicos de la electricidad no debe buscarse en un fluido especial ni cosa parecida, sino en una forma especial de movimiento.

**132.** ¿Cómo hemos de figurarnos las formas de movimiento? Pregunta es ésta difícil de contestar. No sólo acerca de la teoría discrepan aún los sabios en varios puntos, pero aun los hechos mismos no han sido todavía, ni mucho menos, bastante fijados ni examinados. Los físicos disienten hasta acerca de la cuestión de si la electricidad consiste sólo en los movimientos del éter, ó si participa de ellos también la materia ponderable; y de ser lo cierto aquello, unos sostienen que el éter se halla sólo en movimiento vibratorio cuando se verifican los fenómenos eléctricos, semejante al estado que llamamos calor, y otros que se halla en un movimiento ondulatorio progresivo de la misma substancia étérea. El astrónomo romano P. SERRI merece grandes elogios por haber resumido el primero, en una exposición sólida que intituló *Unidad de las fuerzas naturales*, todas las razones que abonan la segunda de las dos hipótesis mencionadas. De aceptar ésta, tendríamos que figurarnos el proceso de la manera siguiente. Cuando las partículas vibrantes del éter pasan los límites

de electricidad, se origina una especie de flujo, que es lo que suele designarse como corriente eléctrica y magnética, en la cual se manifiestan fenómenos parecidos á los que ocurren en los líquidos cuando se mueven, produciéndose con la tensión eléctrica efectos muy semejantes á los que padece un líquido elástico, cuando de repente se interrumpe la propagación de sus ondas. De ahí parece deducirse que por los poros de los cuerpos circulan corrientes de éter que no pertenecen á la constitución del cuerpo. La corriente eléctrica puede, dice el P. SECCHI, considerarse como movimiento progresivo de la materia imponderable dentro de la materia ponderable, el cual arrastra ocasionalmente también á esta. No ignoramos que esta solución del problema no ha sido aprobada por algunos físicos de reconocida fama, y el P. SECCHI mismo llama su disertación, con modestia que honra al sabio, un "ensayo aventurado para reunir en una sola teoría todos los innumerables estudios y experiencias referentes á esta cuestión... No tenemos, sin embargo, por qué ingerirnos en la discusión de tan espinoso problema, que competá á los físicos resolver. Cualquiera, empero, que sea el resultado que al fin se obtenga, su valor filosófico seguirá siendo el mismo.

En cuanto al magnetismo, no cabe ya duda, después de los resultados alcanzados por la ciencia, que consiste en una circulación determinada de la electricidad. Según todas las apariencias, la acción magnética tiene su origen en cierta circulación de éter. Cuando hay acumulada una cantidad grande de éter libre en un cuerpo, fácilmente se pondrán en dirección paralela las diferentes corrientes etéreas; es decir, el cuerpo se magnetiza.

**133.** Ahora vamos á hablar de la fuerza atractiva. Acaso ninguna fuerza haya dado más quebraderos de cabeza á los sabios empeñados en reducirla á movimiento, pareciéndoles mucho más fácil cambiar la afinidad química en calor y luz, y ésta á su vez en magnetismo y electricidad, que mostrar que la causa del movimiento visible entre dos cuerpos que se atraen radica á su vez en movimiento.

Cuando se comenzó á meditar más seriamente sobre la naturaleza íntima de la atracción universal de los cuerpos, se intentó primero figurarse este proceso de una manera puramente mecánica. El P. GASSENDI se imaginó á la tierra como un enorme imán, del cual dimanaban hacia todas partes torrentes de átomos provistos de garfios para coger las cosas y traerlas á la tierra. DESCARTES ideó un torbellino de éter que se alejaba de la tierra con vertiginosa rapidez, y que forzaba á descender las cosas á la superficie del globo. CRISTIAN HUYGENS creyó asimismo que la presión de átomos etéreos, absolutamente rígidos y rápidamente movidos, sujetaba las cosas á nuestro globo. NEWTON parece haber pensado du-

rante algún tiempo en la presión estática del éter, que él se figuraba líquido y muy elástico. Después las hipótesis mecánicas fueron abandonadas. Si se considera que varones tan sobrios como COTES y DANIEL BERNOULLI recurrieron á la acción inmediata á lo lejos (acción telodinámica) para explicar la atracción, y que un hombre tan juicioso como FARADAY se dejó inducir á afirmar la omnipresencia de todo átomo en todo el sistema solar (núm. 114), se concibe lo dificultoso del problema de cuya solución se trata. Por esto algunos han cortado con la espada el nudo gordiano, apelando á un principio sobrenatural, ó bien á la Omnipotencia divina. Sin duda es cierto que no se logrará nunca deducir los hechos de la atracción en todos sus aspectos únicamente de presiones ó impulsos mecánicos de partículas atómicas, pues para que la solución sea satisfactoria se requiere evidentemente una tendencia que presida á la ejecución, una fuerza enderezada al efecto de la atracción, la cual tan rigurosa regularidad manifiesta en todos sus fenómenos. Mas tocamos aquí un extremo que no podemos dilucidar con la claridad que reclama su importancia, hasta que se nos brinde otra ocasión más oportuna. Esto no deja acaso roto el hilo de nuestra disertación; pues á pesar del principio teleológico que se revela en todo el curso de la naturaleza, debe mantenerse que un efecto mecánico, sea cual fuere, media siempre, como en todos sus fenómenos, así también en los de la atracción mútua de los cuerpos<sup>1</sup>.

**134.** Las más diversas opiniones se sostienen actualmente acerca de la verdadera naturaleza de esta mediación mecánica; parece, sin embargo, que movimientos oscilatorios no dejan de desempeñar en ella un papel principal.

JUAN FEDERICO HERBERT, estableció ya en 1829 una hipótesis en este sentido, tratando, como los aristotélicos, de abandonar la acción telodinámica. "La atracción á distancia como principio de la gravedad—ésta es su exposición del problema—fué para el gran NEWTON una pura frase destinada á eliminar por de pronto una cantidad desconocida; para KANT fué una fuerza, aunque el idealista tenía cuidado de hacer la reserva de que no era sino idea nuestra; y para sus discípulos, que repiten sus conceptos sin comprender las precauciones del filósofo ni del naturalista, es una anticipación á que la comodidad no se puede resolver á renunciar... Si nos figuramos los cuerpos rodeados de una envoltura de éter, éste puede

<sup>1</sup> Respecto de la atracción que ejerce el imán, observa Suárez:

"Admittimus, tractionem fieri effective á magne... magnes imprimitt ferro aliquam qualita, tem motivam... sed non imprimitt eam qualitate ferro, nisi per medium, alterando scilicet illud us que ad ferum." (*Metaph.*, disp. 18, sect. 8 n. 34-37.)

entrar suavemente en sus elementos para volver á salir de ellos como una exhalación, esparciéndose por todas partes... Una cantidad mayor de materia dejará que el éter fluya y vague por toda ella... Los elementos del éter se encontrarán en todos los estados internos posibles que cada elemento les haya impreso, presentando unos á otros todos los estados opuestos por que hayan pasado... En suma, la hipótesis es ésta: Todo cuerpo hace al éter adoptar un sistema determinado de vibraciones; pero varios cuerpos juntos causan á gran distancia más y más tal sistema de ellas como si éste partiera de un centro común de gravedad. La reacción del éter vibrante las lleva por tanto efectivamente hacia su centro de gravedad, adaptándolas tanto más perfectamente á su situación respectiva cuanto menor es la distancia que de él las separa.

El P. SECCHI probó por una manera parecida á demostrar en los fenómenos eléctricos que la atracción podía ser muy bien la consecuencia de perturbaciones del equilibrio etéreo, aunque éstos consistan en acumulación ó enrarecimiento de su masa. Partiendo del principio de que el éter, cuando está acumulado ó enrarecido con exceso en un cuerpo, tiende á recobrar su estado de equilibrio por todos los medios, aunque tenga que arrastrar á la materia ponderable en el movimiento que para este fin en él se opera, llegó á suponer que todas las atracciones, incluso las planetarias, son resultado de una distribución desigual del éter, cuya densidad aumenta ó disminuye alrededor de toda masa corpórea, del mismo modo que en los cuerpos eléctricos, con la diferencia sola de que en éstos la diversidad de la densidad no es nada esencial, mientras que en *todos los cuerpos* un estado correspondiente es constantemente propio de todo cuerpo. Traspasaríamos los límites de este trabajo si quisiésemos reproducir los pormenores del ingenioso estudio del astrónomo romano, en cuya obra misma podrán leerse<sup>1</sup>. Advertimos sólo que las oscilaciones (torbellinos?) de SECCHI son tan breves que hay muchos millones de ellas en la longitud de una onda luminosa, por lo cual se concibe que la excitación del éter que causa la atracción no es perceptible á nuestros sentidos ni como luz ni como calor, puesto que su movimiento se efectúa en un espacio infinitamente más reducido que las ondas procedentes de un foco de luz.

Otros han aventurado otros ensayos de explicación. Hay quien hace provenir la atracción de un movimiento ondulatorio del éter, que lleva los cuerpos en él sumergidos el uno hacia el otro, como las ondas del mar arrojan á la playa los objetos que sobre él flo-

<sup>1</sup> La unidad de las fuerzas naturales en la trad. alem., tomo 2.º, libro 3, cap. 12, tomo 4.º, cap. 2.

tan. Utilizóse también el hecho de que en un medio compuesto de materias de diversa densidad, cuando se le sacude con vehemencia, los elementos más densos se reúnen en el centro. Del análisis de los movimientos vibratorios ha resultado además la existencia de una componente longitudinal que no se observa en los fenómenos de luz, y se la ha tomado por tanto como causa eficiente de los de la atracción.

Mientras que la mayor parte de los ensayos de explicación presuponen un éter consistente en átomos rígidos y de volumen invariable, algunos introdujeron en sus raciocinios átomos perfectamente elásticos<sup>1</sup>. LESAGE, W. THOMSON, DELLINGHAUSEN han renunciado á la constitución atómica de la materia presuponiendo la continuidad de la misma. Enfrente de estos autores, C. ISENKRAHE insiste en afirmar la necesidad absoluta de átomos rígidos, creyendo resolver todos los problemas de la atracción por medio de su impenetrabilidad ó inercia.

Ya hemos dicho en otro lugar (núm. 98) que no tenemos motivo por qué anatematizar la elasticidad de la manera que algunos lo hacen, y tendremos aún ocasión de probar que la suposición de átomos no es tan imprescindible como otros pretenden. Por lo demás, podemos dejar descansar los diferentes ensayos de soluciones que hasta ahora se han hecho, esperando del porvenir el esclarecimiento definitivo del problema.

Sea cual fuere la solución definitiva, siempre será la solución de un problema planteado ya en el terreno de la antigua filosofía natural. La escuela peripatética ha sostenido por boca de los más de sus representantes que no hay acción á lo lejos; si efectos se producen al parecer lejos de su causa, siempre existe una mediación mecánica, la cual está esencialmente ligada á cambio de lugar, ó sea á movimiento, versando toda la discusión sobre las condiciones del proceso mediador.

Tal vez se observe que los sabios de hoy miran la fuerza atractiva como un producto de la acción del medio, mientras que los antiguos filósofos esperaban de ella, cuando más, cierto auxilio de importancia secundaria para los efectos de la atracción. Mas esta diversidad de apreciación se funda en la diferencia de miras del filósofo y del físico. Quien á modo del físico no estudia sino la ejecución mecánica del fenómeno, no ve sino efectos mayores ó menores en razón á las masas y á la intensidad del movimiento. Pero cuando el filósofo inquiere de qué proviene la determinación inherente al mecanismo que ocasiona éste y no otro efecto, debe-

<sup>1</sup> SCHRAM. Die allgemeine Bewegung der Materie als Grundursache der Naturerscheinungen. (El movimiento univ. de la materia, causa fundam. de los fenómenos natur.) Viena, 1872.

rá declarar que la fuente de esta determinación—la cual en el caso propuesto son los cuerpos que se aproximan—es el agente principal, al que la acción del medio se subordina como elemento auxiliar.

**135.** El proceso químico es mucho más susceptible de ser considerado bajo aspecto mecánico que la atracción. Ya hemos dicho que antes de toda combinación química las masas se resuelven en partículas mínimas. Efecto es éste de una atracción particular que los diferentes elementos ejercen unos sobre otros, según toda probabilidad por intervención de vibraciones etéreas. Los fenómenos de calor, muy frecuentes en las reacciones químicas, se explican tal vez por que, aproximándose las partículas mutuamente con gran vehemencia, rebotan en virtud de su elasticidad, cambiándose entonces la velocidad en vibraciones calóricas. Las corrientes eléctricas producidas por las transformaciones químicas, y los fenómenos de calor, luz y demás efectos causados por aquellas corrientes, ó directamente por la reacción química, parecen indicar que la electricidad libre que se desarrolla en el acto de la reacción debe concebirse como un movimiento determinado de dimensiones infra-atómicas, ó bien, como diría el químico, como un movimiento dentro de los átomos. "La acción química se inicia y se ejecuta por medio de la electricidad que se despierta en los átomos".

**136.** ¿Hemos de hacer entrar ahora también las funciones vitales de los seres orgánicos en el gran imperio de la unidad de las fuerzas naturales? Tal es la cuestión, cuya solución afirmativa es considerada por muchos como el golpe de gracia dado á la psicología tradicional.

También nosotros creemos poder y aun deber contestarla con el sí de la antigua filosofía, respecto de lo que en ella compete al fuero de la ciencia meramente experimental, en particular al de la física y química, porque no tememos que la afirmativa pueda dar lugar á colisiones desagradables con la psicología.

Fué precisamente un fenómeno fisiológico el que despertó primero en el médico J. R. MAYER (nac. 1814) la idea de que *todas* las operaciones de la naturaleza debían ser accesibles á una consideración mecánica. "En Otoño de 1840, refiere éste, advertí con ocasión de las sangrías que hice en Java á algunos europeos recién llegados, que la sangre tomada de la vena del brazo era, casi sin ninguna excepción, de un color encarnado singularmente claro. Reflexionando sobre esta observación llegué á concluir que la claridad del color provenía de que en un clima caluroso basta

<sup>1</sup> Véase la Revista *Natur und Offenbarung*, t. 15, p. 297.

ba para mantener la temperatura de los cuerpos una oxidación menos abundante que la precisa en los países frios; vió, pues, en la coloración más clara de la sangre la señal visible de la menor intensidad de la oxidación; y volviendo luego su atención al problema del calor animal en general, atribuido por LAVOISIER á la oxidación de los alimentos, MAYER se convenció de que todo desarrollo de calor vital incluía un acto mecánico que tomaba su material de la provisión de materia y fuerza acumuladas en el organismo por la introducción de alimentos, y que todo trabajo mecánico del cuerpo vivo debía atribuirse á un gasto equivalente de calor. MAYER dice que también á los procesos de la vida orgánica se debe aplicar la ley según la que la misma cantidad de combustible debe producir la misma cantidad de calor, supuesto que la combustión sea perfecta; que por tanto el cuerpo vivo, á pesar de todos sus secretos y maravillas, es incapaz de engendrar calor de nada, y que el calor mecánico desarrollado por el cuerpo vivo debe ser constantemente proporcional al trabajo empleado para producirlo<sup>1</sup>.

MAYER publicó en 1845 su estudio sobre el *Movimiento orgánico*, en el cual, según dice TYNDALL, aplica la teoría mecánica del calor con decisión y con método riguroso á los procesos vitales. Mas este trabajo no contiene otra cosa que lo que arriba ya dejamos indicado.

**137.** ¿Hay, pues, efectivamente, algo nuevo en los resultados referidos? Respondemos que sí cuando nos fijamos en la forma de la exposición, en los argumentos realmente nuevos y completos que los abonan, y en el método con que de hecho se han obtenido. Pero por lo que respecta al asunto mismo debemos contestar que no, por cuanto estos descubrimientos concuerdan perfectamente con otros tiempo há conocidos, y su germen, por decir así, y sus generalidades no eran ignorados por los antiguos. La importancia del papel que el movimiento desempeña en los organismos se infiere de que toda partícula necesaria para la formación de un músculo, nervio ó hueso debe ser puesta en su sitio mediante movimientos de masa ó de moléculas. Ningún hombre dedicado á trabajos rudos, como medite sobre la relación de la fuerza recibida de los alimentos á la fuerza muscular efectiva, dejará tampoco de notar pronto que ésta depende de aquélla. Los antiguos filósofos habían ya enseñado explícitamente que algunas funciones materiales de las que se verifican en seres orgánicos, cuales son las reacciones químicas y varios géneros de movimiento, obedecen á fuerzas físicas; sosteniendo además que to-

<sup>1</sup> MAYER, *Mechanische Waermetheorie*. Stuttgart, p. 252-253.



dos los procesos de la vida vegetativa eran causados por ellas, y que las mismas eran también los factores necesarios para la disposición adecuada de los órganos que desempeñan las funciones de la vida sensitiva. También sostenían que todas las fuerzas físicas obraban de modo mecánico. Es, pues, una proposición de la escuela antigua que los procesos orgánicos entran en la unidad de todas las fuerzas naturales<sup>1</sup>.

Concuerda perfectamente con el sistema natural de los aristotélicos la afirmación de que el cuerpo orgánico recibe la fuerza motriz de los alimentos que toma de fuera; que la fuerza de nuestros músculos proviene de la combustión de ciertas substancias de nuestro alimento en el oxígeno que respiramos; que aquellas substancias alimenticias han sido elaboradas en las plantas por el calor y la luz del sol; que los rayos solares preparan por acción mecánica los materiales de la naturaleza organizada<sup>2</sup>. Pero, ¿dónde queda aquí sitio para el alma? preguntará quien por exclusivismo físico no conceda realidad en el mundo visible sino á los conceptos de la extensión y del cambio de lugar, y quizás aún á las fuerzas, viendo por tanto también, en lo que otro llama alma, solamente un principio mecánico ó bien una fuerza vital. Pero el que reconoce, como los peripatéticos, en las cosas (transcendentes) la existencia objetiva y real de otro principio de dirección y determinación, de norma y tendencia teleológicas, en una palabra, la existencia de un principio *formal*, no tendrá al alma por una fuerza, sino por una forma, *forma substantialis*, según se expresaba la filosofía antigua, y dejará á "la unidad de las fuerzas de la naturaleza, la vida entera de los organismos en lo que tiene de física. Pues el alma, considerada como forma, no produce por sí ni movimiento, ni ningún otro efecto físico, sino que determina sólo la materia y la fuerza que viene de fuera, á lo que han de ser y obrar en el organismo. Las fuerzas mecánicas son los braceros y operarios del alma; pero en el sentido físico son el *factotum*.

**135.** Habiendo contemplado los grupos principales de todos los efectos naturales, debemos declarar, desde el punto de vista de la filosofía antigua, que reconocemos gustosos en la tan encomiada unidad de las fuerzas naturales una conquista de la ciencia, y la solución de problemas que los pensadores de la Edad Media,

<sup>1</sup> Véase n. 121: «Vivere est per calidum et humidum, que in animalí per sanguinem conservantur.» S. THOM. Quest. disput. q. 3. de pot. a. 9. ad 8.—Además: «Anima sensibilis non agit per virtutem calidi et frigidi de necessitate, ut patet in actione risus et imaginationis et hujusmodi, quamvis ad hujusmodi operationem requiratur determinatum temperamentum calidi et frigidi ad constitutionem organorum, sine quibus actiones predictæ non fiunt.» L. c. a. 11.

<sup>2</sup> Véase las *Transacciones del Naturhistorische Verein*. Bonn. 1867, Part. 2.<sup>a</sup>, pág. 75 y siguientes; P. Seccni, *Unidad de las fuerzas naturales* (en alemán), t. I. pág. 233 y pág. 236 y siguientes.

atareados con cuestiones más importantes, dejaron por resolver. Poniendo los aristotélicos el movimiento como factor esencialmente necesario para todos los procesos naturales, dejaron abierto todo el terreno de la física á los principios mecánicos, á cuyo dominio, en efecto, ningún fenómeno se ha podido substraer. Los antiguos dejaron de explotar esta idea, sí; pero fué porque tenían que consagrar el trabajo de su inteligencia á objetos más elevados y más provechosos para el linaje humano. Quedamos, pues, en que las ideas predominantes de la física moderna no salen del terreno peripatético. Sean lo que fueren las diferentes fuerzas naturales, convienen, según la filosofía antigua, en que expresan al mismo tiempo procesos mecánicos propios de su manera de obrar. Así como la diversidad de los elementos se complace bien con la existencia de la materia una y universal, y como los variados procesos naturales no pueden aumentar ni disminuir la cantidad constante de la misma, así la mayor disparidad de las fuerzas no impide que las distintas manifestaciones de la actividad contengan un proceso general, esto es, un proceso de movimiento que está dado en medida fija para todo efecto de cada una de las fuerzas especiales.

**136.** Menos por razones filosóficas que por físicas nos permitiremos, antes de concluir este capítulo, señalar una ligera incorrección.

Cuando hablan de la reducción de todas las fuerzas físicas y químicas al movimiento, la mayor parte de los sabios dan al concepto del movimiento un sentido muy estrecho, pensando siempre en un cambio formal de lugar. Para expresarse correctamente debieron decir que todo efecto puede reducirse á movimiento ó á un equivalente suyo. La presión, el golpe, la cohesión, la tracción, no son movimientos en todo rigor. Pues si nosotros mismos sufrimos la presión, no la experimentamos como movimiento, sino como algo equivalente, á lo cual hemos de oponer resistencia, es decir, un equivalente al contramovimiento. El P. Seccni trata, con todo, de reducir á movimiento hasta la consistencia de los cuerpos naturales conocida por el nombre de *cohesión*<sup>1</sup>. En su obra, que causó por cierto asombro entre los físicos, dice el célebre astrónomo: «Tampoco en los cuerpos sólidos las moléculas ponderables se hallan en contacto efectivo, sino que guardan todavía entre sí cierta distancia. Síguese de esto que la cohesión estriba sólo en la gran proximidad de las partículas. En cuanto á aquel vínculo, no puede consistir en fuerzas abstractas que obren á lo lejos, sino es efecto de la intervención de un medio. La causa de las atrac-

<sup>1</sup> Obra citada, lib. 4, cap. III.

ciones moleculares deberá buscarse en la rotación común de todo un torbellino que circunda la molécula dentro de ciertos límites. Los límites extremos de las distancias dentro de las que una molécula permanece encerrada en la esfera de otra, dependerán de la energía de la fuerza motriz y de la presión del éter ambiente. La elasticidad ordinaria se funda en que los grupos de moléculas pueden abandonar su sitio hasta cierta amplitud sin salir de sus esferas; removida la causa del disturbio, pueden volver más ó menos exactamente á su antiguo lugar, merced á la influencia de las fuerzas á que están sujetas<sup>1</sup>. „ Parécenos que con tales ó parecidas ficciones se puede *acaso* remitir á otra instancia el problema de la cohesión, pero eliminarla de ninguna manera. Pues cabe preguntar aún: ¿De dónde viene á las últimas partículas indivisas del éter, la cohesión que las contiene *interiormen-*te? Si es preciso admitir una fuerza coercitiva dentro de las *últimas* partículas, ¿por qué negarla á las moléculas? El movimiento, y nada más que el movimiento, no puede producir nada, sino disolución, como no lo tenga á raya una fuerza restrictiva.

Además parece que el estimado astrónomo no ve que sus torbellinos y demás movimientos suponen forzosamente una presión ó impulso que no sea movimiento, sino que haga posible la propagación y transmisión del movimiento. Nada objetamos á que se conciba la presión como movimiento ó velocidad virtual. En ARISTÓTELES se encuentra ya algún pasaje que otro que recuerda semejante teoría. „El principio de la velocidad virtual, dice LEWES, era seguramente conocido del Estagirita. Esto se ha negado; pero GALILEO mismo dice que lo ha hallado en ARISTÓTELES, refiriéndose sin duda al lugar siguiente: „La misma fuerza tendrá tanto mayor peso cuanto á mayor distancia obre de su punto de apoyo, porque entonces describe un círculo mayor, y el peso que más se aleje del centro se moverá por mayor espacio<sup>2</sup>. „

Es evidente que esta corrección que hemos juzgado necesaria en nada altera el carácter del sistema natural mecánico, y que por ella no es menos cierto que todos los fenómenos naturales presentan un lado mecánico á la ciencia empírica, y son reductibles, por tanto, á movimiento ó un equivalente suyo.

**140.** Si bien la unidad de las fuerzas naturales, en lo que tiene de cierta para el físico, ha sido reconocida y enseñada en su principio por la antigua filosofía, la ciencia moderna puede tener á gloria el haberla demostrado por numerosos casos especiales, y haberla expuesto con laudable precisión. La doctrina peripatética

<sup>1</sup> Obra citada, lib. 2, pág. 307-308.

<sup>2</sup> LEWES, *Aristóteles*, Leipzig, 1865, p. 110. Cf. *Los problemas mecánicos de ARISTÓTELES*.

fué más bien una indicación general que la mecánica había de completar<sup>1</sup>. Debemos á las investigaciones diligentes de la edad presente el que tantas y tamañas lagunas hayan sido llenadas con profusión asombrosa de datos positivos. Mucho sigue, sin embargo, envuelto en tinieblas. „Si se advierte, observa SECCHI, qué número de hechos hubo que reunir y ordenar antes de que se pudieran sacar las pocas conclusiones que hasta ahora hemos obtenido, es preciso extrañarse de la audacia, por no usar de calificación más dura, con que algunos pretenden decidir las cuestiones físicas por teorías *a priori*; y esta misma reflexión debe alentar á los físicos á proseguir la fatigosa lucha que sostiene para indagar la verdad por el camino largo y escabroso del experimento. Los frutos que al paso recogen, y los más ricos aún que nos esperan, deben animarnos á omitir todas las especulaciones y aguardar los resultados de los ensayos. „

Adherímonos á estas palabras en cuanto, naturalmente, sólo se entienda aquella verdad que es accesible á la observación sensitiva y á los ensayos de las ciencias empíricas. Mas el célebre astrónomo no hubiera sido mal entendido por algunos si hubiese tenido ocasión de prevenir á sus lectores, no sólo de la audacia de ciertos metafísicos, sino también del exclusivismo aún mucho más pernicioso de aquellos físicos que llevan ante su tribunal á toda la filosofía natural, estableciendo, para facilitar la explicación de los hechos físicos mirados por su lado mecánico, unas hipótesis que extinguen toda la luz necesaria para la existencia de la psicología, ética, metafísica y religión, y hasta creyéndose con derecho á negar terminantemente todas las verdades inaccesibles á sus experimentos y cálculos físicos.

Nótese bien que hay más campos de observación que los puramente mecánicos. Como quiera que esta verdad se ignore precisamente por parte de la ciencia natural contemporánea, tal vez no sea del todo superfluo censurar, en cuantas ocasiones se ofrezcan, ese exclusivismo falso y preñado de peligros.

<sup>1</sup> «Nullum corpus agit nisi movetur, eo quod oporteat agens et patient esse simul, vel faciens et factum; simul autem sunt, que in eodem loco sunt; locum autem non acquirit corpus nisi per motum.» (S. Thom. *Summ. c. gent.*, l. 2. c. 20.)

## § II

## La fuerza y su conservación.

141. Nuestro siglo suele contar entre sus más gloriosas conquistas el conocimiento de la unidad y correlación de las fuerzas naturales. Si bien es aún materia discutible si el tal descubrimiento sea de importancia esencial para una inteligencia profunda de la naturaleza, cierto es que ha contribuido mucho á esclarecer la relación recíproca de los hechos naturales, ha reducido á fórmulas más exactas la acción de la naturaleza, y ha facilitado poderosamente la explotación de las fuerzas naturales para los fines terrenos de la existencia humana.

Considérase la unidad de las fuerzas naturales aun desde otro punto de vista: como teoría mecánica de equivalencia. Con justicia se nos tildaría de negligentes si no contemplásemos también por este lado aquel título glorioso de la ciencia natural moderna antes de tratar de la conciliación entre los resultados de la ciencia natural y la filosofía.

No sólo "unidad de las fuerzas," también "conservación é indestructibilidad de la fuerza," son las frases con que se pretende aturdir á los ignorantes. Ya que no pudimos exponer la teoría de la unidad sin mentar la conservación, vamos ahora á considerar esta última.

El doctor heilbronnense J. R. MAYER, á quien ya hubimos de mencionar, publicó en 1842 (en los *Anales de química y farmacia*, tomo 42) una disertación de unas ocho páginas intitulada: *Observaciones sobre las fuerzas de la naturaleza inanimada*, en la cual examinó con mayor precisión el axioma que el efecto debe ser igual á la causa, aplicándolo al calor y á la fuerza mecánica. MAYER dió á la antigua proposición filosófica: que el efecto debía ser igual á la fuerza, el sentido de que la fuerza se conserva en el efecto y sigue también en él siendo una causa, aunque de otra clase; de manera que el efecto es á la vez fuerza. Concíbese, pues, la fuerza como una cosa que parece ora en ésta, ora en aquella forma, unas veces como calor y otras como movimiento mecánico ó presión, pero que, siendo indestructible en su cantidad, es en el fondo siempre la misma.

JAMES PRESCOTT JOULE, de Manchester, tiene el mérito de haber traído el primero las pruebas precisas de las ideas de MAYER. Moviendo ruedas de paletas en diferentes líquidos, frotando discos de metal unos con otros, y conduciendo agua por tubos capilares,

calculó que en estos y otros casos semejantes cierta cantidad de movimiento mecánico produce siempre el mismo número de calorías.

142. Tratemos primero de estudiar la ley en punto á su importancia general, pero fijándonos en algunos pormenores interesantes.

Habiase advertido de antiguo que, al chocar cuerpos elásticos, el movimiento (fuerza viva ó energía cinética) con que botan el uno sobre el otro queda restablecido por la reacción de las masas. Observamos ya en esta experiencia la noción de la conservación de la fuerza en oposición á su aparente destrucción, tal como algún físico había creído observarla en el choque de cuerpos no elásticos. Recientemente se ha observado que la colisión de cuerpos rígidos desarrolla calor, cuya cantidad corresponde exactamente á la intensidad del movimiento paralizado.

Cuando una bala da con velocidad rapidísima contra una coraza de metal, se engendra tal calor que el metal empieza á fundirse. El movimiento, súbitamente paralizado por el choque, se torna en calor. Por variadas experiencias se ha probado que el número de calorías de esta manera producidas, del mismo modo que el efecto mecánico, es proporcional al producto de la masa por el cuadrado de la velocidad. Si se duplica la masa que se lanza, duplicase también la cantidad de calor que se engendra; si se duplica la velocidad, se cuadruplican las calorías. El movimiento mecánico propiamente dicho, pues, se convierte en movimiento térmico, variando el género del movimiento sin que varíe su cantidad. De esta manera se pretende haber calculado que si la Tierra—que se mueve en su órbita con una velocidad de unas cuatro leguas por segundo—fuese de repente detenida en su carrera, se originaría una cantidad de calor suficiente para elevar la temperatura de una esfera de plomo de las dimensiones de la tierra á 384.000<sup>o</sup> centígrados.

Si se imprime á un cuerpo un movimiento rápido arrojándolo á lo alto con la mano, se efectúa también este acto tomándose una cantidad adecuada de movimiento de otro género de energía. Si se levanta el mismo cuerpo por una máquina de vapor, desaparecería una cantidad de calor equivalente al trabajo que presta.

143. ¿Pero, dónde estaba el movimiento que se manifiesta en un cuerpo que cae, y al llegar al suelo se trueca por calor, dónde estaba antes de que cayera el cuerpo? Esta pregunta nos obliga á volver á la atracción, fuerza que también aquí, donde se trata de la ley de la conservación de todas las energías, parece originar serias dificultades. Los físicos suelen exponer la materia del modo siguiente.

Cuando dos cuerpos están separados, manifiestan cierta tendencia á aproximarse el uno al otro. Un kilogramo que cae al suelo desde una altura de quince pies, llega á la tierra con una velocidad de 9,8 metros por segundo. Si quiero volver á elevar la pesa á su altura anterior, lo puedo efectuar subiéndola una escalera; pero si quiero excusar este trabajo puedo también arrojarla á lo alto con una velocidad de 9,8 metros. La cantidad del trabajo prestado, ó según se decía antiguamente, el efecto mecánico es idéntico en ambos casos, dependiendo únicamente de la masa que se ha de levantar y de la altura á que ha de ascender. Si se arroja el cuerpo con doble velocidad, ó sea con 19,6 metros, no llegaría á doble, sino á cuádruple altura; pues la Física enseña que, á igualdad de masas, el efecto mecánico crece como el cuadrado de la velocidad, ó según es uso decir, que la medida del efecto mecánico se expresa por el producto medio de la masa multiplicada por el cuadrado de la velocidad.

Volvemos, pues, á preguntar: ¿En qué forma existía el movimiento descrito del cuerpo que cae, antes de que cayera? Contestaremos de la manera siguiente. Mientras el cuerpo era impedido de caer, la tendencia con que él y la tierra aspiran á juntarse no podía manifestarse sino por presión ó tracción. Esta fuerza de tensión no prestaba todavía trabajo de movimiento, ni era todavía fuerza cinética eficaz, pero era ya energía potencial, esto es, movimiento posible, y representaba, por tanto, una provisión de trabajo determinada. ¿Qué sucede, pues, cuando, soltado el cuerpo, ha recorrido ya el primer metro de su caída? Entonces está ya gastada una parte de aquella energía virtual con que tendía á volver á la tierra; la cantidad de la tensión ha disminuido, pero la pérdida ha sido reparada por una cantidad equivalente de fuerza motriz (energía cinética). Pues debemos recordar que si se entiende por energía cinética (actual ó dinámica) aquella aptitud expedita para el trabajo que masas movidas poseen á consecuencia de su movimiento continuado, con energía potencial se designa aquella capacidad para el trabajo que aún no puede obrar en la realidad; es decir, aquella que no puede todavía prestar trabajo como no se cumpla antes otra condición.

144. Mas ¿qué es en el fondo aquella energía potencial? RANKINE, HELMBOLTZ, JOHN TYNDALL y otros exponen el asunto del modo siguiente:

Supongamos que un cuerpo movable  $V$  sea atraído por otro fijo  $T$ . A una distancia determinada la atracción tiene seguramente cierta intensidad, que puede medirse con una balanza de muelle, y que á la mitad de la distancia será cuatro, ó un tercio nueve, ó un cuarto dieciséis veces mayor. Podría medirse la

atracción en todos los puntos determinando con la balanza el grado de tensión que sea preciso para retraer á  $V$  de moverse hacia  $T$ . Simbolizando ahora la intensidad de las atracciones por líneas perpendiculares á la línea de unión  $TV$ , y suponiendo que  $V$  se halla á distancia muy grande de  $T$ , la atracción será naturalmente muy débil, y por lo tanto muy breve la línea perpendicular. Si suponemos además levantadas en infinito número de puntos de la línea  $TV$  perpendiculares de longitud proporcional á la fuerza atractiva que á cada uno corresponda, obtenemos un número infinito de perpendiculares, cuya altura va creciendo de punto en punto. Unidos entonces los extremos de estas perpendiculares, la línea de unión y la recta  $TV$  encerrarán una superficie plana cuya área expresará la suma de todas las perpendiculares posibles; es decir, la fuerza total que las diversas atracciones particulares ejercen sobre  $V$  en el momento de salir de su primera posición en dirección á  $T$ . Estas, pues, serían las tensiones. En el supuesto ahora de que  $V$  se halle á una distancia que pueda llamarse infinita, las sumas de las tensiones que pueden obrar sobre  $V$  llegarían á su maximum. En cuanto empieza el movimiento, nace algo nuevo; á saber: fuerza viva, y cuanto más fuerza viva se desarrolla tantas más tensiones desaparecen. Al principiar el movimiento, la fuerza viva es un minimum y la tensión un maximum; cuando concluye junto á  $T$ , la fuerza viva está en su poder máximo, al paso que las tensiones son igual á cero. El principio de la conservación de la fuerza no afirma otra cosa que la constancia de las sumas de las tensiones y de la fuerza viva<sup>1</sup>. TYNDALL cree que la adopción del término "energía", ha facilitado esencialmente la inteligencia de la cuestión, porque reúne en sí las nociones de la tensión y de la fuerza viva. La energía es actual cuando los cuerpos ya se están moviendo y de consiguiente poseen fuerza viva. Así, por ejemplo, el torrente de agua de las cataratas del Niágara posee, según el cálculo de Ampère, una energía actual de 4.533.304 fuerzas de caballo, la cual sería capaz de mover todas las máquinas que en el orbe trabajan. Cuerpos que no se hallan en movimiento actual pueden poseer por fricción ó impulso una fuerza de movimiento que se manifestaría en cuanto se removiesen todos los obstáculos que la paralizan. Veamos, por ejemplo, dice TYNDALL, la gravedad: un cuerpo que está en la superficie de la tierra no tiene energía, pues no tiene movimiento ni aptitud para él. Suspendido el mismo cuerpo á cierta altura sobre el suelo, adquiere energía potencial, es decir, aptitud para el movimien-

<sup>1</sup> Seguimos en esta exposición á TYNDALL, en su artículo sobre la ley fundamental de la fuerza en la *Fortnightly Review*, t. III, pág. 129.