Documento V: Discurso leído por José Echegaray en la Universidad Central en la solemne inaguración del Curso Académico de 1906 a 1907.

LA CIENCIA Y LA CRÍTICA.

Excmo. Señor:

Honra grande fué para mí el nombramiento de Profesor de Física-Matemática en la Universidad Central; y mayor honra el haber recibido este nombramiento por iniciativa y propuesta de su preclaro Rector, varón insigne de noble inteligencia y profundo saber, y del ilustre Claustro de profesores, en que tanto brilla la Ciencia española, y en el que, si se reproducen las glorias de lo pasado, se cifran las esperanzas del porvenir, alimentadas por una juventud inteligente y entusiasta.

Y como si tales honras no bastasen para abrumar mi modestia, aún he recibido otra más, la de ser designado por mis compañeros para escribir este discurso de inauguración.

Mi gratitud por tantas mercedes no encuentro manera de encarecerla; porque hay sentimientos tan hondos, que mal se expresan por la palabra, ni mucho menos con los artificios de la Retórica.

Así, prescindiendo de todo linaje de encarecimientos, voy á entrar en materia desde luego, que todo tiempo se me hace interminable para empezará cumplir los deberes, que el nuevo cargo me impone.

Mas antes de cumplir estos deberes, he de cumplir otros ineludibles, pero tristes, consagrando un recuerdo de veneración y de respeto á la memoria de los ilustres catedráticos de esta Universidad Central, que dejaron de existir durante el curso anterior, tras una vida

(c) Consejo Superior de Investigaciones Científicas http://arbor.revistas.csic.es
Licencia Creative Commons 3.0 España (by-nc)

laboriosa y honrada, y que no ha de ser estéril antes muy fecunda para el buen nombre de la Ciencia española. Los límites de este discurso no consienten, y á fe que lo siento, más que consignar los nombres de D. Abdón Sánchez Herrero, catedrático de Patología y Clínica Médica de la facultad de Medicina; de D. Eduardo Palou y Flores, catedrático de Historia de la Iglesia y de Derecho Canónico de la facultad de Derecho y de Ciencias Sociales, y de D. Fausto Garagarza, catedrático de Técnica Física y de Análisis Químico de la Facultad de Farmacia.

Otros tres catedráticos han dejado también vacíos difíciles de llenar, pues los tres han sido jubilados: D. Máximo Fernández de Robles y Mendivil, catedrático de Dibujo; D. José María Rodríguez Carballo, catedrático de Mecánica, y don Francisco de Paula Rojas, de Física-Matemática, todos ellos de la facultad de Ciencias. Del último de éstos, la justicia, la simpatía, la amistad y la circunstancia de substituirle en la misma cátedra que él ocupó me obligan á decir algo más.

Ha sido el Rojas un Profesor eminente, y ha sido y es todavía, por fortuna, un hombre de Ciencia de los que dan alta honra á su patria: entendimiento clarísimo, de esos que parece que transmiten á las cosas y á los más complicados problemas una parte de la luz que en ellos resplandece; expositor de primer orden, que ha escrito obras magistrales, y amante sincero y entusiasta de la verdad, fué mi digno predecesor; y á todos los honores que he recibido y que. antes enumeraba, debo agregar uno más: el de continuar explicando la cátedra que él durante tantos años desempeñó con aplausos de sus compañeros, de sus alumnos y de sus entusiastas amigos, y con provecho, honra y prestigio de este preclaro centro docente.

Y cumplidas estas primeras obligaciones, entremos en materia.

***

Yo debo disertar en este trabajo sobre determinado tema, según establece la costumbre; mas para su elección confieso lealmente que he vacilado mucho.

Dos criterios podía seguir al escoger materia de mi disertación.

Ó bien podía decidirme por un asunto general, de amplios horizontes, que abarcase cuestiones de interés palpitante: uno de esos problemas que interesan y apasionan, y que por el interés y la pasión no es imposible que conduzcan al entusiasmo y al aplauso. Ó bien por el contrario podía escoger un tema técnico, concreto, importante, sí, en el fondo, pero acaso árido en la forma, de los que constituyen la materia y la substancia de la Ciencia positiva.

(c) Consejo Superior de Investigaciones Científicas http://arbor.revistas.csic.es
Licencia Creative Commons 3.0 España (by-nc)

He dudado, como digo, y al fin me decidí por el último extremo; pues lo considero menos ambicioso y más útil, y más en armonía con el respeto que me inspira la Universidad Central y la seriedad de sus estudios.

Tengo, pues, para solicitar vuestra atención y vuestra benevolencia, doble motivo: por una parte lo excesivamente severo .y árido del asunto; por otra mi insuficiencia para tratarlo como merece por su transcendencia y su importancia.

He escogido, pues, como tema de este discurso el que aparece en la portada «**La Ciencia y la Crítica**»; pero debo consignar ante todo, que esta palabra *Ciencia,* no se refiere á la Ciencia en general, sino á la que constituye la materia de la asignatura que me ha sido confiada, á saber, la Física-Matemática; y en todo caso, y por conexiones íntimas entre unas y otras disciplinas científicas, algo diré de las matemáticas puras. De suerte que en vez del título á que por lo breve dí la preferencia, con más propiedad pudiera decirse que el asunto de mi discurso era este: Las Matemáticas puras, la Física-Matemática y la crítica de ambas ciencias».

Hace treinta ó cuarenta años hubiera sido relativamente fácil condensar en breves páginas el estado de la Física-Matemática: Ciencia prodigiosa, de hermosura incomparable, derivación é imitación casi de la Mecánica celeste.

¡Y con qué seguridad hubieran podido trazarse los contornos de esta soberana creación científica; y con qué confianza y hasta con qué orgullo, que de orgullos y vanidades nunca prescinde la raza humana, aun en las alturas del pensamiento, hubieran podido reseñarse los grandes principios, las grandes leyes, las fecundas hipótesis; los nombres inmortales de los creadores de esta Ciencia!

Era la época de la fe en la razón, que no parece sino que la fe es necesaria á la débil naturaleza humana; y que cuando la fe religiosa palidece, la fe científica pugna por ocupar su puesto, y dice el hombre: « creo en la Verdad, creo en la permanencia de la ley natural, creo en los métodos modernos de experimentación, creo, en suma, en esta disciplina moderna que voy forjando; y creo que ella me conducirá, aunque por manera lenta y penosa, á los misterios de lo desconocido; .y que rasgando uno á uno sus velos, mostrará ante mis ojos, cada vez menos indecisos y turbios, los contornos de la misteriosa esfinge».

Si en aquella época yo hubiera tenido que escribir un discurso sobre Física-Matemática, como el que hoy por bondad vuestra, que ¡ojalá! no haya sido excesiva, me veo obligado á leeros; en breves frases hubiera condensado mi trabajo y á término lo hubiera conducido sin desconfianzas, sin dudas, sin vacilaciones, porque habría dicho lo siguiente,

(c) Consejo Superior de Investigaciones Científicas http://arbor.revistas.csic.es
Licencia Creative Commons 3.0 España (by-nc)

que, en rigor, muchas veces lo he dicho ya en mi modesta pero larga carrera.

El fundamento de toda Ciencia, estriba en el método experimental, ó si éste no es posible, en el método de observación, y en último caso, en la combinación de ambos: esto es indudable. Y hubiera seguido de éste modo.

Para conocer la Naturaleza, es preciso ir á ella, tocarla, pulsar sus latidos, mirarla de cerca, hacerla trabajar ante nuestra vista y entre nuestras manos, fundir nuestro pensamiento con la realidad, mirar lo infinitamente grande con telescopios, con microscopios lo infinitamente pequeño, hacer la vivisección de los fenómenos, si la palabra es permitida, recoger las palpitaciones más íntimas del mundo de la materia, llegar á la misma vibración de la luz, al mismo efluvio del calor, al mismo torrente de la electricidad, al mismo átomo de la Química en sus revoluciones archimicroscópicas, en suma, como antes afirmaba, llevar nuestro pensamiento al seno de los fenómenos para que en ellos se impregne de realidad.

Que la verdad, sólo de este modo puede conocerse, y no cerrando los ojos al mundo exterior, aislando el pensamiento, .y agitándolo violentamente para crear teorías caprichosas, que son fantasmas de la imaginación y casi nunca imágenes fieles de la naturaleza.

Toda la Ciencia moderna, os hubiera dicho, se funda, pues, en la observación y en la experiencia; pero la Física-Matemática del siglo precedente, no se detuvo aquí, porque habría sido detenerse en los cimientos, ó cuando más en los principales muros de carga del soberbio monumento.

La Física-Matemática parte de los hechos, como toda Ciencia, pero los hechos aislados no alcanzan nunca verdadera categoría científica; son la Verdad, pero la Verdad hecha pedazos; son la realidad, pero la realidad casi convertida en polvo.

No hay Ciencia donde no hay trabazón, enlace, relaciones, leyes, unidad en suma.

Las leyes empíricas, teniendo como tienen gran importancia, no son en nuestro caso más que un esbozo de la verdadera ley, que es la ley matemática.

Decíamos antes, que los hechos eran la realidad rota en pedazos; decimos ahora, que las leyes empíricas no son más que la ley también triturada, también desmenuzada, hecha añicos también.

Mas para llegar á las grandes leyes de la Física-Matemática, fué preciso buscar un punto de apoyo, un puente, por decirlo de esta manera, para pasar de la experiencia á la aplicación de las Matemáticas puras.

(c) Consejo Superior de Investigaciones Científicas http://arbor.revistas.csic.es
Licencia Creative Commons 3.0 España (by-nc)

Este término medio fué la Mecánica racional; porque en la Mecánica racional, concurren, ó creíase que concurrían, estos dos elementos, que se pugnaba por armonizar: la *experien*cia., que brota de la realidad del mundo externo; *el concepto matemático,* engendrado por la razón. Hay en la Mecánica principios experimentales, hay principios lógicos y eminentemente matemáticos, y por eso al crear la Física-Matemática, á la Mecánica racional se acudió. ¿Pero de qué modo? por medio de las *hipótesis.*

Es evidente, y así lo consigna el gran matemático francés Mr. Poincaré, què se construyó la Física-Matemática en la primera mitad del siglo pasado, tomando por modelo la Astronomía, copiándola fielmente, siguiendo sus procedimientos y sus métodos; mas con una diferencia. Al estudiar el movimiento de los astros en el espacio, no hay más que mirar al espacio con anteojos y telescopios; al buscar una Astronomía microscópica en los cuerpos y en los fenómenos que nos rodean, ni la vista, ni la combinación de lentes, ni el microscopio más poderoso, llegan á descubrir las moléculas y los átomos; hay *que suponer* que existen, hay que admitir, que todos los cuerpos de esta baja tierra están formados de partecillas á inmensas distancias relativas unas de otras y moviéndose por las leyes, no de la Mecánica celeste, sino dé la Mecánica molecular.

Al bajar del cielo á la tierra, nos encontramos con una hi*pótesis enorme,* de la cual no teníamos necesidad para estudiar los astros del firmamento.

El cielo astronómico *se ve,* el cielo molecular y atómico *se supone.*

Esta era una primera hipótesis; estupenda, atrevidísima, por más que hoy con ella estemos familiarizados.

Pero todas las demás hipótesis eran análogas á las de la Astronomía.

En los espacios se *suponen* fuerzas. Se supone además que son fuerzas centrales. Se admiten, en fin, las atracciones entre los astros, con arreglo á la ley ó á la hipótesis de Newton; es decir, en razón inversa de los cuadrados de las distancias y proporcionalmente á los productos de las masas.

Todas estas hipótesis, hay que trasladarlas con las modificaciones convenientes á la Física-Matemática, es decir, á los fenómenos moleculares y atómicos.

De suerte que entre las últimas partecillas de la materia, admitiremos atracciones, que también variarán proporcionalmente á las masas, y en razón inversa de cierta potencia de las distancias, sobre cuyos exponentes no se llegó á un acuerdo definitivo.

Y bien se nota, que esta Astronomía archimicroscópica será inmensamente más complicada que la Astronomía de los espacios celestes; pero no será substancialmente distinta.

(c) Consejo Superior de Investigaciones Científicas http://arbor.revistas.csic.es
Licencia Creative Commons 3.0 España (by-nc)

Sin embargo, al llegar á este punto, la Mecánica molecular, se complica aún más; porque si en las altas esferas nos basta en general con la atracción, es imposible explicar todos los fenómenos de la Física-Matemática, sin introducir á la par de las fuerzas atractivas, fuerzas *repulsivas,* también centrales, y cuya expresión sea análoga á la de las primeras, o de otro modo, que se expresen por el producto de las masas y por la relación inversa de determinada potencia de las distancias.

Los grandes trabajos sobre Física-Matemática de la primera mitad del siglo precedente, todos ellos, acaso con una excepción, la de la propagación del calor por Fourier, se fundan en los principios y en las hipótesis, que acabamos de señalar á la ligera.

La fecundidad del método, se demostró por la fecundidad y la grandeza de los resultados.

Me atreveré a decir, que jamás en la historia de las Ciencias se elevó monumento más prodigioso.

La teoría mecánica de la luz, los trabajos de los grandes matemáticos, que siguieron la iniciativa de Fresnel, como, por ejemplo, Cauchy sus discípulos, casi compiten en grandeza con la Mecánica celeste.

No sólo explicaba la teoría de las ondulaciones todos los fenómenos ópticos hasta entonces conocidos, sino que llegando á lo más alto á que una Ciencia puede llegar, anunciaba nuevos fenómenos, por ejemplo, larefracción cónica de Hamilton; lo que, en rigor, es algo más que anunciar un eclipse, porque es adivinar en la ecuación de una superficie, hechos físicos, antes jamás observados: es en cierto modo, ó parece ser, la imposición de la Geometría analítica á la naturaleza.

La teoría del calor, fundábase también por entonces en la hipótesis mecánica. El primero de sus principios era una consecuencia natural de la teoría de las fuerzas centrales y de las ecuaciones de la Dinámica; y *el segundo* principio, aún lo deducía Helmholtz en su célebre y admirable memoria, de las ecuaciones de Lagrange, al menos para los ciclos reversibles.

Lástima grande que contuvieran el desarrollo– de la Termodinámica, en el sentido que hemos señalado, la nueva crítica, y cierta reacción excesivamente positivista.

La teoría de la electricidad por Maxwell, aunque ya perteneciente á un período de transición, todavía en la hipótesis mecánica se fundaba, anticipándose por esfuerzo prodigios de su genio á las admirables experiencias de Hertz. Y al hablar de la electricidad, comprendemos en este nombre, así la electricidad estática, como la dinámica.

(c) Consejo Superior de Investigaciones Científicas http://arbor.revistas.csic.es
Licencia Creative Commons 3.0 España (by-nc)

La teoría de la elasticidad, bien mirado no era más que un problema de Mecánica; y otro problema de Mecánica era la teoría del sonido; problema de Mecánica era todavía la teoría de los torbellinos y la de la capilaridad, y hasta se han iniciado por varios modos y en varias direcciones, trabajos diversos, algunos de ellos admirables, para reducir los problemas de la Química á problemas de Mecánica: y digo admirables porque lo son las teorías de Gibbs.

Cuántos esfuerzos prodigiosos, cuántas teorías sublimes, que aunque al parecer á ras de tierra andan, pues de fenómenos de nuestro globo tratan, por su grandeza llegan a las mismas teorías astronómicas.

No puedo entrar en pormenores, trazo la historia de la Ciencia á grandes líneas, y ni siquiera me atrevo á dar rienda suelta al entusiasmo; porque me está esperando este último período, y en él la crítica fría; impasible, cruelísima, para apagar ardores, romper alas y barrer creaciones de la imaginación.

***

Esto y mucho más hubiera dicho hace una veintena de años. Claro es, que las diversas teorías enunciadas no llegaron á constituir una unidad; eran como grandes cantones de la Ciencia, regidos por constituciones análogas, con una nota común: *la hipótesis mecánica.* Y bien puede decirse, que toda la Física-Matemática partía de estas, hipótesis, que voy á resumir.

Primero: atracción entre las masas ponderables, expresada por el producto de dichas masas dividido por el cuadrado de la distancia.

Segundo: repulsión entre dos elementos de éter expresada por el producto de las masas etéreas dividido por cierta potencia de la distancia, que aún no-se había llegado á determinar.

Y para enlazar estos dos mundos, el de la materia ponderable y el del éter, otra tercera hipótesis.

Tercero: atracción entre las masas ponderables y la materia etérea, expresada siempre por el producto de ambas masas ó cantidades de substancia, y siempre en razón inversa de cierta potencia de las distancias, que mediasen entre cada dos de ellas.

Y con esto ó con hipótesis análogas bastaba para que todos los fenómenos del mundo inorgánico quedaran reducidos á un problema general de dinámica: así el astro que voltea por el espacio describiendo colosales elipses, como el átomo de éter que vibra en el rayo de luz, como la electricidad que se acumula en el condensador, como la corriente que circula por el conductor metálico, como la nota acústica, como el oleaje del mar, como las flexiones de un puente de hierro, como los mismos fenómenos de

(c) Consejo Superior de Investigaciones Científicas http://arbor.revistas.csic.es
Licencia Creative Commons 3.0 España (by-nc)

la Química, cuyas atomicidades y equivalencias no era imposible explicar mecánicamente por el juego de las fuerzas atractivas y repulsivas.

Aspiración grandiosa, que justificaban centenares y centenares de fenómenos aprisionados en ecuaciones diferenciales, que más bien parecían dictarles la ley, que recibirla de los brutales mandatos de la experiencia.

Era en verdad un asombroso idealismo, que buscaba definitiva armonía con la realidad, hasta tal punto, que muchos imaginaban haber penetrado con la hipótesis mecánica en lo más profundo del misterio de la Naturaleza.

Verdad es, que en este caso, como siempre sucede en casos semejantes, los excesos de soberbia científica y de tiranía idealista, provocaban rebeldes resistencias, y han engendrado la crisis en que he de ocuparme más adelante.

No existe en el mundo, decían muchos, al menos en el mundo inorgánico, más que materia en movimiento. Y era este, casi un grito de guerra, de un moderno y refinado materialismo.

Otros ampliaban algo la precedente fórmula: no basta, no, decían, con el movimiento y la materia, para explicar los fenómenos del Cosmos, hay que admitir además el éter, que de lo contrario, no tiene representación propia la fuerza repulsiva; .y hay que admitir además, que todas estas fuerzas son centrales.

Y con tales hipótesis, agregaban, organizadas convenientemente, con éstas, sí que pueden explicarse los fenómenos de la Naturaleza inorgánica; y no sólo pueden explicarse, sino que hoy se explican casi todos con los dos caracteres de la verdadera Ciencia; primero: prever fenómenos, como, por ejemplo, un astro que no se ve en el cielo, el anillo de la refracción cónica, que no se había observado nunca, ciertos fenómenos de los gases, y aun ciertos fenómenos de la Química. Y segundo: determinación numérica de constantes, que entrando en las teorías más diversas y llegando de distintos puntos del horizonte, vienen á coincidir en la misma determinación y en el mismo valor. Si aún hay alguna duda, si aparece alguna contradicción, si alguna experiencia no se explica por completo, estas son deficiencias de la Ciencia humana, que no puede tener la aspiración de ser una ciencia perfecta.

Pero la victoria, si la palabra vale, contra terquedades misteriosas de la Naturaleza, era general en toda la línea de batalla, salvo insignificantes escaramuzas.

Á este punto llegaba la Física-Matemática, y si de él no hubiéramos pasado, mi discurso de hoy, más que otra cosa sería un himno de triunfo.

***

(c) Consejo Superior de Investigaciones Científicas http://arbor.revistas.csic.es
Licencia Creative Commons 3.0 España (by-nc)

Sin embargo la verdad es la ley suprema, á menos que la razón no quiera hacerse traición á sí misma, engañándose á sabiendas; y yo debo la verdad á los maestros que me escuchan, y á la brillante juventud, que acude generosa y confiada á este templo de la Ciencia, no á escuchar himnos más ó menos sonoros, sino á aprender verdades, siquiera al pronto .parezcan ásperas y crueles, que al fin no lo serán, como explicaré más adelante.

Llegamos, pues, á la crisis de la Física-Matemática, como hoy en el mundo civilizado se llega á otras muchas crisis, que estamos en verdad en período bien crítico.

Y esta palabra crisis no la he inventado yo, que la he recogido en los escritos de los primeros sabios del mundo; no es, por lo tanto, que yo quiera hacer un drama más con catástrofe final á costa de la Física-Matemática, es que templo mis entusiasmos, oigo la voz de los maestros y miro de frente á la realidad.

La palabra crisis es la más repetida en estos tiempos que atravesamos.

En crisis, el equilibrio europeo; en crisis, el orden social; en crisis, la religión, la familia .y la propiedad; y de los gobiernos no se hable, que en todas partes, este es su estado natural.

Pues si tal es la atmósfera que nos envuelve, no ha de admirarnos que la Física -Matemática tenga también su crisis; y no por ser la más pacífica es la menos honda, y àcaso sea la de más transcendencia para el orden científico de las modernas sociedades.

Decíamos que la Física-Matemática había alcanzado en la primera mitad del siglo XIX un extraordinario desarrollo y un alto grado de perfección, al menos en algunas de sus ramas, que no todas ellas han marchado á la par.

Y decíamos, que la nota dominante, ó con más propiedad, la síntesis del método, era esta: la hipótesis mecánica; la descomposición de todos los cuerpos en elementos pequeñísimos; la acción de fuerzas de diversas clases entre unos y otros, todas fuerzas centrales; y la aplicación de las leyes de la Mecánica racional al movimiento de estos infinitos sistemas.

El Universo quedaba aprisionado en un sistema de ecuaciones diferenciales, y las Matemáticas puras se encargaban de integrar estas ecuaciones con la generalidad necesaria para satisfacer á las condiciones llamadas de los límites.

Era traer el *orden material* al *orden racional puro;* sujetar la experiencia á grandes leyes determinadas á priori; reducir la variedad in-

(c) Consejo Superior de Investigaciones Científicas http://arbor.revistas.csic.es
Licencia Creative Commons 3.0 España (by-nc)

mensa á una unidad soberana. La empresa era grandiosa; jamás había volado á mayores alturas el pensamiento humano, al menos, en lo que al orden inorgánico se refiere.

Mas estas ambiciones, aun coronadas por grandes triunfos, despertaron el mal humor de la Crítica.

Y unos dijeron: «eso es el materialismo». Y otros dijeron: «eso es substituir en el Universo á la *cualidad,* la *cantidad;* es un escamoteo de las realidades por las formas ».

Y algunos agregaron: «que tal doctrina era una nueva Metafísica, con pretensiones de llegar á lo absoluto ».

No me parece que estas primeras escaramuzas de la Crítica moderna contra la Física-Matemática, sean justas, ni tengan valor alguno.

No profesa el astrónomo, sólo por aplicar los principios de la Mecánica celeste al movimiento de los astros, ningún género de materialismo.

Pues asimismo, ni será ni dejará de ser, materialista, el que reduzca el calor á la vibración de las moléculas de los cuerpos, ó de sus partecillas más pequeñas. Acertará ó no acertará, pero ni el materialismo ni el espiritualismo tienen relación alguna, al menos inmediata, con el indicado problema de la Física, ni con la hipótesis á que se acude para su explicación.

No es más valedera la segunda de las tres objeciones; porque en la Ciencia moderna, ni en el método experimental sobre todo, hay que acudir *al peso y á la medida, y los* resultados son resultados numéricos, y por lo tanto símbolos de cantidades.

Cuando se dice que una corriente eléctrica es de veinte *amperios,* ni se niega ni se afirma la *cualidad eléctrica;* se mide un fenómeno en cuanto es *cantidad, y* la relación entre dos cantidades de este fenómeno, se expresa por una cifra numérica; que sólo de este modo se constituye la verdad de las Ciencias positivas.

No puede penetrar la inteligencia humana en lo íntimo de las cosas: sólo determina sus relaciones.

Tiene nuestra mente, además, una propiedad admirable, que es la de *repetir, de multiplicar con* la imaginación cualquier fenómeno; de donde resulta el número. Y así no sabe, pongo por caso, lo que es la electricidad, pero repite un fenómeno eléctrico y al fin *mide lo* ignorado por lo ignorado; lo desconocido por lo desconocido, un fenómeno eléctrico, que ignora lo que es, por otro de la misma clase. Y así, convertida la Naturaleza ó sus fenómenos en números, aplica las Matemáticas á la Naturaleza en cuanto cantidad. Poco es, pero no puede más, y algo muy hondo deben expresar los números, cuando por ellos realiza la Ciencia las mayores maravillas.

(c) Consejo Superior de Investigaciones Científicas http://arbor.revistas.csic.es
Licencia Creative Commons 3.0 España (by-nc)

La objeción indicada es por tanto fútil, inconsistente y sin valor alguno.

Ni es más sólida aquella tercera objeción en que se atribuye carácter metafísico á las doctrinas dominantes de la Física-Matemática, atribuyéndola pretensiones de llegar á penetrar en lo absoluto.

¿Pretende llegar á lo absoluto el astrónomo, que aplicando la ley de Newton, estudia la- trayectoria de un astro y determina sus constantes?

No, seguramente; estudia y mide el más externo y el más vulgar de los fenómenos, el movimiento de masas ponderables.

¿Es fabricar Metafísica decir que un tren lleva 300 toneladas y que camina á razón de 50 kilómetros por hora?

¿Pues por qué tal, ciencia ha de fabricar Metafísica, y perdóneseme la frase, sólo porque diga que un astro tiene tantos millones de toneladas y que camina á razón de tantos kilómetros por segundo?

Tales exageraciones no pueden sostenerse seriamente.

Y bien, repitiendo la misma interrogación, yo pregunto: ¿por qué ha de darse carácter metafísico á la doctrina, que admite que la luz es la vibración del éter, es decir, materia etérea que se mueve trazando una curva muy pequeña, con una velocidad muy grande, ó que en los fenómenos del calor, una pequeñísima masa ponderable vibra en determinadas condiciones mecánicas?

Todo es materia, se dice, todo es vibración, todo es movimiento en general; en el Cielo como en la Tierra, en el astro gigantesco que voltea en el espacio, como en el átomo de éter que vibra en la luz, como en la gota de agua que baja por el río, como en la amarga gota de agua que oscila en el oleaje de Océano.

Ó todo esto es Metafísica, y tal conclusión habrá quien la sostenga, ó ninguno de estos fenómenos lo es; pero lo que no puede admitirse en buena lógica, ni argumentado de buena fe, es que unos lo sean y otros no.

Acaso se haga observar que al astro se le ve, y que nadie ha visto, ni el átomo de éter, ni la molécula de un cuerpo, ni las trayectorias que describen uno y otro centro; pero esto no cambia la naturaleza de aquellos y estos fenómenos, lo que hace es variar, por decirlo de este modo, las condiciones de su certeza; por eso el movimiento del astro es un hecho, el movimiento de átomos y moléculas, es una hipótesis.

Si no se mueven como la Física-Matemática supone, la hipótesis será falsa; si se mueven, no por ser más pequeños que el astro, serán más metafísicos, que esto de los tamaños es cosa relativa.

Por lo demás, y sea ó no cierta la hipótesis mecánica que ha dado aliento durante tantos años á la Física-Matemática, la hipótesis no puede negarse que sea natural.

(c) Consejo Superior de Investigaciones Científicas http://arbor.revistas.csic.es
Licencia Creative Commons 3.0 España (by-nc)

La estructura del Universo no puede depender de la potencia visual del ser humano.

¿Porque el hombre ve moverse á los astros, aquel movimiento ha de ser cierto, y porque la vista no alcanza á penetrar en el interior de la materia, en ella han de regir precisamente leyes de todo en todo opuestas á las leyes astronómicas?

¡Qué solución de continuidad tan extraña!

La Naturaleza ajustando sus combinaciones á la curvatura de un cristalino humano ó á la sensibilidad de una retina.

Hasta aquí llega la vista del hombre; pues hasta aquí fabricaré el Universo, estableciendo masas que se muevan.

De aquí para abajo no alcanzan las lentes del aparato óptico que entregué al humano ser; pues voy á cambiar de sistema en la urdimbre del mundo inorgánico.

Declaro, pues, modestamente, humildemente, pero con profunda convicción, que la hipótesis mecánica me parece lógica y natural, y afirmo, porque los hechos lo afirman conmigo, que ha sido grandemente fecunda.

Pero la Crítica ha acentuado sus ataques, y los nuevos ataques han sido tan vigorosos y tan fundados en parte, que han traído á la gran Ciencia al estado crítico en que hoy se encuentra.

Mr. Poincaré, el gran matemático, gloria de la nación francesa y de la Ciencia contemporánea, ha formulado una proposición célebre, que no destruye ni rechaza la hipótesis mecánica en general, pero que ha de reconocerse que abate no poco las arrogancias de los defensores de tal sistema.

La índole de este discurso me impide entrar en pormenores técnicos, y por eso, acudiré para explicar el pensamiento del ilustre sabio á los términos más modestos y vulgares de la Ciencia popular.

Hablo procurando interpretar su pensamiento. Sí, la hipótesis mecánica puede explicar un fenómeno físico, y aun químico, diría yo, y no es maravilla que lo explique.

Para la explicación de cualquier fenómeno, introduce la hipótesis mecánica un número de puntos materiales tan grande como se quiera; si es preciso un número infinito, ya de partículas pequeñísimas ponderables, ya de moléculas ó de átomos ó de subátomos, y si esto no basta, se inventa una nueva materia, por ejemplo, el éter, también con infinitos puntos.

Y se inventan fuerzas que á todos ellos los enlacen, dando á estas fuerzas las leyes de variación que más convengan para el caso, y á toda esta maquinaria se le aplica las leyes de la mecánica, con lo cual el pro-

(c) Consejo Superior de Investigaciones Científicas http://arbor.revistas.csic.es
Licencia Creative Commons 3.0 España (by-nc)

blema queda reducido á lo siguiente: que las apariencias de este mundo imaginario, que se ha creado con los puntos y las fuerzas, coincidan con las apariencias de los hechos físicos que se trata de explicar; que este símbolo mecánico sea la imagen, el reflejo, el símbolo del mundo de la realidad, cuyas combinaciones y diversidades nos proponemos reproducir, hasta ver si la imagen y objeto coinciden con perfecta coincidencia.

Pero esto, se dice en la Crítica á que me refiero, no parece imposible, y aun parece fácil; porque hemos introducido previamente un número enorme de cantidades indeterminadas: puntos, tantos como se quiera, fuerzas las que nos convengan; y no ha de ser maravilla que con tantas incógnitas de que disponer no se logren unas cuantas apariencias de los hechos naturales.

Es como plantear diez ó doce ecuaciones con mil ó dos mil incógnitas; natural es que puedan determinarse éstas de modo que satisfagan á las ecuaciones dadas. Natural y hasta probable, repito, pero no seguro; porque pudiera haber ecuaciones incompatibles.

Pues algo en este orden de ideas es la idea de Mr. Poincaré.

En todo problema físico, hay cierto número de parámetros, á que la experiencia llega y que pueden medirse.

Después la misma experiencia y la observación de lo experimentado dan á conocer las leyes de variación de estos parámetros, leyes que por lo regular se expresan por ecuaciones diferenciales.

Y aquí empieza la interpretación mecánica. del fenómeno: substituyendo á la materia de dicho fenómeno un número de puntos materiales tan grande como sea necesario, cuyas coordenadas habrán de expresarse en función de aquellos parámetros ya dichos.

La experiencia, el contacto con la realidad, por decirlo de este modo, dan aquellas ecuaciones á que antes nos referíamos. En cambio las ecuaciones clásicas de Lagrange, serán las que expresen las leyes del movimiento del sistema en la hipótesis mecánica, y todo se reduce á hacer coincidir estas segundas ecuaciones con las primeras, para lo cual tenemos un número enorme, tan grande como sea preciso, de funciones arbitrarias.

Todo esto es sencillo y digno de la maestría del maestro, el cual llega á esta conclusión: «si el fenómeno de que se trata, admite una solución mecánica, admitirá otras muchas».

De suerte que Mr. Poincaré, no rechaza la hipótesis mecánica, lo que hace es quitarle importancia, como explicación de lo que pueda haber de íntimo y de transcendental en el fondo de los fenómenos.

En suma, la hipótesis mecánica, ó mejor dicho, cualquier hipótesis mecánica, es un símbolo de realidad; pero no penetra en lo absoluto, por-

(c) Consejo Superior de Investigaciones Científicas http://arbor.revistas.csic.es
Licencia Creative Commons 3.0 España (by-nc)

que no puede penetrar en él, porque hay otros infinitos símbolos. Y sin embargo la realidad es única.

Al menos, así comprendo yo la idea del maestro y á ella nada puede oponerse; pues como antes decía, la Ciencia positiva ni puede ni debe tener las pretensiones de llegar al fondo inaccesible de las cosas.

Pero, antes de seguir más adelante, permítaseme hacer algunas observaciones sobre la hipótesis en general.

***

Las hipótesis son necesarias para establecer las grandes teorías; sin ellas, la unidad de la Ciencia no existe.

En la realidad los hechos están trabados por algo real que desconocemos; en el cerebro humano las representaciones de esos hechos necesitan también cierta trabazón para que constituyan la correspondiente *unidad racional.*

Y esa trabazón la suministran las hipótesis.

Elemento necesario de la Ciencia, elemento que se hace sentir hasta en los mismos trabajos experimentales, que no pueden realizarse á capricho ó á la casualidad, sino mediante ciertas ideas directrices, que en el fondo son grandes ó pequeñas hipótesis.

Por lo demás, es claro é indiscutible, que la hipótesis está constantemente en jaque: siempre está á merced de la experiencia. La hipótesis tiene algo del-poder personal, que mientras acierta prevalece triunfante, y al primer fracaso se derrumba para ser substituida la vieja hipótesis, por una hipótesis nueva: un dictador por otro dictador.

Mas yo creo, que aun con ser la hipótesis algo efímero y transitorio en la Ciencia, no son las hipótesis completamente arbitrarias, ni en sí mismas ni en su histórica sucesión; sino que obedecen á una lógica más o menos oculta: en una palabra, yo me atrevería á afirmar la *evolución de las; hipótesis,* y hasta la armonía final de todas ellas, ó por lo menos una tendencia á la armonía.

Me explicaré mejor con algunos ejemplos.

En la teoría de la luz, la hipótesis de la emisión imperó durante muchos dilos, y con ella se explicaban casi todos los fenómenos de la óptica.

Pero continúa avanzando la Física experimental; se llega al hecho de las interferencias; y aquella primera hipótesis mecánica, la de la emisión, que hipótesis mecánica era, á pesar de sus infinitos puntos materiales, que es como si dijéramos de sus infinitas cantidades arbitrarias, resultó impotente para expresar este nuevo y admirable fenómeno.

Entonces hubo que acudir á la teoría ondulatoria del éter, que fecundada por Fresnel, y desarrollada por Cauchy y sus discípulos y los

(c) Consejo Superior de Investigaciones Científicas http://arbor.revistas.csic.es
Licencia Creative Commons 3.0 España (by-nc)

matemáticos ingleses y alemanes, ha llegado á un extremo de perfección, que en algunos momentos hasta la misma Mecánica celeste envidiaría.

Parece que la teoría ondulatoria había arrinconado para siempre á la teoría de la emisión; pero he aquí que en tiempos modernos descúbrense una serie de fenómenos para cuya explicación se acude á la teoría de la emisión otra vez; porque, ¿qué otra cosa que una emisión de partículas son la mayor parte de las radiaciones modernas, ya en el semivacío de los tubos de Croockes, ya en las mismas radiaciones de los cuerpos radioactivos?

De tal suerte, que al presentarse una nueva radiación hay que preguntar, si es emanación de partículas ó movimiento vibratorio, ó las dos cosas al mismo tiempo, y además algo de la teoría de los torbellinos de Helmholtz, Thomson y otros físicos eminentes.

Diríase que la radiación á través del espacio, expulsada de lo infinitamente grande por la teoría ondulatoria, se ha achicado buscando el desquite en estos modernos y extraordinarios fenómenos de la Física.

Pero esta teoría ondulatoria de la luz flaquea en algunos momentos, y la teoría electrodinámica de Maxwell, más complicada, más extraña, más ambiciosa, porque pretende explicar á la vez la luz y la electricidad y el magnetismo, se va substituyendo á aquella sencilla y elemental vibración de Fresnel, que tan bien explicaba los antiguos fenómenos de la óptica, por sus movimientos transversales.

Y sin embargo, ¿puede afirmarse que estas dos hipótesis mecánicas, la de Fresnel .y la de Maxwell, sean totalmente incompatibles?

Yo no lo acepto.

En la emisión, en la teoría ondulatoria sencilla, en los movimientos electrodinámicos, yo creo ver la evolución de la hipótesis mecánica; creo ver términos de una serie; creo que una lógica inevitable y superior se desliza por todos ellos: lógica que excluye el azar y el capricho.

Lo apunto como impresión, no lo afirmo con alarde dogmático.

Si se me permite un ejemplo más, yo explicaré con toda la claridad que pueda, lo que son para mí las hipótesis, y en el caso concreto de la Física-Matemática, lo que son las hipótesis mecánicas.

Ya que de hipótesis se trata, valga una hipótesis que desde luego declaro ser inusitada y extravagante.

Pero más que hipótesis es un símbolo para explicar mi pensamiento.

Supongamos que el Universo entero se reduce á una inmensa curva. Esa curva lo es todo: el Cosmos con su hervidero de fenómenos, la Naturaleza con sus misterios, casi me atrevería á decir que es lo absoluto, si

(c) Consejo Superior de Investigaciones Científicas http://arbor.revistas.csic.es
Licencia Creative Commons 3.0 España (by-nc)

no fuera porque hablar hoy de lo absoluto es vejez y atrevimiento, y pecado contra el espíritu moderno.

No existe, pues, más que la curva infinita, y cerca de uno de sus pequeños arcos, la inteligencia humana contemplándola y estudiándola.

Una curva, y ante ella un hombre, que nada nos cuesta suponer que es un sabio, y no está demás pecar por exceso de benevolencia.

No he podido simplificar más la creación.

Y ahora, discurramos, y emprendamos valerosamente el camino de las hipótesis.

Al estudiar el hipotético geómetra el pequeño arco de curva que tiene ante sí, claro es que no adivinará la naturaleza de la curva total; pero podrá suponer, y esta es la primera hipótesis, que el arco que estudia es *zona línea recta;* así, pues, para nuestro observador, una línea recta será la Naturaleza, y como la extensión que abarca es muy pequeña, porque suponemos la Ciencia en estado incipiente, los resultados que obtenga se acomodarán bastante bien á la experiencia, los errores podrán atribuirse á errores de observación y la hipó*tesis rectilínea* triunfará en todos los hechos observados.

Pero aquel sabio, ó algunos de los que le sucedan, extienden la esfera de acción de sus observaciones; abarcan una curva mucho mayor; la *línea recta* que simbolizaba para la generación precedente toda la Naturaleza, ya no coincide, o coincide mal, con la curva real, ó arroja errores que no pueden atribuirse á imperfecciones de la observación. La hipótesis rectilínea de la Ciencia va por un lado, y por otro lado, á mucha distancia, va la realidad; es decir, va la curva, que para nosotros la realidad representa. Con esto la hipótesis se desacredita, hay que inventar otra nueva; y entonces esta nueva generación de sabios, dice: «no, la Naturaleza no es rectilínea, la Naturaleza es circular». Y si la primera hipótesis fué una *línea recta,* la segunda es un arco de *círculo; y* entonces en todo el campo de la experiencia, la nueva hipótesis se impone, los grandes errores desaparecen, y el arco de círculo de la segunda hipótesis, que podemos suponer que es el círculo osculador, se adapta en la extensión de la experiencia á la curva real, que estamos estudiando.

La Ciencia experimental continúa su labor inagotable; estúdianse nuevos arcos, cada vez más amplios, de la curva real, y nuevos errores aparecen, nuevas discrepancias entre la circunferencia y la curva, que es como si dijéramos, nuevos fenómenos que no consigue explicar la hipótesis circular. Y la Ciencia teórica sigue en su evolución á la Ciencia experimental; y una tercera generación de sabios, desecha la segunda hipótesis, como sus predecesores habían desechado la hipótesis de la línea recta, con lo cual una tercera hipótesis aparece.

(c) Consejo Superior de Investigaciones Científicas http://arbor.revistas.csic.es
Licencia Creative Commons 3.0 España (by-nc)

La curva de la Naturaleza no es una línea recta, no es una circunferencia; para que la realidad concuerde con la teoría es preciso suponer, que la curva real es una cónica.

¿Y á qué fatigar á mis oyentes? las hipótesis se suceden en evolución progresiva; cada vez son más amplias, cada vez encajan más en la realidad, cada vez explican mayor cantidad de fenómenos, y ¿por qué no decirlo? cada vez son más perfectas.

¿Es que en esta progresión evolutiva, las primeras hipótesis fueron absurdas, ridículas, inútiles, quizá perjudiciales?

No, seguramente. Representaban la Ciencia de su época, prestaron inmenso servicio, prepararon nuevas teorías, y me atreveré á decirlo, no desaparecieron por completo, que hasta cierto punto, en las nuevas hipótesis están comprendidas las primeras, y todavía entre ciertos límites, pueden prestar verdadero servicio y substituirse con ventaja, por su natural sencillez, á hipótesis más perfectas.

Substituyó á la realidad inaccesible el idealismo científico, que en cada momento la simboliza y la representa, y da forma racional y matemática al empirismo de la experimentación.

Mas, por otra parte, ¿podemos abrigar la ambiciosa esperanza de abarcar la curva de la realidad de la Naturaleza, de recoger en su totalidad lo absoluto, aprisionándolo en nuestro cerebro y dándole las leyes de nuestra razón?

No, seguramente; ¿pero qué importa?

Persigamos por los siglos de los siglos á la curva de la realidad; y sin escrúpulo amontonemos idealismos, acercándonos todo lo posible á la Naturaleza, para que la Naturaleza nos dé su calor; que cuando el navegante toma por guía un astro sabe que á él no llegará nunca, pero que siempre le guiará; y maldice la niebla que lo empaña.

***

Hemos querido antes de empezar el análisis de la Crítica moderna, desvirtuar todo lo que tenga de escéptica ó de mal intencionada. La Crítica es sana, fecunda, indispensable, cuando desvanece errores, cuando señala puntos débiles en el armazón científico, cuando pone correctivo á las vanidades, cuando inspira una saludable desconfianza, cuando pide severa más exactitud y más verdad.

La Crítica es funesta y repulsiva, cuando es desahogo de la impotencia, ó cuando sólo se propone matar el entusiasmo y enflaquecer la fe en la verdad y en el progreso.

Afortunadamente, la Crítica científica no adolece de estos defectos: la pureza del ambiente la purifica; por eso hay que oirla con tranquilidad,

(c) Consejo Superior de Investigaciones Científicas http://arbor.revistas.csic.es
Licencia Creative Commons 3.0 España (by-nc)

estudiarla con simpatía, y criticarla si llega el caso, que también á la Crítica se la critica, con calma y sin pasión, para corregirla en sus exageraciones, que ella también exagera.

***

La Crítica moderna aplicada á la Física-Matemática, no se ha contentado con las generalidades de que hemos dado muestra en las líneas que preceden; ha ido directamente á los cimientos.

¿Cuál era la aspiración suprema de la Física-Matemática á fines del siglo xviii y en la primera mitad del siglo xix?

Ya lo hemos dicho.

Reducir todos los problemas de la Física á problemas de Mecánica.

Pues bien, la Crítica ha dirigido sus severos análisis contra la Mecánica y contra sus fundamentos más sólidos al parecer.

¿Hay algo más seguro, más firme, más severamente científico que la Mecánica celeste?

Pues la Crítica afirma, y tiene razón, que toda la Mecánica celeste se funda en varias hipótesis, y sobre todo en una, *la atracción newtoniana, á* saber: que en el espacio, en todo el, espacio que abarcan nuestros telescopios, y más allá, en los espacios infinitos, los cuerpos celestes se atraen proporcionalmente á las masas y en razón inversa del cuadrado de las distancias. Verdad es que Newton no dió esta ley como una realidad, sino como una hipótesis. Las cosas pasan –vino á decir– como si *los cuerpos se atrajesen* proporcionalmente á las masas, y en razón inversa de los cuadrados de las distancias.

Pero resultó tan natural, tan sencilla, tan grandiosa al mismo tiempo, y sobre todo tan fecunda dicha hipótesis; satisfizo de tal modo las ansias de unidad, que siente el ser humano, que pronto se olvidó que la nueva ley era una hipótesis; se la confundió con la realidad, y no se dijo, que Newton había propuesto la hipótesis de la atracción, sino que *había descubierto la atracción.* La atracción ya no era un *símbolo,* era una *realidad.*

Sin embargo, hoy la inmensa mayoría de los sabios no creen en ella: la admiten casi por tolerancia y por sus buenos servicios; pero niegan que sea un hecho, y casi la encuentran absurda y anticientífica.

¿Cómo se comprende –dicen– que un cuerpo ejerza acción sobre otro que está á miles y miles de kilómetros, allá en el fondo del espacio, y que reciba de él otra acción igual?

¡La gota de agua que se desprende de una fuente atrayendo al sol!

¡Neptuno, emperrado en llevar á sí la pluma con que escribo estas líneas!

(c) Consejo Superior de Investigaciones Científicas http://arbor.revistas.csic.es
Licencia Creative Commons 3.0 España (by-nc)

¡Un cuerpo cualquiera, ejerciendo sus atracciones á través del espacio ó en el vacío, sin nada que sostenga ni materialice esa atracción! ¡Una influencia semiespiritual que prescinde de las distancias! ¡Hacer algo un ser donde no está! Todo esto es absurdo, todo esto es incomprensible; espiritualismo disfrazado; metafísica gire traidoramente se insinúa en la Ciencia positiva: así discurre hoy la Crítica. En suma, *la acción á distancia* es imposible, según ella.

Ya veis que no achico las objeciones ni entibio el calor de disociación de la Crítica moderna.

Pero la atracción newtoniana es la base de la Astronomía, es el alma de la Mecánica celeste, y, por imitación, es casi el fundamento de la Física-Matemática, y aun de la Mecánica en general.

No me atreveré yo á sostener la acción á distancia; no diré que no choque con la parte externa y tosca de la realidad; pero no me parece tan clara ni tan evidente la cuestión. Si por asentimiento general puede asegurarse, que no penetramos en la esencia de las cosas; si á juzgar por la misma Crítica moderna, la realidad objetiva del espacio es dudosa, tal como el vulgo la comprende, ¿cómo al desvanecerse el espacio vulgar no han de desvanecerse las distancias? ¿y en tal caso, qué queda de la objeción? Nada: ni espacio ó sitio en que colocarla.

¿Quién nos dice que el espacio que vemos y los astros que en 61 se mueven no son algo así como la proyección de realidades que están en contacto, de suerte que las fuerzas atractivas no vienen á ser más que proyecciones también de algo real?

Entiéndase, que discurro valiéndome de los mismos argumentos que los nuevos escépticos emplean.

Y permítaseme una imagen, que dé forma plástica á mi pensamiento. Recordemos aquella caverna de la Filosofía platónica en cuyo fondo so proyectaban los objetos exteriores, y en que un observador vuelto de espaldas á la boca de la caverna, sólo conocía del mundo exterior las sombras y las luces que sobre el fondo del antro se pintaban.

Pues si en la parte exterior colocamos dos lámparas en contacto, unidas por fuerte resorte, cada una provista de un reflector parabólico, y pudiendo formar ángulos diversos los ejes según la tensión de los resortes, el observador de nuestro ejemplo, de espaldas á la luz directa, ni conocerá el resorte, ni conocerá las lámparas; sólo verá proyectados en el fondo de la caverna dos discos luminosos, como dos pequeños astros, y negará con soberbia de sabio satisfecho de sí mismo, que aquellos dos discos luminosos estén sujetos á atracción ni á influencia de ninguna clase.

(c) Consejo Superior de Investigaciones Científicas http://arbor.revistas.csic.es
Licencia Creative Commons 3.0 España (by-nc)

Y sin embargo lo están; unidos están, repito, por un resorte que él no ve, porque está vuelto de espaldas á la verdad.

Pues yendo más lejos, siguiendo á los pensadores modernos en sus atrevimientos, admitiendo los espacios de muchas dimensiones, imitando el ejemplo de la nueva Mecánica de Hertz, de que luego hablaremos, bien, puede admitirse la influencia á través del espacio de tres dimensiones, por fenómenos que se desarrollen en la cuarta dimensión.

No hago más que apuntar la idea, que me llevaría muy lejos, si pretendiese desarrollarla.

Yo no afirmo, pues, la acción á distancia; pero no acepto tampoco que se me imponga la negación, mientras no se penetre en el fondo de las cosas, que no se penetrará, al menos por ahora. Y lo que sí afirmo y en lo que todo el mundo está conforme, es que la acción á distancia, aun no siendo más que un convencionalismo, aun no siendo más que un símbolo, es tan cómoda, y de tan prodigiosa fecundidad, que no es fácil que la Ciencia renuncie á ella. Y tan no renuncia, que todos los libros modernos la aceptan en cierto sentido y emplean la acción á distancia, aun cuando sus autores, la nieguen como realidad.

Pero continuemos.

***

Aceptándola como realidad, como símbolo ó á modo de convencionalismo, la Crítica formula otra nueva objeción de enorme transcendencia, porque ésta si que pone en peligro los grandes principios de la Mecánica.

Nos referimos á la negación formulada contra *las fuerzas centrales.*

La Mecánica clásica puede decirse en verdad, que es la de las fuerzas centrales.

Si se toman en la Naturaleza dos elementos de materia, y se supone entre ellos una acción cualquiera, en casi todos los problemas de la Mecánica se admite, que esta acción está dirigida según la recta que une los dos puntos; que dicha acción va de uno á otro, de centro á centro, y recíprocamente.

Unid todos los puntos del Universo, dos á dos, por medio de rectas: pues en la dirección de estas rectas, sobre ellas, por decirlo así, actuarán todas las fuerzas del Universo, siempre de centro de materia á centro de materia: por eso se les llama fuerzas centrales.

Y la Crítica moderna, lo que hasta aquí se había considerado, ó como un resultado de la experiencia, ó como una aplicación del principio de la razón suficiente, lo pone en duda y lo señala y lo marca con carácter de hipótesis ó de puro convencionalismo. ¡Artificio, convencionalismo, falsedad! ¿Qué persona que aprecie en lo que vale, y en lo que no vale,

(c) Consejo Superior de Investigaciones Científicas http://arbor.revistas.csic.es
Licencia Creative Commons 3.0 España (by-nc)

su propio entendimiento, no condena lo artificial, lo convencional y lo falso?

¿Por qué –dice– si un punto material A está en presencia de otro punto material B, la acción que uno ejerza sobre otro ha de ser precisamente en la dirección A B?

Esto no es evidente, y en la misma experiencia hay ejemplos que lo niegan.

Imaginad una corriente eléctrica en la dirección de una línea recta, colocad el polo de un imán á cierta distancia, y veréis prácticamente, que el polo no se acerca á la recta, sino que gira alrededor de ella: la fuerza no va de uno á otro cuerpo hasta encontrar á ambos.

Aunque reconozco que el ejemplo aparentemente tiene fuerza, ya que de fuerza se trata, á mi entender no es terminante, ni prueba lo que se pretende probar; porque ni el polo ni la recta son dos elementos sencillos, sino dos sistemas complejos, cuyas acciones recíprocas pueden reducirse á una fuerza y un par; pero la índole de este escrito no me permite entrar en una discusión que dilucide por completo la objeción, la dificultad o la paradoja.

De todas maneras, tampoco me parece que la existencia de las fuerzas centrales sea terminante, pues el principio de la razón suficiente, aplicado á dos puntos materiales y apurando los términos, daría algo así como un hiperboloide de fuerzas en vez de una fuerza única.

Ello es que antes las fuerzas centrales eran aceptadas sin repugnancia; más aún, se imponían con cierto carácter de evidencia: hoy la desconfianza cunde, y como se duda ó se niega la acción á distancia, se duda, por lo menos, que todas las fuerzas del Universo sean fuerzas centrales.

Y es un desencanto y un dolor, porque todos los que me escuchan saben cuánto simplifican las fuerzas centrales los problemas de la Mecánica: por ellas es la Astronomía lo que es, y si de ellas se prescinde, ¡qué complicaciones tan inmensas!

La *conservación de las fuerzas, el* gran principio del Universo físico, uno de los fundamentos de la Física-Matemática en el desarrollo histórico de esta Ciencia, es una consecuencia matemática de las ecuaciones de la Dinámica; y si de las fuerzas centrales se prescinde, si se quiere conservar el principio, hay que acudir á la experiencia. Lo que era un principio *a priori,* casi del orden racional, quiero decir, que la razón matemática imponía al Universo, desciende de categoría, y se convierte en ley empírica, en mero resultado de la experiencia. Y hay que estarlo comprobando constantemente en todos los fenómenos: la conservación de la fuerza en el calórico, la conservación de la fuerza en los fenómenos eléc-

(c) Consejo Superior de Investigaciones Científicas http://arbor.revistas.csic.es
Licencia Creative Commons 3.0 España (by-nc)

tricos, la conservación de la fuerza en la luz, la conservación de la fuerza en la elasticidad, la conservación de la fuerza en la teoría cinética de los gases, la conservación de la fuerza en los fenómenos químicos.

En cambio en la hipótesis mecánica, y en la teoría de las fuerzas centrales, ¡qué fácil y qué sencillo es deducir este principio de la consideración de las ecuaciones generales de la Dinámica, y cómo simplifica los problemas aquella observación elemental, de que las componentes de cada fuerza son las derivadas parciales de una función potencial!

¡Qué unidad, qué armonía en el sistema! ¡y con qué desdén puede rechazarse el sueño ó el delirio del movimiento continuo!

Ved si con razón decimal principio, que la Crítica moderna, con su análisis muy sabio, pero muy cruel, ponía en punto de crisis no sólo la Física-Matemática, sino la Mecánica clásica á que todo el mundo llamaba la Mecánica, racional.

Y continúa la Crítica su labor despiadada y su análisis justiciero contra todos los principios de la vieja Mecánica. Newton había dicho: que la reacción era igual y contraria á la acción. Que si el punto A atraía al punto B con una fuerza F, á su vez el punto B atraería al punto A con la misma fuerza F.

Pero, si la acción á distancia no existe, si no existen las fuerzas centrales, ¿qué sentido puede tener este principio de Newton?

Tenía un sentido preciso en la antigua Mecánica, y la llamo antigua aunque en rigor todavía existe y domina, y no es tan fácil que cese en su dominación. En efecto, la acción entre dos puntos materiales de masas M y M' y situados á la distancia D, es de la forma general $M M' / f (D)$: el principio resulta por lo tanto una traducción de la fórmula. Para ambos puntos las dos masas .y la distancia entran de la misma manera: las masas por su producto; la distancia, que es la misma, está dentro de la misma función en el denominador; y en fin, los puntos de aplicación de la acción y la reacción son los dos puntos materiales. Todo aquí es claro y sencillo; y renunciando en cambio á estas hipótesis ó á estos convencionalismos, la claridad de la Ciencia se obscurece por completo.

Cuando acabe esta crisis, es seguro que brillará la verdad con mayor esplendor; pero entre tanto, la confusión es dolorosa para los antiguos creyentes: como para el creyente que pierde su Dios y sus altares, su fe y sus esperanzas.

Ni aquí se detiene el análisis de la Crítica: ahonda más y llega á la fuerza misma, y llega á la masa, y como puso en duda la conservación de la fuerza, ó mejor dicho, de la energía, pone en duda la conservación de

(c) Consejo Superior de Investigaciones Científicas http://arbor.revistas.csic.es
Licencia Creative Commons 3.0 España (by-nc)

la masa, el gran principio de Lavoisier, el cimiento más firme de la Química, ¡á qué no llegará el espíritu destructor de la Crítica moderna!

¡Qué mucho, que á la sociedad y á la familia y á la propiedad y al derecho se atreva, cuando no respeta la Mecánica que durante tantos arios en el espíritu de las gentes se había confundido casi con la realidad!

***

Veamos lo que dice de la fuerza.

No es ya que se niegue la acción á distancia; no es que se nieguen las fuerzas centrales; no es que se rechace el principio de igualdad entre la acción y la reacción, es que se pretende prescindir de la fuerza, y hasta hay quien la niega ó prescinde de ella al fundar una nueva Mecánica.

¡Fundar una Mecánica sin fuerza!

Pues á eso se llega y llegan hombres eminentes.

Y otros niegan la masa, como mero convencionalismo ¡y pretenden fundar una Mecánica sin masas!

No hay que dudarlo, el modernismo ha penetrado triunfante .y destructor en la misma Mecánica racional.

Como modelo extraño, pero digno de estudio, de una de estas Mecánicas, citemos la del célebre Hertz.

Y ya lo observan mis oyentes, no se trata de un aventurero, que también en estas puras regiones los hay; no ya de soñadores, ni de ignorantes presuntuosos, que siendo incapaces de comprender la Ciencia que existe, pretendan fundar una nueva Ciencia para su uso particular y á la liliputiense altura de su ruin inteligencia.

Trátase de Hertz, una verdadera gloria del progreso moderno: el que dió realidad en sus célebres experiencias á las magníficas teorías matemáticas de Maxwell sobre la electricidad y el magnetismo; y en la Ciencia práctica el que ha hecho posible el telégrafo sin hilos. Nobilísima y poderosa asombro y su confusión con frases análogas á estas: « que no sólo le parecían las nuevas ideas absurdas ó ininteligibles, sino que dado el caso de que el autor las hubiera expuesto en el examen elemental de cualquier Liceo, hubiera obtenido nota inevitable de reprobación, no sólo por los errores cometidos, sino por haber demostrado con sus singulares lucubraciones que no había llegado á comprender ni una sola palabra de la Mecánica clásica ».

¡Cómo cambian los tiempos y las ideas y los juicios de los hombres!

Algunos años más tarde se publicaba la Mecánica do Hertz, con un prólogo por todo extremo laudatorio del célebre Helmholtz, una de las glorias más legítimas de la Ciencia; y recientemente dedica á esta obra frases de respeto y de simpática, admiración Mr. Poincaré, que en Matemáticas puras y en Física-Matemática es autoridad suprema, y que acaba de publicar

(c) Consejo Superior de Investigaciones Científicas http://arbor.revistas.csic.es
Licencia Creative Commons 3.0 España (by-nc)

dos libros de Crítica científica titulados «La Ciencia y la hipótesis» y «El valor de la Ciencia», que son verdaderamente admirables, por la profundidad del pensamiento, por la severidad del juicio y por el alto ingenio que revelan, siquiera á veces parezca brotar de sus páginas cierto escepticismo tranquilo, templado al punto por un profundo amor á la Ciencia.

El espíritu de la Mecánica de Hertz puede condensarse en brevísimas frases.

La Mecánica clásica se convierte en una especie de Cinemática y entre los diferentes puntos existen enlaces establecidos por substancias invisibles: y esto es todo.

Podemos tomar una comparación, que ilustre el anterior concepto, en las teorías modernas del espacio, materializando en cierto modo lo que la idea anterior tenga de obscura.

Supongamos que el espacio se reduce á un plano, que en ese plano se mueven y viven seres, que ignoran la tercera dimensión del espacio, ostras intelectuales, y perdóneseme la inteligencia, que por sus trabajos, por un lado linda con las admirables adivinaciones de Maxwell, y por el otro con la transmisión de la onda que lleva su nombre en el telégrafo de Marconi.

Pues bien, Hertz, como otros muchos físicos eminentes, como el gran matemático Poincaré, encuentran dudosos, imperfectos .y á veces contradictorios los principios fundamentales de la Mecánica clásica.

Ni hallan medio de definir la fuerza, ni aciertan á definir la masa; y el admitir á la vez estos dos elementos, es para muchos algo así como una superfetación origen de mil confusiones.

Prescindamos de la masa, dicen unos, quedémonos sólo con la fuerza: y el Universo se convierte en algo á manera de inmensa urdimbre; red colosal de tres dimensiones, cruzamiento de líneas de fuerza en que los nudos, por decirlo de este modo, fingen las apariencias de la masa.

Prescindamos de la fuerza, dicen otros, quedémonos con las masas y el movimiento: y la Mecánica será una especie de Cinemática.

Y aquellos y éstos están conformes en que admitir al mismo tiempo la masa y la fuerza, es una concepción infantil, primitiva y casi ridícula. Se engancha la fuerza á la masa –dicen– como se engancha el caballo al carruaje del cual ha de tirar por el estímulo de oportunos latigazos.

Yo no puedo en este momento, sin convertir mi discurso en un libro, dar idea, siquiera aproximada, de la Mecánica de Hertz; pero permítaseme recordar algo, que no deja de ser curioso e instructivo.

He leído, no sé dónde, que al tener conocimiento de la Mecánica de este físico, el eminente matemático M. Bertrand, autoridad de primer orden en cuestiones de Matemáticas y de Física-Matemática y sabio entre

(c) Consejo Superior de Investigaciones Científicas http://arbor.revistas.csic.es
Licencia Creative Commons 3.0 España (by-nc)

los grandes sabios dé la pasada centuria, mostráse confuso y asombrado, expresando su imagen; y que los puntos que en ese plano se mueven y forman como la Naturaleza del mundo imaginario de nuestra hipótesis, están enlazados, sin embargo, en el resto del espacio, que es invisible é inaccesible para los seres inteligentes y fantásticos, que viven achatados en aquel universo superficial.

La Mecánica que estos seres establecieran á fin de explicar los fenómenos del mundo visible, acaso sería la Mecánica de las fuerzas; y, sin embargo, algunas de tales fuerzas no existirían, al menos en el plano .y sería necesario para explicarlas acudir á los enlaces del resto del espacio: en el fondo serían fenómenos cinemáticos, no fenómenos mecánicos.

La Cinemática es lo que más se aproxima á las Matemáticas puras: puntos, velocidades, aceleraciones, trayectorias.

Así es que en la Mecánica de Hertz las masas son coeficientes numéricos, y suprimiendo masas y fuerzas, se puede suprimir casi toda la parte experimental, dejando de la Mecánica, la parte puramente matemática.

Es un esfuerzo, en suma, para salvar á la Mecánica de los rudos embates de la Crítica moderna.

Esfuerzo inútil, porque la Crítica á todas partes llega.

***

Condensemos en breves líneas, sin muchas explicaciones, porque no tenemos tiempo para ello, su capítulo *de cargos* contra la Mecánica racional.

Acción á distancia y fuerzas centrales: inaceptable la primera, hipotéticas las segundas; puntos ambos de que hemos tratado ampliamente.

El principio de inercia: la Crítica moderna afirma que ni es un principio *a priori*, ni es un hecho experimental, sino más bien un convencionalismo de la Ciencia.

La masa, la fuerza y *la* aceleración: conceptos mal definidos y entre los que resulta cierto dualismo, ó mejor dicho, cierto círculo vicioso al formular sus definiciones.

Movimiento absoluto de los cuerpos y espacio absoluto, que son pura ficción.

Tiempo absoluto, que es otra ficción; y medida del tiempo por la igualdad de fenómenos físicos idénticos, idea puramente convencional, sin fundamento ir priori y sin comprobaciones experimentales posibles.

En verdad que *no* sé qué pueda quedar en pie de la Mecánica clásica, tras esta serie de negaciones, como no sean las fórmulas: fórmulas algebraicas de gran simetría y hasta de gran belleza artística., pero sin fun-

(c) Consejo Superior de Investigaciones Científicas http://arbor.revistas.csic.es
Licencia Creative Commons 3.0 España (by-nc)

damento sólido en la razón y sin comprobación práctica en la experiencia: decimos esto admitiendo el nuevo orden de ideas.

Tales son las consecuencias de la Crítica moderna.

Y he de señalar una circunstancia gravísima, que ya he apuntado anteriormente, y que da á todos los resultados de este análisis una fuerza verdaderamente excepcional; y es que la nueva Crítica la ejercitan sabios eminentes, los de más competencia en asuntos matemáticos, los de razón más sólida, los que han alcanzado mayores triunfos en las Matemáticas puras, en la Mecánica y en la Física-Matemática, los que no censuran ni por malhumorados con una Ciencia que les fuera ingrata, ni por ligereza de carácter.

Y el movimiento crítico se extiende á todas las naciones que marchan á la cabeza de la civilización.

Al ver á maestros ilustres, que parecían tener el monopolio y ejercer la hegemonía en las Ciencias exactas, afirmar que no son tan exactas como parecen ser, que están plagadas de definiciones arbitrarias, de resultados contradictorios, de numerosos convencionalismos y de postulados indemostrables, hay que respetar la severidad de su pensamiento y la abnegación de sus declaraciones; pero confesemos que se presentan ante los humildes creyentes, como sacerdotes que reniegan de sus propios ídolos y que derriban sus propios altares.

Al ver á tantos y tantos ilustres críticos descargando, uno tras otro, repetidos y tremendos golpes de ariete contra la Ciencia del siglo xix, recuerdo, por no sé qué extraña asociación de ideas, la memorable noche del 4 de Agosto, en que la nobleza de Francia, y aun el clero y todos los órdenes de la Asamblea, arrastrados por una fiebre noble y patriótica, y queriendo demostrar su amor á la Justicia y al Derecho, abdican en tropel y en competencia sus privilegios, sus prerrogativas, sus antiguos derechos, arrojando las ruinas del viejo mundo feudal, aristocrático y absolutista ante la nueva Justicia y el nuevo Derecho.

Nada más hermoso, nada más conmovedor; pero aquel movimiento tan conmovedor .y tan hermoso, todos sabéis cómo acabó: la escena final fué sangrienta.

La nueva aristocracia del saber, al renunciar á sus privilegios de certeza y de rigor matemático, temo yo que acabe provocando, no derramamiento de sangre, pero sí una explosión de escepticismo, que también sería triste desenlace; para el pensamiento hay también su siniestra guillotina.

Verdad es, que uno de los más ilustres críticos termina la obra que antes citamos con hermosísimos capítulos sobre la Ciencia en sí, la realidad y el cultivo dé la Ciencia por la Ciencia.

***

(c) Consejo Superior de Investigaciones Científicas http://arbor.revistas.csic.es
Licencia Creative Commons 3.0 España (by-nc)

Pero no es esto todo: no se contentan los pensadores modernos con hacer cruel análisis de la Física-Matemática, que al fin es doctrina, que siempre estuvo sujeta al fallo supremo de la experiencia.

No se contentan con triturar la Mecánica clásica, en la que hay que confesar que se mezclan, á veces sin criterio, la Ciencia experimental, el convencionalismo más ó menos cómodo, las definiciones más ó menos arbitrarias; por más que den trabazón á estos diferentes materiales los principios puros de las Matemáticas.

Cuando el hombre se da á pensar y á martirizar su pensamiento, no se contenta con tan poco: ahonda y ahonda cada vez más, y después de acabar la Crítica con la Mecánica clásica, hasta con las Matemáticas puras se atreve.

No admite que las Matemáticas sean una aplicación de la Lógica, y que el principio de contradicción por una parte, y el silogismo por otra, sean sus medios de investigación y de demostración; porque consideran al primero como estéril y como estéril á la Lógica, y sólo encuentran, como explica admirablemente Mr. Poincaré, un principio fecundo de demostración en el llamado de *recurrencia, y* perdóneseme la palabra.

Expongo someramente, no juzgo, pero en todo caso, creo que las Matemáticas no son la *aplicación lineal,* por decirlo de este modo, del silogismo, sino más bien una red tupida de silogismos que se entrecruzan, y que forman una gran lógica de muchas dimensiones.

Comprendo que expongo con obscuridad mi pensamiento; pero tampoco pudo desarrollarlo más en este instante.

En cuanto ti la Geometría, basta que recuerde la Geometría no euclidiana en contraposición á la Geometría clásica de Euclides.

Y por si con esto no bastase, citemos el espacio de n dimensiones, ante el cual el viejo espacio de tres dimensiones á que estamos acostumbrados, con ser infinito según unos, con ser incomprensible según otros, con reducirse á una forma de nuestra sensibilidad en opinión de muchos, y con ser puramente relativo según los más, aparece como un modestísimo y vulgar espacio, viejo burgués del Cosmos, ante los formidables anarquistas de la extensión cuyas dimensiones, no pudiéndose contar por números, acuden á las letras del alfabeto.

Árida es la relación que precede, bien lo conozco; pero yo necesitaba justificar la tesis de este discurso, por lo formidable y lo revolucionario de las ideas, por la calidad excepcional de los actores, que son los matemáticos más ilustres de la época presente, y por el fantasma del escepticismo, que pudiera ser, no digo que sea, y aun estoy seguro que no será, el término de esta evolución sin ejemplo.

(c) Consejo Superior de Investigaciones Científicas http://arbor.revistas.csic.es
Licencia Creative Commons 3.0 España (by-nc)

Sin ejemplo, no precisamente por lo que es en sí, sino por su grandeza y extensión.

***

Dije que las Ciencias exactas estaban en crisis, desde las Matemáticas puras, respecto á las que por la índole de este discurso poco he podido decir, hasta la Física-Matemática, á la cual voy á concretarme ahora más particularmente.

Pero como la materia es casi inagotable, y como este trabajo va siendo sobradamente extenso, voy á escoger tan sólo de toda la Física-Matemática, tres grandes ramas: el calor, la luz y la electricidad.

Las teorías en la Física-Matemática, tienen el mismo objeto que las teorías de todas las Ciencias: explicar los fenómenos naturales; pero esta palabra *explicar,* sí que requiere una *explicación.*

Explicar un fenómeno, no puede tener en la Ciencia moderna más que un sentido.

En tiempos en que prevalecía la Metafísica, y en que una Filosofía que de aquélla arrancaba, era por todos los pensadores acogida con afán y sin desconfianza, explicar un fenómeno era penetrar en su esencia íntima, descubrir sus misterios, poner en algún punto al menos en contacto la razón humana con lo absoluto divino.

Y hay que confesar, que si este fuera el objeto de la Ciencia, para no pocos sabios la Ciencia habría hecho bancarrota, como asegura un ilustre escritor.

Pero la Ciencia moderna, con ser admirable y poderosa, á pesar de sus errores .y deficiencias, no aspira á tanto; aspira á mucho menos.

Hoy para la mayor parte de los sabios, explicar los fenómenos de la Física-Matemática, no es más que reducirlos á otros fenómenos vulgares y conocidos, de los que vemos con los ojos y tocamos con las manos: de los que penetran por nuestros sentidos.

Es un trabajo de agrupación y clasificación.

Tal fenómeno tiene apariencias extrañas, singularísimas, es algo nuevo y excepcional; pues estudiándolo, sometiéndolo á la experiencia, descomponiéndolo en sus elementos, y ayudándonos un poco en la empresa con una buena hipótesis, nos encontramos con que las apariencias del fenómeno eran engañosas.

En el fondo no había más que unos cuantos hechos, idénticos, por su naturaleza á los que vemos todos los días y que podremos medir, y resolverlos en números, y someterlos al cálculo, como medimos y numeramos tantos otros hechos de la vida vulgar.

Y entonces, dice la Ciencia que hemos explicado el fenómeno.

(c) Consejo Superior de Investigaciones Científicas http://arbor.revistas.csic.es
Licencia Creative Commons 3.0 España (by-nc)

¿Es que hemos penetrado en lo más profundo del fenómeno mismo?

No en verdad.

Es que hemos colocado en la misma categoría, en la misma clasificación puede decirse, que otros fenómenos ya clasificados, el que con nuevas y extrañas apariencias se nos presentó.

Me explicaré más claramente.

En el cielo vemos movimientos de masas ponderables, que son los astros; es decir, movimiento de la materia y como consecuencia una sensación visual en la retina.

El calor de los cuerpos produce en cambio una sensación en los nervios de la piel. Pero si esta sensación fuera producida por la vibración, es decir, por el movimiento de las partículas de los cuerpos, ambos fenómenos, el astronómico y el molecular, serían idénticos, y podrían clasificarse juntos; ambos serían el mismo fenómeno: movimiento de la materia. Sólo que aquéllos, los del espacio planetario, afectarían uno de nuestros sentidos; los otros, los del cielo microscópico, afectarían otro sentido distinto, y podrá decir el hombre de ciencia, que ha explicado el calórico, porque lo ha clasificado en el grupo de los fenómenos más visibles, más vulgares y más comunes.

Movimiento de grandes masas en un caso, movimiento de pequeñas masas en otro; sin que esto signifique, que la explicación dada tendiera á penetrar en lo absoluto, porque siempre quedarían, en uno y otro caso, como inexplicables, la materia, el movimiento y la causa del movimiento, sin contar con la sensación, que es otro problema.

Se fundó, pues, la Termodinámica partiendo de la hipótesis mecánica, y gran número de sabios pretendieron aplicar á los fenómenos del calórico los principios de la Mecánica racional.

Dos grandes leyes aparecían en primer término en los fenómenos caloríficos: la ley de Meyer .y el principio de Carnot.

Toda cantidad de calórico medida en el calorímetro, es proporcional á una cantidad determinada de trabajo, ó si se quiere de fuerza viva; y el calórico y el trabajo, se transforman uno y otro en cantidades constantes. Á cantidades iguales de calórico, corresponden cantidades iguales de trabajo o fuerza viva.

Pero esta proporcionalidad, que puede considerarse como un hecho experimental, hubiera podido afirmarse la priori., porque si el calórico es fuerza viva de las partículas de los cuerpos, por kilográmetros ha de expresarse forzosamente.

El principio de Carnot era al parecer el más complejo, y resistía terco, si se nos permite esta palabra, ó cedía de mala gana, á los esfuerzos de la Mecánica.

(c) Consejo Superior de Investigaciones Científicas http://arbor.revistas.csic.es
Licencia Creative Commons 3.0 España (by-nc)

Se proponían multitud de demostraciones, desde la teoría del Viriel, hasta la dada por Helmholtz, aplicando las ecuaciones de Lagrange; pero ninguna satisfacía por completo.

Y sin embargo, eran á mi entender esfuerzos bien dirigidos; y sobre todo la teoría de Helmholtz, si no perfecta, me parece aceptable y en gran parte satisfactoria.

Verdad es, que no explica los ciclos irreversibles; pero es que en rigor en tales ciclos se trata de un problema mucho más complicado, que el problema elemental de la Termodinámica; y dispénsenme mis oyentes, si por la naturaleza de este discurso no entro en más pormenores.

¿Qué tienen que ver, preguntaré sin embargo, y valga este ejemplo, las leyes regulares de un sistema solar con el choque de un cuerpo, que destruya uno de los planetas?

Ello es que la Crítica se ha ensayado con la hipótesis mecánica del calórico, poniendo en relieve, y casi sin apelación, todas sus deficiencias; y en cambio, las altas Matemáticas, no han hecho en pro de esta teoría los esfuerzos sublimes, que han realizado en la Astronomía, en la Óptica mecánica y en la Electricidad.

Carnot, que por un rasgo de genio, estableció su célebre principio, partiendo de una hipótesis falsa, cual es la substancialidad del calor, ha tenido la suerte de que el principio que lleva su nombre subsista en la nueva Termodinámica.. Y así va atravesando todas las transformaciones de la teoría mecánica del calor, y plegándose á todas las teorías: explicado y ampliado por el ilustre Clausius, demostrado por Helmholtz, bien acogido por la Termodinámica experimental, y sirviendo de base á todas las aplicaciones prácticas de dicha teoría.

Pero la Crítica tiende á achicar cada vez más la hipótesis mecánica., y aun á prescindir de ella.

Los dos principios fundamentales, el de Meyer y el de Carnot, que así se llaman; la teoría cinética de los gases; la teoría extraña y un tanto nebulosa de la entropía, que el insigne Bertrand, espíritu claro y preciso y también de crítica implacable, declara con desdeñosa humildad, que no comprende, y que sólo puede admitirse la demostración para un caso particular; la teoría, en fin, de las funciones características, cuya aplicación puede ser tan fecunda en la Química, todo esto, hace de la Termodinámica moderna una región científica brillante, pero poco precisa todavía, y materia muy dispuesta para la censura y para la crítica.

Aquí más que en ninguna otra rama de la Física-Matemática se mezclan y se revuelven las hipótesis, la experiencia y las teorías puras de la Mecánica; y á veces hasta se acude á principios metafísicos como el de la

(c) Consejo Superior de Investigaciones Científicas http://arbor.revistas.csic.es
Licencia Creative Commons 3.0 España (by-nc)

imposibilidad del movimiento continuo, que es una especie de postulado de Euclides, en el orden de la Mecánica, porque es un concepto racional, si se admite la teoría de las fuerzas centrales, pero no lo es en el caso contrario.

Y otras veces se acude á otra especie de postulado, admitiendo que el calórico no puede pasar por sí mismo de un cuerpo de menor temperatura á otro de temperatura más alta; á lo cual podría oponerse el ejemplo modernísimo del radium, aunque sobre esta contradicción, yo, si tuviera tiempo, haría algunas salvedades.

En suma, la Crítica rechaza casi por completo, la aplicación de la Mecánica racional y del movimiento de las masas ponderables y del éter, como explicación de los movimientos caloríficos.

Y es que si se me permite esta opinión, yo creo que el problema no se ha planteado en toda su grandeza, y valga esta palabra. El problema se ha desarrollado, por decirlo de este modo, históricamente.

No se ha dicho: aquí hay un cuerpo, que es un verdadero sistema astronómico, sus moléculas y sus átomos son sus astros, y estos astros se mueven bajo la acción de ciertas fuerzas.

Enfrente hay otro cuerpo en las mismas condiciones.

Y entre los dos existe el éter.

Lo que en la experiencia vulgar se llama temperatura, ¿qué es en estos sistemas, y cuándo, uno ante otro, estarán en equilibrio?

Si cada sistema se reduce á un solo átomo, el problema es relativamente sencillo: en toda su generalidad es mucho más difícil; pero á la verdadera solución matemática se han substituído leyes empíricas, que ya la antigua Física daba con el nombre de « equilibrio de temperaturas », y en todo el desarrollo de la Termodinámica, la confusión de origen subsiste, con lo cual la Crítica abre anchas brechas por las que penetra triunfante.

En resumen, hace treinta arios, para explicar la Termodinámica en una clase de Física-Matemática, partiendo de la hipótesis mecánica, bastaba tomar por guía, pongo por ejemplo, la excelente obra de Briot; hoy en verdad, no se sabe a dónde acudir, si aquella hipótesis, que yo creo natural y fecunda, ha de ponerse á salvo.

Al hablar del calórico, en un curso de Física-Matemática, dos grandes problemas aparecen: el primero es el que ya hemos reseñado, que es el más profundo, el más general, y el que en rigor lo abarca todo en este orden de ideas.

El segundo es más modesto, y pudiera titularse: de la propagación del calórico; y yo creo que debiera ser el primer capítulo de la Termodinámica.

(c) Consejo Superior de Investigaciones Científicas http://arbor.revistas.csic.es
Licencia Creative Commons 3.0 España (by-nc)

¿De qué modo el calórico pasa de un cuerpo á otro, y en el mismo cuerpo, según qué leyes se distribuye?

En rigor este problema es el mismo que planteábamos antes al hablar de aquellos dos sistemas astronómicos en miniatura, que uno ante otro buscan su equilibrio de vibración, que es como buscar su equilibrio de temperatura.

Pero Fourier, en su admirable teoría, partió de una sencilla hipótesis, en la que consideró á la temperatura como una de tantas magnitudes de la Física experimental. Y volvemos á repetir lo que antes dijimos: la hipótesis era tan sencilla; tan aceptada era por todos los físicos, que no veían más que la parte experimental; tan aceptada por todos los matemáticos, que no veían más que los elementos diferenciales propios para plantear dentro de la ley lineal las ecuaciones diferenciales del problema, que ni antes ni después ha extremado sus rigores la Crítica contra esta teoría.

Ya lo dice Mr. Poincaré en su estilo claro, elegante y preciso.

« Entre las teorías de esta época. una sola debe exceptuarse de la tendencia general, la de Fourier, para la propagación del calor. Hay en ella átomos, y aun actúan á distancia unos de otros, pero es para enviarse mutuamente calor: ni se mueven ni se atraen. Desde este punto de vista, la teoría del ilustre matemático debió parecer á sus contemporáneos, y aun al mismo Fourier, como imperfecta .y puramente provisional.»

Y en efecto, si en ella se consideran los desarrollos matemáticos, es una teoría admirable, que ha inmortalizado á su autor; pero si se atiende á la hipótesis, hay que reconocer que es poco satisfactoria, y de escasos vuelos.

Suponer que manda calor una molécula á otra, no es penetrar en el fondo del fenómeno; porque no hay quien admita hoy que el calor es una substancia, una emanación, como las emanaciones modernas del radium, un efluvio material en suma: entre las hipótesis definitivamente desechadas, ésta es una de ellas: quiero decir la de la substancialidad del calor.

Puede tomarse como símbolo de un hecho material, símbolo acaso cómodo para el problema concreto de que se trata; pero nada más.

Yo creo, que lo que una parte del cuerpo manda á otra, es una vibración, es un movimiento que circula. Bien es verdad, que en uno y otro caso, se viene á parar á las mismas ecuaciones diferenciales; pero esto no explica ni la naturaleza del calor, ni el concepto de temperatura.

De todas maneras, como la hipótesis nada prejuzga de un modo definitivo, y como todo el resto de la teoría se compone de desarrollos puramente matemáticos: integración de ecuaciones, problemas sobre límites, y determinación de funciones arbitrarias de la integración, la Crítica

(c) Consejo Superior de Investigaciones Científicas http://arbor.revistas.csic.es
Licencia Creative Commons 3.0 España (by-nc)

moderna se ha mostrado tolerante, según decíamos, con esta parte de la Física-Matemática, en la que, á decir verdad, hay la menor cantidad posible de Física-Matemática.

Resumiendo: la Física-Matemática del calor está en crisis; la hipótesis mecánica está en baja; la tendencia universal es la de abandonar toda hipótesis y hacer de la Termodinámica una Ciencia de base experimental y puramente experimental, dando este carácter á los dos principios, el de Meyer y el de Carnot ó Clausius.

Y sin embargo, ¿qué resistencia vital tiene el idealismo!; aun dada esa tendencia, la Termodinámica es una de las partes de la Física-Matemática, que muestra más audacia en sus concepciones: dígalo si no la entropía, que hasta se atreve á predecir el fin de los mundos por la uniformidad de temperatura; dígalo el problema de los ciclos irreversibles; dígalo en fin la atrevida aplicación de la Termodinámica á la Química, y las un tanto obscuras, pero profundas y fecundísimas concepciones de Gibbs.

***

Pasemos ya á la teoría de la luz.

La teoría matemática de la luz es en el orden de la Física la creación más prodigiosa del ingenio humano.

Compite, en cierto modo, lo hemos repetido varias veces, con la Mecánica celeste.

La hipótesis de que parte, es la más sencilla, la más natural: la existencia del éter; .y todos los fenómenos luminosos se explican por la vibración transversal de esta substancia hipotética. El resto pertenece á la Mecánica y al cálculo.

Casi pudiéramos decir que pertenece á las Matemáticas puras. El espíritu humano crac; en el éter el mundo de la luz, sus fenómenos los explica por leyes matemáticas, y llega al grado supremo de perfección á que pueden llegar las Ciencias: predecir fenómenos antes nunca vistos, como sucede en la teoría de la refracción cónica. Huigens, iniciando la idea fundamental de la vibración; Fresnel, sometiendo aquella hipótesis á fórmulas matemáticas como poderoso creador; Cauchy, con sus admirables trabajos, y después de él una serie de grandes matemáticos desarrollando y perfeccionando la teoría de la vibración etérea, han constituído un cuerpo de doctrina, que todavía domina en la Ciencia, que dominará por mucho tiempo, y que es de suponer, que por grandes que sean las transformaciones que reciba, siempre subsistirá como expresando con cierto grado de aproximación grandes leyes de la Naturaleza. Porque sucede en casos como este, y permítaseme la comparación, lo que sucede con la con-

(c) Consejo Superior de Investigaciones Científicas http://arbor.revistas.csic.es
Licencia Creative Commons 3.0 España (by-nc)

vergencia de las series. Cuando se quiere apreciar mayor grado de exactitud, hay que tomar en cuenta mayor número de términos; pero cuando cierta aproximación basta, basta también con unos cuantos términos de la serie.

La teoría de la luz ha explicado por mucho tiempo, por manera admirable, la mayor parte de los fenómenos de la óptica.

La óptica experimental y la óptica matemática, por decirlo de este modo, se ajustaban á maravilla, y la creación de Fresnel dominaba con señorío absoluto.

Pero la Ciencia experimental no cesa en sus trabajos, cada vez descubre nuevos fenómenos, cada vez sus exigencias son mayores, y á cada momento se dirige á la teoría diciéndole: «explica esto, y esto, y esto más».

Y al fin y al cabo, como ninguna teoría abarca la Naturaleza en su totalidad, como ninguna expresa lo absoluto, un momento llega en que las fórmulas matemáticas dicen: «no podemos más»; y si bien no explican ciertos fenómenos ó los explican de una manera torpe y premiosa, y este es momento de crisis para aquella teoría: ó crisis superficial, ó crisis profunda, según los casos.

Ya hay en la óptica mecánica algunos fenómenos, por ejemplo el de la dispersión, que la teoría vibratoria explica con dificultad, y para explicarla hay que complicar la hipótesis primitiva; pero así y todo la teoría matemática de la luz es tan sólida, que estas dificultades internas poco á poco van desapareciendo, y las vence en parte, y aun tiene la esperanza de vencerlas en la totalidad.

Pero la gran crisis de la teoría undulatoria, no viene de ella misma, viene de fuera, viene de la complicación de los fenómenos lumínicos con los fenómenos de otras ramas de la Física-Matemática: que llegar á la unidad de toda la Ciencia cuesta mucho, y en las fronteras nacen, como siempre, los conflictos.

La teoría de la luz constituye una unidad tan satisfactoria como pueda esperarse de la imperfección humana; pero cuando el éter luminoso se pone en contacto con los fenómenos caloríficos, y después con los fenómenos eléctricos, y al fin. con el magnetismo, la crisis empieza; y día llegará en que tenga que armonizarse con los fenómenos químicos y entonces se desarrollará la verdadera crisis.

Al fin y al cabo hasta ahora, no han sido los conflictos grandes entre la luz y el calor, por lo mismo que no se ha extremado la teoría de este último en el orden matemático, y por lo mismo que la hipótesis mecánica aplicada á la Termodinámica no inspira gran interés en estos últimos tiempos.

(c) Consejo Superior de Investigaciones Científicas http://arbor.revistas.csic.es
Licencia Creative Commons 3.0 España (by-nc)

Por lo demás, en el espectro luminoso, parece que coexisten en buena armonía las vibraciones luminosas, los rayos ó las vibraciones caloríficas y aun los rayos que se llaman químicos: basta variar la longitud de la onda para pasar de unos á otros. Y digamos ahora, que esta es una prueba más en favor de la teoría vibratoria del calor, porque si ciertas vibraciones del éter son caloríficas y es el calor vibración del éter para ciertas ondas, ¿por qué no ha de ser el calor vibración en las moléculas de los cuerpos y aun en sus átomos? Lo que hay, á mi entender, es que el calor como vibración no llega más que á las fronteras del átomo, y éstas son las únicas vibraciones sensibles para el termómetro. Después, dentro del átomo, viene otra especie de ultra-termodinámica. Sólo apuntamos esta idea.

Pero, el conflicto es más grande, cuando se ponen en contacto los fenómenos luminosos con los fenómenos eléctricos y magnéticos.

De suerte que aquí, la crisis, en rigor, no nace de exigencias de la Crítica, nace de la experiencia misma.

La materia es inmensa y no podemos tener la pretensión de exponerla, ni siquiera en sus rasgos generales, en este discurso, que va siendo excesivamente largo.

Digamos, no obstante, que muchos físicos eminentes y muchos matemáticos, admiten la posibilidad de que á la teoría ondulatoria de la luz, sea preciso y sea conveniente substituir la teoría electro-dinámica, sobre todo teniendo en cuenta las teorías matemáticas del ilustre Maxwell sobre electricidad y magnetismo.

Porque el conflicto se plantea de este modo en aquellos puntos en que la luz y el magnetismo entran en competencia; por ejemplo, para no citar más que uno, cuando un imán actúa sobre un rayo de luz polarizada.

En todos estos casos, porque no es éste el único, el nuevo problema repetimos se plantea en esta forma: ó la teoría de la luz se explica á sí misma y explica al magnetismo; ó la teoría magnética, después de explicar sus propios fenómenos, llega á explicar los de la luz.

Pero la teoría ondulatoria de la luz es impotente, según creen algunos, para explicar los fenómenos magnéticos, ó los explica por manera imperfecta, y en cambio la teoría electrodinámica puede explicar fácilmente los fenómenos luminosos.

No es ya la Crítica, como antes dije, la que viene á combatir la antigua teoría de Fresnel, es que la guerra civil, y permítaseme la imagen, está ya dentro de la misma Física-Matemática; es la lucha por la hegemonía entre la teoría matemática de la luz y la teoría electrodinámica.

(c) Consejo Superior de Investigaciones Científicas http://arbor.revistas.csic.es
Licencia Creative Commons 3.0 España (by-nc)

Mas para terminar sobre lo que de este punto tenemos que exponer, preciso es que antes digamos algo sobre la electricidad y el magnetismo.

***

Propiamente aquí no hay crisis: lo que hay es una inmensa ebullición creadora de teorías y de hipótesis; y en esta inmensa agitación, dominan como centros atractivos las teorías del inglés Maxwell, que han sido renovadoras para esta parte de la Física-Matemática, en la que se acumulan trabajos de primer orden de los primeros matemáticos del mundo.

Sin contar con la vieja hipótesis de los dos fluidos, que la escuela monista no acepta, pero que tan cómoda era, que aun hoy mismo puede utilizarse en forma simbólica.

Sin contar tampoco con los antiguos y fundamentales teoremas de Gauss y Poisson, y viniendo á los modernos, nos encontramos con una serie de nombres ilustres, en la que no pudiendo citarlos todos, citaremos á Ampere, Weber, Helmholtz, Maxwell, Hertz, Lorentz, Larmor, Thomson y Poincaré.

Y por no hacer interminable esta lista suprimo muchos, y sólo cito aquellos cuyos trabajos más se relacionan con las ideas que voy exponiendo.

Clama la Crítica, según antes decíamos, contra la hipótesis mecánica, y sin embargo, ¿qué son más que teorías mecánicas las de todos los autores que he citado y las de todos los que he dejado de citar?

Lo malo no es que sean teorías mecánicas, es que son muchas, y la unidad de la Ciencia pide una sola.

En todas ellas se habla del éter y de sus átomos; y algunos autores introducen otra especie de flúido etéreo, como auxiliar; y cuando no basta se habla de los iones; y cuando los iones sencillos no son suficientes, se acude á los iones complejos.

Pero todos estos son nobles esfuerzos de hombres de peregrino ingenio y gran dominio del análisis matemático, que pugnan por llegar á la unidad. Y aquí la Crítica descansa en cierto modo, porque la teoría de cada autor hace la crítica de las restantes.

La armonía de todos estos esfuerzos, será óbra laboriosísima, y obra de mucho tiempo; pero no obra imposible, puesto que todas las teorías citadas tienen un fondo común. Aceptan el éter o algo que al éter se parece; aceptan la fuerza y aceptan los grandes principios de la Mecánica, á pesar de estar muchos de ellos en entredicho.

¿Pues por qué no ha de llegarse á una solución definitiva, aceptando, como hipótesis ciertamente, pero como hipótesis ineludible, y si se quie-

(c) Consejo Superior de Investigaciones Científicas http://arbor.revistas.csic.es
Licencia Creative Commons 3.0 España (by-nc)

re como formas esquemáticas, los elementos que están constantemente en juego? En juego están átomos de materia ponderable como núcleo; atmósferas etéreas alrededor de estos centros; fuerzas atractivas, según cierta ley, entre la materia y la materia ponderable, y entre esta materia y el éter; fuerzas repulsivas entre dos elementos de éter. El resto sería un problema de Mecánica racional.

El problema será inmensamente difícil, pero la dificultad debe confesarse, que reside principalmente en las Matemáticas puras, en el análisis infinitesimal y en los métodos de integración.

Yo bien sé que reducir el Universo físico á materia ponderable, éter y fuerzas, es plantear una multitud de hipótesis; pero ¿de qué otra cosa que de hipótesis se ha nutrido la Ciencia humana cuando la Ciencia humana ha querido dar unidad y trabazón á los hechos dispersos?

Cuando la inteligencia del hombre quiere apoderarse de los hechos y convertirlos en un organismo inteligible, necesita ejercer sobre ellos cierta especie de digestión intelectual, antes de llegar á la asimilación; y perdóneseme la imagen, pero una vez planteada, hay que apurarla por completo.

Al apoderarnos de los alimentos, empezamos por triturarlos, y después, en un largo proceso, los vamos transformando poco á poco, por medio de líquidos y de jugos que ha preparado nuestro organismo, hasta convertir la substancia alimenticia que hemos tomado del mundo exterior, en substancia asimilable y propia.

Pues asimismo, cuando nuestra inteligencia quiere apoderarse de un orden de fenómenos, empieza por triturarlos convirtiéndolos en hechos sencillos, que la experiencia comienza á elaborar, sometiéndolos á observaciones y ensayos, y aplicándoles la inducción y la generalización. Y después, para apoderarse de ellos por completo, para fundirlos en la razón .y nutrirla, les aplica las hipótesis y ,las leyes de la Mecánica y el cálculo matemático: jugos, por decirlo de este modo, que la inteligencia ha extraído, al menos en gran parte, de sí misma; hasta que de esta suerte obtenemos una representación científica del mundo exterior, que si es representación, claro es que no es el objeto mismo; que si es imagen de la realidad, claro es que con la realidad no se confunde; que si es un esquema ó un símbolo, claro es que no es la cosa simbolizada; pero que de todas maneras, representación, imagen ó símbolo, algún parecido tendrá con el objeto de donde procede. Porque téngase en cuenta que el ser humano no es un ser aparte, que venga de otro mundo, que tenga otras leyes distintas del medio en que se ha desarrollado. No, en el seno de la Naturaleza existe, y no parece natural que la Naturaleza quiera engañarse

(c) Consejo Superior de Investigaciones Científicas http://arbor.revistas.csic.es
Licencia Creative Commons 3.0 España (by-nc)

á sí misma y hacer escarnio dentro del cerebro humano, de sus realidades, de sus leyes y de su unidad. Y si este es acto de fe y expresión de esperanza, que al menos el escepticismo no pretenda destruir esta última fe y empañar esta postrera esperanza.

***

Al poner en relación los fenómenos de la Óptica con los fenómenos electromagnéticos, brotan nuevos problemas para los cuales hay que buscar solución, y aunque las soluciones propuestas por los sabios, que antes citábamos, son muchas y no hay entre ellas perfecta identidad, todas giran dentro del mismo círculo, y en cierto modo, se siente palpitar la solución definitiva, que ya desde el principio pudo presentirse, porque no hay entre unas y otras hipótesis radical oposición.

Un rayo de luz polarizada y un rayo magnético, que con él coincida, ¿son por ventura cosas distintas, opuestas, irreconciliables?

El rayo elemental de luz polarizada, al fin y al cabo vibración rectilínea es en cada punto: dada la hipótesis, es la vibración transversal de un átomo de éter; pero el rayo magnético, dentro de la hipótesis de Ampere, es una corriente cerrada, infinitamente pequeña, en ese mismo punto, y también en un plano transversal; pues en verdad que no parece cosa tan imposible buscar la resultante de estos movimientos para cada cuerpo, que la luz y el rayo magnético atraviesen. Con lo cual los torbellinos á que acude Maxwell no son en el fondo más que las corrientes elementales á que se reduce el magnetismo; y algo análogo pudiéramos decir para cada una de las demás teorías, incluyendo la de Hertz y la de Lorentz. Si la luz es movimiento vibratorio del éter, y si el éter ó un flúido análogo es el substratum de todas las demás teorías, las combinaciones de fenómenos ópticos, eléctricos y magnéticos, no serían otra cosa, dentro de la hipótesis mecánica, que en el fondo todos aceptan, que una combinación de movimientos, que bien definidos deben llegar á conciliarse dentro de una teoría general.

Verdad es, que como la luz y el movimiento se han de encontrar dentro de cuerpos materiales, por ejemplo, entre las moléculas de un dieléctrico, el problema se complica más, como, por ejemplo, en la teoría de Potier para la polarización rotatoria magnética.

Pero estas complicaciones, que son grandes, creo yo que arrancan de deficiencias del cálculo matemático, como ya indiqué anteriormente.

En rigor, la Crítica no puede ser en esta región de la Física-Matemática más que fragmentaria; quiero decir, que no puede ser una Crítica general, porque la solución general de estos problemas no se ha encontrado todavía.

(c) Consejo Superior de Investigaciones Científicas http://arbor.revistas.csic.es
Licencia Creative Commons 3.0 España (by-nc)

Podrá hacer notar, que en tal hipótesis no se respeta el principio de la conservación de la energía; ó que en tal otro se falta al principio de Newton, de la reacción igual y contraria á la acción, como se ha dicho de la teoría de Lorentz; pero todo esto es provisional, como provisionales son las teorías indicadas.

Lo dijimos al empezar esta parte de nuestro discurso: en la luz, en la electricidad y en el magnetismo, las grandes dificultades con que se tropieza, nacen de los nuevos fenómenos que la experiencia descubre al combinar los fenómenos luminosos con los eléctricos y magnéticos; y ahora agregamos, que todavía nuevas dificultades aparecen siempre que los fenómenos cuyo fondo hipotético es el éter, se ponen en relación con la materia ponderable, como ya hemos visto en la polarización rotatoria magnética á través de un dieléctrico, como se ha visto en la aberración de la luz y al combinar los fenómenos eléctricos y magnéticos con el movimiento de los sistemas.

¿Es que la atmósfera se lleva consigo la onda luminosa que por ella circula?

¿Es que un dieléctrico al moverse se lleva también consigo la onda eléctrica ó magnética?

Y formulo estos dos problemas en términos vulgares, no pudiendo en este discurso entrar en pormenores técnicos.

Mas estas mismas dificultades, estos mismos fenómenos complejos en que entran la luz, la electricidad, el magnetismo y la materia ponderable, prueban dos cosas.

Primera: que la Física-Matemática en unión con la Física experimental están haciendo esfuerzos supremos para llegar á la gran unidad de la Ciencia.

La luz tiene su esfera de acción, sus leyes, sus hipótesis, y dentro de sí misma ha llegado á cierto grado de perfección.

Y á cierto grado de perfección han llegado, aunque no tan alto como la óptica mecánica, la electricidad y el magnetismo; y también tienen sus hipótesis y sus leyes. Así forman hoy, la luz y los fenómenos electromagnéticos, dos especies de estados distintos, con cierta independencia.

Y otro tanto podemos repetir de la materia ponderable con sus vibraciones caloríficas.

Pues bien, estos tres estados ahora entran en conflicto, se penetran y arrojan, en los laboratorios y en los gabinetes del físico, fenómenos complejos, que resultan en cierto modo del choque de tres órdenes distintos de fenómenos, de tres órdenes de hipótesis y de tres teorías, más ó menos análogas, pero no idénticas.

(c) Consejo Superior de Investigaciones Científicas http://arbor.revistas.csic.es
Licencia Creative Commons 3.0 España (by-nc)

Y yo creo, que sólo puede dar unidad á esta masa inmensa de fenómenos la teoría mecánica, unificando dentro de sí todas las hipótesis. De otro modo la unidad me parece imposible.

El choque de una teoría mecánica y matemática con otra teoría puramente empírica, por importante que sea esta última, no sólo se me antoja estéril, sino absurda; que sólo brota la unidad en varias cosas, cuando hay en ellas un fondo común.

***

Hemos hablado en general de la teoría matemática de la luz, de sus grandezas, de sus triunfos y de sus deficiencias parciales; algo dijimos antes de la teoría mecánica del calor, de su período de prosperidad, si la palabra vale, y de su injustificado abandono.

Digamos ahora algo en particular de la electricidad y del magnetismo, ó mejor dicho, completemos hasta cierto punto lo que antes expusimos.

Á la teoría de los dos flúidos, ha venido á substituir la de un flúido único, y este flúido único, admiten muchos físicos que es precisamente el éter: la substancia que forma el océano del oleaje luminoso,

Pero en este punto existe cierta vaguedad, porque hay quien introduce otros flúidos; y aun al pasar del éter de la luz, al éter de la electricidad, se complica la hipótesis con nuevas hipótesis de torbellinos, esferillas y varias clases de iones.

Todo esto hoy día se agita en una gran confusión, á que contribuye no poco el distinto vocabulario de cada escritor.

Pero, la gran transformación de la electro-estática y de la electrodinámica, se debe sin duda alguna al genio admirable de Maxwell. Y antes que él, y en el orden experimental, ya hubo de iniciar la nueva orientación el eminente físico Faraday negando resueltamente la acción á distancia; mas á esta hipótesis, mejor dicho, á esta negación, le dió carácter matemático el ilustre Maxwell.

No, según él, un cuerpo electrizado no atrae ó rechaza á otro cuerpo electrizado por acción á distancia; sino porque entre uno y otro existe el éter ú otro flúido equivalente, por el cual circulan, en el cual se almacenan, y al cual en cierto modo desquician las acciones eléctricas.

Así el campo eléctrico consiste en cierta polarización del dieléctrico; y algo en este mismo sentido puede decirse de la teoría de Hertz, en que domina el elemento analítico, conforme con sus ideas sobre la Mecánica racional.

Todo esto lo ha tratado magistralmente en su gran obra sobre «Electricidad y óptica », sobre todo en la segunda edición de la misma, el eminente matemático Poincaré.

(c) Consejo Superior de Investigaciones Científicas http://arbor.revistas.csic.es
Licencia Creative Commons 3.0 España (by-nc)

Como al fin y al cabo los fenómenos luminosos, eléctricos y magnéticos se han de desarrollar en el seno de la materia ponderable, por ejemplo, en los dieléctricos, forzoso es, que digamos algo de la vieja materia, de la' materia clásica, de aquella á que están acostumbrados nuestros sentidos, de lo que nos parece más real, por más que de dicha materia no tengamos otro conocimiento, que nuestras representaciones; por más, repito, que los antiguos cuerpos sólidos, líquidos y gaseosos, según la tradicional clasificación, no sean otra cosa que hipótesis que forjamos para dar unidad á los fenómenos externos.

Pero al hablar de la materia ponderable, tendríamos que penetrar en el campo de la Química, y este discurso corría el peligro de no llegar á su fin.

Agreguemos, pues, á lo dicho, muy pocas palabras. Si la acción á distancia está en crisis, o mejor dicho, repudiada casi por completo;

Si las fuerzas centrales, aun admitiendo la existencia de la acción á distancia, al menos como símbolo, ya que las cosas pasan como si existiesen, cayeron bajo el mismo anatema.

Si, en suma, se niega la fuerza ó no se quiere contar con ella.

Si el éter es una pura hipótesis más ó menos cómoda; natural era que la Crítica no se mostrase más benévola con la materia ponderable, y ya al tratar de la Mecánica racional, indicamos los graves cargos que dirige al concepto de masa y al principio de inercia. Y respecto á su carácter de ser ponderable, suprimida la acción á distancia, la gravedad es una pura apariencia como la atracción astronómica.

De suerte que de la masa nada nos queda en substancia, porque ni siquiera es substancia,' y en su Mecánica el ilustre Hertz, substituye las masas por coeficientes.

Pero, la crisis más grave de la materia, no procede precisamente de la Crítica, sino de los resultados experimentales, del descubrimiento del radium, de sus propiedades extrañas, de sus radiaciones y emanaciones, de su falta de respeto á las leyes más sólidas de la Física.

De modo que en este caso no es la crítica filosófica la que rompe contra teorías, hipótesis y cálculos matemáticos, es la experiencia misma la que á sí misma viene á contradecirse.

Y no es maravilla. Todo resultado experimental está siempre en jaque, porque cualquier experiencia nueva puede destruir las experiencias antiguas.

Un experimentador más hábil ó más afortunado, un perfeccionamiento en los medios de observación, un sistema que permita eliminar errores que antes se imponían, pueden quebrantar todas las leyes empíricas y todos los resultados experimentales.

(c) Consejo Superior de Investigaciones Científicas http://arbor.revistas.csic.es
Licencia Creative Commons 3.0 España (by-nc)

Lo que hay es, que por regla general, y salvo casos dudosos, como por ejemplo el de las célebres experiencias de Rowland, éstas se coordinan, se completan, marchan en el mismo sentido, forman en cierto modo una serie convergente, y no cambian, al menos durante algunos siglos (lo que sucederá después nadie lo sabe) una serie convergente en serie divergente, por manera repentina.

Pero el radium se presenta, –y esta es ya la frase admitida,– con tendencias tan revolucionarias, mejor dicho, tan anarquistas, que toda la Ciencia se alarma, lo mismo la Ciencia hipotética de carácter idealista, que la Ciencia experimental, más sólida, mejor fundada, y de cimientos, hasta hoy, más inquebrantables.

Para no citar más que dos ejemplos, recordaremos en primer lugar que el radium emite calórico, al parecer de una manera indefinida, como si su energía interna fuese infinita; y además que no parece respetar aquel axioma, ó por lo menos aquel postulado, según el cual, el calórico no pasa espontáneamente sino de un cuerpo á cierta temperatura á otro á temperatura inferior: principio que se consideró tan firme, que hasta sirvió de base al teorema de Carnot.

Además, el radium está emitiendo constantemente, no sólo energía, sino elementos de su propia substancia, radiaciones y emanaciones, sin que su masa parezca disminuir. Falta saber si disminuirá en unos cuantos siglos; mas experiencia es esta, cuyo resultado final está reservado á las generaciones futuras.

Todo, pues, está en entredicho: no sólo la constancia de la energía de un sistema aislado; sino aun la constancia de la masa, que es la base fundamental de la Química. Los cálculos de Abraham y las experiencias de Kauffman parecen demostrar, según dice Mr. Poincaré, que la masa aumenta con la velocidad y aun-varía con la dirección del movimiento, resultado estupendo, que hace cincuenta anos ningún físico de tercer orden hubiera acogido sin una sonrisa de supremo desdén, y que hoy si no aceptan, por lo menos discuten seriamente, físicos y matemáticos de renombre universal.

¡Tan quebrantada está la fe en la Ciencia clásica!

Yo creo, que cuando toda esta agitación se calme, cuando todas estas experiencias, que á veces son contradictorias lleguen á ser concordantes, muchos de tales hechos, extraños hoy, recibirán explicación sencilla y natural; mas por el momento debe confesarse, que la vacilación es enorme, y que enorme es la confusión.

En medio de esta confusión, una tendencia se dibuja. Ya no son los átomos de los cuerpos simples, aquellos elementos uniformes que

(c) Consejo Superior de Investigaciones Científicas http://arbor.revistas.csic.es
Licencia Creative Commons 3.0 España (by-nc)

venían á imitar en cierto modo. el punto indivisible de la Geometría; ya no son aquellos cuerpos duros é indestructibles de ciertas teorías físicas y que servían de base á una de las últimas memorias de Poinsot; ya se han convertido en sistemas de complicación infinita, que si en los fenómenos químicos pasan íntegros de una á otra combinación, es porque están dotados de extraordinaria estabilidad: todo sistema compuesto cuando es muy estable aparenta en efecto impenetrabilidad y solidez; quiero decir que vaga por el espacio como un verdadero cuerpo sólido.

Pero ya nadie, ó muy pocos, creen en la solidez del átomo.

El átomo moderno más bien aparece como un verdadero cielo microscópico ó archimicroscópico, compuesto de infinitesimales astros, que tienen sus masas, que describen sus trayectorias dentro de límites que les marca la imaginación; que están dotados de velocidades inmensas y retenidos por fuerzas atractivas inmensas también, cual corresponde á la pequeñez diferencial de las distancias.

Y así la diferencia entre los demás cuerpos y el radium, según esta sugestiva, aunque fantástica hipótesis, consiste únicamente, en que los átomos del oxígeno, y del hidrógeno, y de todos los cuerpos simples, son sistemas estables; y en cambio los átomos de los cuerpos radio-activos y sobre todo del radium, son sistemas que no han alcanzado todavía la estabilidad que los restantes cuerpos simples. Las órbitas de sus sub-átomos están muy próximas á las que enseña la Mecánica racional, que sirven de paso entre las curvas cerradas y las curvas abiertas.

Así los choques sub-atómicos convierten, ó es posible que conviertan, una elipse en una hipérbola, o en una parábola, y de este modo saldrán disparados del sistema tales astros con velocidades enormes, dando lugar á las radiaciones y á las emanaciones. Porque en sistemas tales, y con tan amplia hipótesis, todo puede salir de un átomo de radium: lo mismo elementos de su propia substancia cargados ó descargados de sus atmósferas de electricidad y convertidos en electrones, que elementos de éter, que vibraciones etéreas.

¿Quién pone límites á estos pequeños sistemas astronómicos en sus convulsiones gigantescas, en las que la velocidad suple á la masa?

Y así la imaginación, como arrastrada por un vértigo, y en carrera suprema de unas en otras hipótesis, desde los cielos astronómicos que vemos, baja á los cielos astronómicos que forma cada cuerpo, como si fueran cielos de segundo orden. Y siguiendo la infinita caída hacia la nada, va á dar en otros cielos infinitamente pequeños de orden superior, que se componen de sub-átomos, buscando la solución de problemas formidables

(c) Consejo Superior de Investigaciones Científicas http://arbor.revistas.csic.es
Licencia Creative Commons 3.0 España (by-nc)

en lo infinitamente pequeño: gigante disfrazado de pigmeo, como decía Pascal.

***

De la crisis profunda, destructora en parte .y en parte renovadora, por que atraviesa la Físíca-Matemática, con ella la Mecánica clásica, y aun en parte las Matemáticas puras, atribuía yo, no diré la culpa, que de culpas no se trata, pero sí la causa, á la severidad, á veces excesiva, de la Crítica moderna.

Pero ya lo he dicho, esta causa no es única; á la Crítica acompaña el descubrimiento de nuevos y extraordinarios fenómenos comprendidos en la denominación general de radiaciones: por ejemplo, los rayos catódicos, los rayos X, y la radio-actividad en general.

Al fin y al cabo, la Crítica sólo puede quebrantar hipótesis, teorías, la forma convencional de los organismos científicos; pero la Crítica no puede combatir los hechos, ante ellos tiene que inclinarse, no diré respetuosa, porque el respeto no es una de sus debilidades, pero sí vencida, porque los hechos se imponen con la energía propia de la realidad.

Pero es, que los nuevos fenómenos, desdeñando hipótesis y concepciones teóricas, vienen á herir á la misma Ciencia experimental, pareciendo que la dicen: «tus experiencias, tus leyes, tus resultados prácticos, son incorrectos y deficientes; vas arañando por la superficie de las cosas, pero tras ese mundo fenomenal que estudias, hay otro mundo inmenso al cual nunca has llegado, .y del cual hoy recibes en forma de radiaciones algunas salpicaduras».

«Divinizabas el átomo creyéndole indestructible y ante ti se deshace el átomo en el radium, en el torium, en el polonium, en todos los cuerpos radio-activos, y más aún en todos los cuerpos de la Naturaleza, que todos se deshacen á la vez, aunque en grado mínimo».

Es la materia, dice algún físico insigne, que se desorganiza y muere, deshaciéndose en el éter. Es la materia que busca sistemas estables y los alcanzó en casi todos los cuerpos, aunque no llegó á ellos en los radio-activos, dicen otros. Es la negación del peso constante en las reacciones químicas. Es la negación al mismo tiempo de varias leyes de la Termodinámica, no ya de la Termodinámica fundada en el movimiento vibratorio, sino de la Termodinámica experimental. Es la negación de la fijeza de las especies químicas, como la teoría de Darwin es la negación de las especies vivas; y es por lo tanto la posibilidad de la transmutación de los metales, arrojada como pasto y tentación á espíritus aventureros y fantásticos. Es en cierto modo la venganza que toma la vieja Alquimia de la Química clásica moderna.

(c) Consejo Superior de Investigaciones Científicas http://arbor.revistas.csic.es
Licencia Creative Commons 3.0 España (by-nc)

Es, en suma, la bomba anarquista arrojada ante la gloriosa Ciencia del siglo xix á ver si consigue destruirla y pulverizarla.

Ni este es el momento oportuno, ni yo tengo espacio ni tiempo, no ya para discutir, pero ni siquiera para enumerar todos estos fenómenos á que voy refiriéndome.

Marco una tendencia, doy cuenta de un sobresalto, no pretendo afirmar ni negar, porque afirmaciones y negaciones rotundas, en estos momentos, son peligrosas.

Y por otra parte, estos fenómenos tampoco se enlazan sino de una manera indirecta, si es que lo indirecto existe hoy en la Ciencia, con la materia propia de la Física-Matemática.

Me limitaré, pues, á unas cuantas observaciones generales, hechas de pasada y á la ligera.

Que los nuevos fenómenos, de la radio-actividad y los que con ellos se relacionan, son extraños, sorprendentes, al parecer contradictorios con los principios más sólidos de la Ciencia clásica, no hay para qué negarlo. Pero que vengan á quebrantar sus cimientos y á destruirla, me parece que es exageración manifiesta y pesimismo injustificado.

No creo yo que modifiquen las grandes leyes hoy establecidas: serán cuando más, términos de corrección, que habrá que introducir en ellas, términos que una vez estudiados y reducidos á números, determinarán acaso ligeras modificaciones.

Es lo mismo que si después de estudiar los grandes movimientos de los astros, se pretendiera, que una nueva perturbación iba á modificar toda la Mecánica celeste.

Pretender que el hombre conoce lo absoluto, que la Ciencia humana puede llegar nunca á su perfección, que á cada momento y á medida que se afinen los procedimientos de observación y de experimentación, no será preciso introducir correcciones, modificar fórmulas, transformar hipótesis, dar sentido más amplio á las teorías, en mi concepto es pretensión, sobre ambiciosa, insensata.

Pero, en cambio, imaginar, que porque existan rayos catódicos, rayos X, o radiaciones, se ha de derrumbar de un golpe todo el edificio majestuoso de la Ciencia, es temor tan injustificado, que más que temor es pánico; ó sistemática negación de los grandes triunfos, y triunfos inquebrantables de la Ciencia positiva. No altera á la ola inmensa del Océano una pequeñísima ola subalterna que venga á rizar su gigantesco lomo.

La Ciencia actual no es absoluta, pero no se alarmen los optimistas, ni se regocijen por anticipado los que pretendan substituir á la razón so-

(c) Consejo Superior de Investigaciones Científicas http://arbor.revistas.csic.es
Licencia Creative Commons 3.0 España (by-nc)

berana de la raza del hombre otras facultades fantásticas y caprichosas, para llegar al conocimiento de la verdad.

La verdad científica se conoce sólo por el ejercicio de la razón: se conoce con trabajo, por modo imperfecto, pero de otro modo no se conoce jamás; y más vale una luz con eclipses, que la negrura de la noche eterna.

De todas maneras, y sean cuales fueren los gritos de alarma, hay Ciencia para mucho tiempo, y perdóneseme lo vulgar de la frase.

Es la segunda observación, que los nuevos fenómenos á que nos hemos referido, lejos de destruir el campo de las hipótesis, lo han ensanchado prodigiosamente y han abierto camino á las más atrevidas y fantásticas: prueba evidente de que si la Naturaleza no se cansa de plantear problemas, la imaginación se cansa menos en forjar sistemas para recoger la variedad infinita de los hechos en los moldes soberanos de la razón.

Pero ya es tiempo de que acabe este largo, árido y fatigoso discurso, y no quisiera que todo lo que llevo dicho, las censuras de la Crítica, la aparición de nuevos fenómenos, la confusión de las experiencias, los bamboleos del edificio clásico, la duda en las grandes leyes, todo esto, digo, diera de sí una impresión de triste escepticismo y de falta de fe en la Ciencia.

No, todo ello lo que indica es, al contrario, la inmensa fuerza expansiva del pensamiento moderno; es el ansia por subir á mayores alturas; es la inquietud de soberbias ambiciones: no es la convulsión de la agonía, sino la sacudida del alumbramiento.

No puede aspirar la razón humana á poseer lo absoluto: muchos escritores hay que ni siquiera aceptan esta palabra, pero sin volverla á pronunciar por no descontentar á nadie, yo observaré, que las cosas de alguna manera son, porque si no fueran, ni de ellas hablaríamos. La nada ni tiene mundos, ni fenómenos, ni siquiera dudas; ni fantasmas, ni seres que los vean, los comenten y procuren comprenderlos. Y es natural que estos seres, sin querer convertirse en dioses para conocer lo incognoscible, al menos quieran conservarse hombres, que es lo que la Naturaleza les ha hecho, para conocer lo que puedan conocer, poco ó mucho, obscuro ó claro ,y cada vez más y con mayor claridad cada vez. Esta es la noble ambición humana, ambición legítima: más que ambición, deber; que la inteligencia no brotó para anularse, sino para ejercitarse en algo. Para la duda, para la negación, para el escepticismo, para el sueño profundo, bien estaba la inteligencia sumida eternamente en la nada.

(c) Consejo Superior de Investigaciones Científicas http://arbor.revistas.csic.es
Licencia Creative Commons 3.0 España (by-nc)

Para realizar esta noble ambición, es preciso, ya que la inteligencia humana no pueda salir de sí y confundirse con las cosas, que al menos en el mundo exterior recoja lo que pueda recoger: impresiones, representaciones, símbolos, algo á que aplique sus actividades psiquicas.

Porque hay que reconocerlo, sean cuales fueren estas actividades; sobre cuyo origen nada debo decir en este momento, porque es problema distinto del problema en que me *ocupo;* estas actividades, repito, tienen una unidad superior, que *sé* llama *conciencia;* espejo maravilloso, que es un punto y en que se refleja sin embargo lo infinito; y tienen una fuerza directriz, que. en su esfera propia es fuerza creadora.

Y merced á esa fuerza directriz, realiza en el mundo exterior lo que en el mundo exterior no existía, por lo menos en acto, aunque existiese en *potencia,* si valen los términos aristotélicos.

Y así el ser humano crea la Ciencia humana, reflejo más ó menos pálido, pero reflejo al fin de la realidad; y crea las mil y mil maravillas de la industria; y brotando esa fuerza directriz psíquica de lo interior á lo exterior, desvía de su cauce las energías naturales, y las hace trabajar con sujeción á un ideal, y engendra por ejemplo la locomotora; que á la locomotora no la engendró la Naturaleza, á pesar de sus infinitas energías: ó no pudo ó no supo. La locomotora es creación humana, puramente humana, que en ninguna formación geológica se han encontrado restos de ninguna locomotora.

Y crea la dínamo, que en ningún terreno, ni en el secundario, ni en el terciario, se han encontrado fósiles de esta maravillosa creación.

Pues este poder creador, modesto, imperfecto, torpe, todo lo que nuestra modestia quiera oponer á nuestra soberbia, pero poder creador al fin, por lo menos de nuevas relaciones y nuevas formas, lo ejercita el ser humano en el fondo de su inteligencia.

Y el hombre puede crear mundos imaginarios, fantásticos si se quiere, á los cuales él da substancia hipotética y leyeshasta cierto punto arbitrarias pero siempre dentro de la lógica.

El hombre, digo, puede crear dentro de sí un mundo, en el que supone materia, y éter, y atracciones, y fuerzas diversas obedeciendo á distintas leyes; y estas creaciones sólo suponen dos cosas: primera, dar definición clara de cada una de las hipótesis, ó de los seres hipotéticos que establece, así como de sus relaciones; y *segunda,* evitar toda contradicción, para que puedan aplicarse á estos Cosmos imaginarios, las leyes de la Lógica, que son las leyes de la razón humana. Entendiendo por Lógica, no sólo combinaciones del silogismo que partan de axiomas, sino juicios sintéticos *a priori,* y en suma, todos los recursos que emplea el matemático.

(c) Consejo Superior de Investigaciones Científicas http://arbor.revistas.csic.es
Licencia Creative Commons 3.0 España (by-nc)

Y cuando el sabio ha forjado uno de estos mundos, les hace funcionar y estudia sus fenómenos, y por último ve si aquella creación suya se ajusta y se acomoda al mundo real de la experiencia, si puede ser una imagen fiel de los fenómenos exteriores, si determinando ciertos coeficientes experimentalmente la creación imaginaria da en todos los fenómenos los mismos números para las constantes correspondientes á la realidad y al símbolo; y si esto consigue, tendrá una imagen exacta del mundo exterior, al menos en la parto conocida, y podrá prever, entre ciertos límites, fenómenos nuevos, exteriorizando los fenómenos internos, de lo cual hay más de un ejemplo.

Y sobre todo habrá realizado, en los límites de lo posible, la gran aspiración humana: la unidad. Si no unidad real, al menos unidad simbólica.

Porque unidad le dió él á su creación interna, á su mundo representativo, puesto que le aplicó las leyes de su razón y de su conciencia; y si ese mundo se ajusta y se acomoda á la Naturaleza, bien puede suponer, que la unidad por él creada, es también un reflejo y un símbolo de la unidad de las cosas.

Si la Naturaleza no la tuviera, si en ella no hubiese más que desorden y desquiciamiento, disculpable sería que el sabio, en un arranque de orgullo legítimo y de amor por lo ideal, arrojase á la faz de soles y mundos este reto: «¿No tienes unidad, Naturaleza? Tanto peor para ti; la que forjé en mi cerebro, sí la tiene, ó aspiro á que la tenga. ¡Masas estúpidas, al menos por el deseo valgo más que vosotras!»

Yo bien sé, que como toda vanidad tiene su castigo en forma de humillación, llegará un momento en que ese mundo interior, ese gran símbolo del Cosmos que la Ciencia humana ha forjado, resultará mezquino, torpe é impotente al quererlo ajustar á la Naturaleza: fenómeno contra fenómeno, energía contra energía, átomo ideal contra átomo real, mundos contra mundos, y soles contra soles; yo bien sé que la Naturaleza rebosará por todas partes rompiendo los viejos moldes imaginarios; será como aquella curva de uno de nuestros primeros ejemplos, que se alejaba de la recta, que se escapaba del círculo, que iba más allá y por otros derroteros que la cónica, que desafiaba infinita nuestra pequeñez y nuestro artificio.

Pero, ¿qué importa?; la grandeza de la Ciencia humana está en acometer grandes empresas, aunque no las realice del todo.

La raza humana dice: el tiempo es infinito, pues adelante, y á ver quién se cansa más pronto: la sombra de querer ser sombra ó la luz de querer iluminarla.

HE DICHO.

(c) Consejo Superior de Investigaciones Científicas http://arbor.revistas.csic.es
Licencia Creative Commons 3.0 España (by-nc)