

DISCURSOS

LEÍDOS ANTE LA

REAL ACADEMIA DE CIENCIAS

EXACTAS, FÍSICAS Y NATURALES

EN LA RECEPCIÓN PÚBLICA

DEL

SR. D. FRANCISCO DE PAULA ROJAS

el día 21 de Enero de 1894



MADRID.- 1894

IMPRESA DE LUIS AGUADO

8, *Pontejos*, 8

DISCURSO

DEL

SR. D. FRANCISCO DE PAULA ROJAS

Señores:

Dos deberes vengo á cumplir hoy: el primero me lo impone la ley de mi conciencia, y tengo en llenarle singular deleite: daros las gracias por la honra y merced que me habéis otorgado; solamente lamento que mis palabras no sepan expresar con la fuerza de mi deseo la gratitud que debo á la Academia desde que se dignó llamarme á su seno, á mí, que no tengo otro mérito que el de la laboriosidad en los intervalos que me dejan libre mis dolencias.

El segundo deber me lo impone la ley de la Academia, y lo cumplo resignado y temeroso al exponer á tan alta Corporación

ALGUNAS REFLEXIONES SOBRE LA UNIDAD DE LAS
FUERZAS FÍSICAS

La Física, como toda ciencia natural, empezó por consignar fenómenos y someterlos á la observación; agrupó después los que aparecían como dependientes de una misma causa ó agente, y trató, por último, de conocer y defi-

nir la naturaleza de las causas. Pero éstas, mudas como esfinges, no permitieron que penetrase en ellas el humano entendimiento; en auxilio de éste acudió la imaginación, y entre ambos crearon un flúido lumínico para explicar los fenómenos de la luz, una virtud atractiva á distancia entre los astros para explicar los movimientos de éstos, un flúido calórico para darse cuenta de los fenómenos calóricos, uno ó dos flúidos nuevos para los eléctricos, y dos para los magnéticos. Se inventó la afinidad para los fenómenos químicos; hasta un sentimiento puramente humano, el horror, fué elevado provisionalmente á la categoría de agente físico, mientras se demostraba la presión atmosférica; y una simple fe notarial, mudamente extendida por el platino, se consideró como causa suficiente para decidir ó poner el veto á una reacción química.

Por pueriles pueden hoy mover á risa algunas de esas creaciones del humano espíritu. Yo declaro que las miro con respeto, y aun las admiro, porque de admirar es siempre la noble aspiración á saber de nuestra alma. Para respetar los errores del pasado, no necesito siquiera atender al laudable deseo que inspiró á sus autores, y á la gratitud que todos les debemos. Me basta suponer que me trasladó á los tiempos del gran Arquímedes, y que con los conocimientos de aquella época me propongo explicarme un fenómeno cualquiera, por ejemplo, la caída de los cuerpos sobre la tierra. Al ver que la piedra, el plomo, la madera, el corcho, caen, hubiera podido inducir, á ser un genio, *que la tierra los atrae*. Prolongando las observaciones, hubiera visto que el humo sube, y hubiera escrito en el libro de mis memorias científicas esta ley: *la tierra repele al humo*. Y otro día, fijando la vista en las nubes y viendo que no suben ni bajan, hubiera consignado que *la tierra no atrae ni repele á las nubes*.

Y con esto creería tener hecha una verdadera clasifica-

ción de los cuerpos en sus relaciones con nuestro planeta, y haberme posesionado de esta verdad: *entre la materia y la materia hay atracción, repulsión, ó indiferencia, según sean los cuerpos.*

Dos enseñanzas pueden sacarse de este ejemplo. La primera es mostrar la dificultad de atinar con la verdadera causa de un fenómeno. La segunda hacer patente la dificultad que entraña la observación, y el deslinde y apreciación de las concausas que contribuyen á la producción de un fenómeno. Patente es hoy para todo el mundo el grosero error en que incurrí en mi ejemplo. El fenómeno se producía en el aire, y yo prescindía del medio en que se realizaba, del mismo modo que los coetáneos de Torricelli prescindieron del aire al intentar explicar el juego de las bombas.

De haber yo hecho los experimentos en el vacío de aire, hubiera visto que todos los cuerpos caen, sometidos á una ley común, y no hubiera dado entrada en mi pobre ciencia á la *fuerza repulsiva*, ni á la *indiferencia ó fuerza nula*.

Mas hay que convenir (prescindiendo ahora de mi error capital) en que si, por la sola consideración de ver marchar como espontáneamente un cuerpo hacia otro, admití como cosa real una virtud especial de la materia para atraer la materia á distancia, no podía repugnar á mi espíritu el admitir que en el segundo caso había una fuerza repulsiva, y en el tercero indiferencia. El mal, si mal hubo, estuvo en dar patente de existencia á la fuerza atractiva. Si hubiera hecho yo, repito, los experimentos en el vacío de aire, habría considerado como indudable la existencia de la atracción como virtud ó eficacia esencial de la materia.

No tienen tanta credulidad los físicos de nuestro tiempo. No quieren incurrir en el error en que yo caí en mi supuesto ejemplo, y dicen: todos los fenómenos se producen

en el medio universal llamado éter: ¿qué influencia puede ejercer en ellos ese sutil é impalpable medio?

Muchos opinan hoy, y á su opinión me atengo, que el éter desempeña en todos los fenómenos un papel de capital importancia. Desde luego desempeña el único en la propagación del calor y de la luz radiantes, y en todos los luminosos. Él puede ser causa de todas las atracciones y repulsiones, aunque no causa única, sino en combinación y acuerdo con los movimientos atómicos de la materia ponderable.

La existencia del éter no necesita mis pruebas: se impone al físico con tan irresistible fuerza, que solamente negando la ciencia se puede negar el éter. El Sol hace subir la columna del termómetro: luego el movimiento del Sol pasa al mercurio. El entendimiento humano no puede concebir este tránsito del movimiento del Sol al termómetro más que de dos modos: ó partículas materiales lanzadas por el Sol atraviesan el espacio, y chocando contra el termómetro producen el movimiento mercurial, ó existe entre el Sol y la Tierra una cadena material de átomos que, tomando el movimiento del Sol por un extremo, se lo van transmitiendo, de uno á otro, hasta el otro extremo donde está el mercurio. Con uno ó con otro sistema, siempre resulta probado que no existe el vacío absoluto de materia entre los astros; y como el primero quedó derrotado por el principio de las interferencias, esto es, por la experiencia, queda como único admisible el segundo, que implica la existencia del éter.

El genio de la Gran Bretaña, el mismo Newton, no admitió la virtud atractiva á distancia entre los astros sino á título de hipótesis, porque todo pasa como si realmente esa atracción existiese. Y, en efecto, no es fácil concebir que la materia obre á distancia, es decir, allí donde no está.

Por otra parte, los fenómenos físicos obedecen á leyes comunes, lo mismo cuando se producen en grande escala y entre grandes masas, que cuando se realizan entre las más pequeñas á que nuestros sentidos pueden alcanzar. Pues si en los fenómenos que llamamos de orden puramente mecánico, vemos que jamás podemos transmitir el movimiento de un cuerpo á otro sin que entre ambos haya una cadena material, natural es admitir que lo mismo ha de suceder en aquellos casos en que esta cadena sea invisible é impalpable. Por pasar del primer orden de fenómenos, que podemos llamar groseros por sus proporciones, á los más delicados, pero mecánicos también, del sonido, y de éstos á los casi ideales en que intervienen los átomos etéreos que propagan la luz (también mecánicos), no hay alteración en las leyes.

Acostumbrados los hombres á ver la inmutable constancia de atracción entre los astros, entre la Tierra y sus cuerpos, y entre éstos entre sí, es natural que la mayoría admitiese que dicha acción era una propiedad inseparable de la materia, y en esto no se ha equivocado. El error, si error hay, como yo lo creo, no está aquí. Está en suponer que el éter no desempeña papel alguno en el fenómeno de la atracción; está en creer que aun cuando el éter no existiese se produciría el acto; está en no ver que, cuando dos astros actúan uno sobre otro, la mitad, por decirlo así, de la acción corresponde á los astros, y la otra mitad al éter. La causa inmediata del hecho está en el éter, y la mediata en los astros.

A la altura á que ha llegado hoy la ciencia, todos nos vamos convenciendo de que Naturaleza, en los fenómenos físicos, es menos complicada de lo que se figuraron nuestros antecesores. Ni el nombre de Newton, que llenó el mund , pudo evitar que desapareciese de la ciencia el flúido lumínico por él creado con tanto derroche de inge-

nio para levantar su gran monumento á la luz. Solo Dios saca algo de la nada. Y todo el error del sabio ilustre consistió en creer que entre la luz y el sonido había un abismo de distancia en calidad, cuando no había sido un salto en cantidad. De análogo modo que el flúido lumínico se han anulado hoy, como entidades de existencia real, los flúidos eléctrico y magnético; y creo que llegará á aceptarse como verdad por todos que la atracción y la repulsión á distancia no son nunca producto exclusivo de virtudes de la materia ponderable: que esas virtudes no son por sí solas eficaces para hacer el milagro de la atracción.

Libre, pues, la ciencia de toda clase de causas ó agentes ocultos, admitida la existencia del éter, cuya realidad se impone de un modo absoluto, nos encontramos solos y frente á frente con dos materias, la ponderable y la que no pesa, sin duda, porque es la causa de que pese la otra. En esta situación todos los problemas se reducen á estos términos: dadas esas dos materias, sus respectivas posiciones, y el movimiento que anima en cada instante las diferentes partes del sistema, explicar los fenómenos que forzosamente han de producirse, y que solamente se producirán á favor del misterioso conflicto que se llama choque. Tras de esa seductora unidad, en medio de esa modestia mecánica, se ocultan problemas que jamás la inteligencia humana podrá, no digo resolver, pero ni siquiera plantear.

Aunque estemos convencidos de que todos los fenómenos físicos y químicos se reducen á mecánicos, no hay que pensar en que la ciencia cambie de rumbo para penetrar por un camino inaccesible hoy. ¿Quién puede jactarse de haber sorprendido la constitución íntima de los cuerpos sólidos, líquidos y gaseosos? ¿Quién la del éter que los llena y los contiene á todos, sin dejar un rincón del universo

donde no se le encuentre? ¿Quién acierta á definir los movimientos de los átomos, y la coexistencia en ellos de los movimientos que han de caracterizar calor ó luz, electricidad, magnetismo, gravitación ó afinidad? Pues todas las propiedades generales y particulares de los cuerpos, en esos íntimos, desconocidos y perpetuos movimientos han de tener su explicación; y la resolución de todos los problemas exige ante todo un perfecto conocimiento de los datos, ó sea de la misteriosa estructura de los cuerpos, y de los movimientos de sus partes constituyentes y del éter interno y externo.

Esto no quiere decir que no intentemos buscar en la Mecánica la solución de los problemas, siempre que sea posible. En ese terreno obtuvo Fresnel sus grandes triunfos, y en él ha encontrado Clausius la clave de las propiedades de los gases. A todos los que somos viejos se nos explicó la expansibilidad de los gases como una lógica consecuencia de la repulsión que se ejerce entre las moléculas de estos flúidos. ¿Cuánto más lógico es admitir que esa fuerza expansiva es el resultado forzoso de la libertad en que se encuentran esas moléculas, y de la enorme velocidad que las anima? ¡Con qué facilidad se comprende entonces la presión que ejerce el gas sobre las paredes del recipiente que lo contiene, y la ley de Mariotte á que esa presión obedece! Este ejemplo nos ofrece una nueva comprobación de lo conveniente que es, en el terreno de la Física, elevarse de un orden de fenómenos fáciles de comprender, á otro más delicado, sin recurrir á la intervención de elementos nuevos. Entre la presión que ejerce el viento sobre una superficie, y la que ejerce el aire, al parecer tranquilo de esta sala, sobre nosotros, no hay más que diferencias accidentales: el fenómeno es en esencia el mismo. En el primer caso se siente al aire correr con 10 ó 15 metros de velocidad: en el segundo no. Así se

comprende que á nadie ocurriera nunca inventar una fuerza repulsiva para explicar la presión del viento contra un obstáculo, y se echara mano de ese recurso para explicar la presión en el segundo caso. Y fué preciso que viniese Clausius á mostrarnos que el aire tranquilo lleva en sus entrañas perpetuamente un huracán de 400 metros por segundo. Véase cuán engañosa es la Naturaleza, y cómo los movimientos más terribles se disimulan y se ocultan á la vista del hombre en el seno de la más completa pero aparente tranquilidad. Nuestros sentidos nos acusan una velocidad del aire de cinco metros por segundo, y menos; y necesitamos de la perspicacia de un sabio para percibir la velocidad de 400 metros.

Desgraciadamente no es posible construir la Física y la Química mecánicas sin recurrir á hipótesis. ¿Cómo plantear los problemas, cuando la Naturaleza se niega á darnos los datos? O la experiencia nos da la ley de la variación de las cantidades que hemos de someter al cálculo, ó suponemos esa ley. Al segundo extremo de esta disyuntiva han tenido que recurrir Fresnel, en el estudio de la luz, y Ampère, en el de las acciones electro-dinámicas, reservando siempre la última palabra, la definitiva aprobación de sus teorías, á la experiencia. Clausius mismo, en el ejemplo antes citado, ha tenido que admitir ó suponer la perfecta elasticidad de las moléculas de los gases.

Marchando por esta vía, hemos alcanzado grandes victorias sobre la Naturaleza, atacándola de frente; mas no pocos triunfos se han obtenido soslayando los ataques; porque es tal la trabazón que tienen entre sí todas las verdades físicas, que á la conquista de una suele seguir inesperadamente el voluntario rendimiento á discreción de otra, ó la comprobación de una tercera. ¿Quién había de decir al químico que había de hacer con la vista el análisis cualitativo del Sol? ¿Cómo podía sospechar el primer

físico que midió experimentalmente la velocidad del sonido en el aire, que del número por él obtenido había de deducir otro físico la relación entre los dos calores específicos del aire mismo? ¿Quién había de creer que, con sólo medir el ángulo de reflexión de un cierto rayo de luz sobre una substancia, se pueda conocer el índice de refracción de esta última?

Infinidad de grandes ejemplos de este género muestra la Física moderna. Uno pequeño, como mío, citaré como ejemplo de cómo en algún caso puede sortearse la dificultad de un problema. Para la teoría del meta-centro, se necesita conocer el trabajo que exige la introducción ó inmersión de un sólido en el agua del mar. La resolución directa de este problema demanda como dato la ecuación de la superficie del cuerpo, para de aquí deducir la variación del volumen sumergido en cada instante, ó sea la ley de la variación del empuje líquido, que es la fuerza que en cada instante tenemos que vencer. Y, sin embargo, el problema se resuelve de un golpe con solamente conocer el volumen del cuerpo y la posición que definitivamente ha de tomar su centro de presión. Basta para ello pensar que lo que estamos haciendo al sumergir el cuerpo, es elevar un volumen de agua igual al del cuerpo desde el centro de presión á la superficie del mar.

Desde los tiempos de Bernoulli y de Rumfort se sospechaba, casi puedo decir que se creía, que el calor que contienen los cuerpos es una consecuencia del movimiento íntimo de su masa. Mas esta verdad no quedó, en mi concepto, completamente demostrada, hasta que se demostró que el calor es equivalente á la fuerza viva. Entonces, por la naturaleza del producto mv^2 , quedó demostrada la naturaleza del factor movimiento.

La ciencia, hemos dicho, no puede progresar sin el auxilio de hipótesis; pero conviene hacer una aclaración.

No considero como tales, aunque se les dé el nombre de hipótesis, á la ficción de los flúidos eléctrico y magnético y á las fuerzas abstractas de todo género. Todo esto queda hoy reducido á meros símbolos, y, no dándoles más valor que el que la palabra representa, no solamente no pueden perjudicar á la ciencia, sino que han contribuido por gran manera á su progreso, y son de gran utilidad para la exposición de los hechos y para la aplicación del análisis matemático. Con esos símbolos se ha formado el expresivo y pintoresco lenguaje de la Física, y este lenguaje científico-oriental seguirá usándose con ventaja de la brevedad, alivio de la memoria, provecho de la claridad, y placer de la imaginación, siempre propensa á dar forma á las abstracciones. Así, pues, no desaparecerán aquellos flúidos, y seguirá la corriente eléctrica brotando del polo positivo; manejaremos, cuando nos convenga, en el encerado, un polo magnético libre ó aislado en el espacio; continuaremos hablando de fuerzas atractivas y repulsivas; habrá magnetismo Norte y Sur, y tubos de fuerza, y líneas de fuerza, y estas serán elásticas, y tenderán á acortarse, y se atraerán y se repelerán. ¿Y cuándo dejaremos de entendernos en este lenguaje de imágenes y metáforas? Cuando sea posible principiar la explicación de todo fenómeno físico poniendo los tres ejes coordenados. ¿Y cuándo llegará ese día? Yo no me atrevo á decir nunca, pero me atrevo á pensarlo.

Con ese simbolismo se han formado ciencias tan exactas y tan completas como la Electrostática, la Electrodinámica, y, mejor aún, la Mecánica celeste; porque, aunque no existan tales flúidos, ni el Sol atraiga los planetas por la sola causa de una virtud recíproca, es bien cierto que todo pasa como si fuera cierto; y al cálculo le importa poco la naturaleza de la fuerza.

Bien claramente se conoce hoy el ideal hacia el cual

debe caminar la ciencia, aunque sea para encontrarlo allá donde se encuentran las paralelas. Mientras tanto no son perdidos, no son estériles, los trabajos enderezados á trazar una especie de esbozo ó bosquejo de ese ideal perseguido y ambicionado. Bueno es, de cuando en cuando, echar una ojeada sobre el campo de la ciencia con el fin de explorar y tantear al menos las dificultades que, para fundirse en el único molde del fenómeno mecánico, presentan todos los fenómenos físicos.

La popular obra del Padre Secchi es un bellissimo trabajo de este género, donde el angelical astrónomo hace gala de su erudición científica, de su profundo saber, y de su peregrina perspicacia.

La elasticidad es quizás lo más difícil y lo más fundamental de la Física: elasticidad de medios, de cuerpos, de moléculas, de átomos. El sabio Padre, al estudiar, mejor dicho, al bosquejar la estructura íntima de los cuerpos, lleva el desmenuzamiento de la materia hasta su último límite: hasta el átomo etéreo, uno, inmutable, indivisible. Mientras se considera á los cuerpos como agregados de partes que no se tocan, puede haber algún modo de concebir la elasticidad. Pero ¿cómo explicar la elasticidad del éter, formado por esos átomos verdaderos, esto es, indivisibles, como lo dice su nombre? El director del Observatorio romano acude al estudio de Poinsot sobre el choque de los cuerpos en rotación, y cree adivinar en esa rotación la causa de la elasticidad. Aplaudo el ingenio de la explicación; pero debo confesar que, aunque nada puedo oponer en contra, no deja en mi alma la tranquilidad del convencimiento, ni la alegría súbita del *eureka* de Arquímedes.

Aceptada la explicación del Padre Secchi, porque no conozco otra mejor, quizás puede concebirse la cohesión y la elasticidad de los sólidos, considerando á éstos como pequeños sistemas planetarios de moléculas, que giran en

órbitas cerradas, entrelazadas en general, de cuyas órbitas no pueden salir á causa de la presión etérea, que cual poderoso resorte las obliga á recorrer siempre la misma trayectoria. Y lo dicho de los cuerpos, aplíquese á las moléculas, formadas de átomos ponderables. Una deformación del cuerpo, producida, por ejemplo, por tracción, no sería más que una deformación de aquellas archimicroscópicas trayectorias.

Imaginemos una masa que gira al rededor de un eje con velocidad constante, y un resorte especial que sostiene constante la distancia al eje. Si una fuerza exterior tiende á disminuir ó á aumentar el radio de la trayectoria, la masa recorrerá otra trayectoria sometida á la acción de dos fuerzas antagónicas, pero volverá á la antigua cuando cese la fuerza externa. Yo no me atrevo á decir si esto podría ser una imagen del mecanismo para concebir la elasticidad de los cuerpos y de las moléculas, esto es, de los agregados de partes.

Dentro de la teoría que examinamos, claro está que la fuerza, donde quiera que se presente, ha de ser resultado de choques de cuerpos, ó de moléculas, ó de átomos ponderables ó imponderables, pero materiales siempre. Allí donde la materia se vea obligada á modificar su movimiento por chocar con otra, allí, si la materia fuese sensible, nacería la sensación de la fuerza. Abriendo un paraguas á la acción del viento, obligaré á cambiar su dirección á las moléculas de aire; los músculos de mi brazo cambiarán de forma para resistir la acción de la fuerza; este cambio de forma significa cambios en la estructura molecular de los músculos, cambio de forma en las trayectorias moleculares ó atómicas de los últimos, y aun en la velocidad; y de toda esta modificación y lucha del organismo afectado lleva la noticia al cerebro el sistema sensitivo nervioso, noticia que, como la que corre por el hilo telefónico, no

puede ser otra cosa que movimiento, ó sea la primera *materia espiritual* de donde solamente un alma puede extraer la *sensación de la fuerza*. Todo lo dicho supone que en el choque de las moléculas de aire contra el para-aguas, estas no pierdan nada de su velocidad, ó lo que es lo mismo, que no haya en esos choques *transformación de energía*; pero, aunque la haya, esto no se opone al raciocinio anterior, sino que sucederá todo lo dicho, y otra cosa más que no es ahora del caso.

Pues bien: ¿por qué no ha de valerse la Naturaleza del mismo mecanismo del ejemplo anterior para producir en mí la sensación de la fuerza, cuando levanto del suelo un cuerpo pesado y lo sostengo? Los átomos del éter que rodean al cuerpo, chocan contra los átomos ponderables ó etéreos que constituyen el cuerpo: este es un obstáculo que obliga al éter externo á cambiar la dirección de sus desconocidos movimientos. Para que de estos infinitos choques resulte una resultante, esto es, una fuerza, que sería el peso del cuerpo, basta que la presión etérea que sufre el cuerpo no sea uniforme: basta que el éter que rodea el cuerpo no sea homogéneo en todo: en distancias atómicas, en trayectorias atómicas, en atómicas velocidades.

Del mismo modo que un cuerpo sonoro emite una nota fundamental, correspondiente al conjunto de sus isócronas oscilaciones, y al mismo tiempo se divide en partes vibrantes dentro de la vibración principal, y esas partes se subdividen en otras más pequeñas y de más rápida vibración, así hay que concebir el estado natural de las partes, moléculas y átomos, que componen un cuerpo: así un cuerpo está continuamente emitiendo notas caloríficas de distinto período.

Tomemos un diapasón de acero, aislémosle eléctricamente, y calentémosle. Las vibraciones internas, caloríficas, del diapasón se transmiten al éter que le rodea; y este

éter afectado constituye lo que llamaré *un campo calorífico*, en el cual la fuerza viva etérea, *producida por el diapasón* en cada punto, variará en razón inversa del cuadrado de la distancia. Imantemos ese diapasón, cosa que puede hacerse en un segundo de tiempo. La imantación ha dado al acero una energía que antes no tenía, y este resultado no tendría explicación posible á no admitir que hemos producido un cambio en la estructura del acero, por lo menos un cambio de órbitas atómicas, sea de forma, sea de orientación, sea de velocidades, que todo esto entra dentro del valor que estoy dando á la palabra estructura; y al hablar de átomos, órbitas y velocidades, no distingo ni puedo distinguir entre moléculas, átomos ponderables del acero, y átomos etéreos del acero. Cuando se calienta un kilogramo de agua desde cero á un grado, sé perfectamente que la fuerza viva calorífica del agua ha aumentado en lo que corresponde á 424 kilográmetros, y no sé si son moléculas ó átomos, ni de qué clase son los que han tomado el incremento de velocidad, ni cómo se han repartido ese incremento entre todos.

A más de la modificación que ha sufrido el acero por la imantacion, la experiencia prueba de evidente modo que hemos modificado la *estructura* del éter que rodea al diapasón: que hemos formado un campo magnético: lo cual quiere decir que hemos comunicado á los átomos etéreos movimientos nuevos, coexistentes con los caloríficos que antes tenía, de modo que el campo calorífico, es al mismo tiempo campo magnético. Si electrizamos el diapasón, habré agregado nuevos y coexistentes movimientos al éter del espacio, y tendré coexistiendo tres campos: calorífico, magnético y eléctrico. Finalmente, nada impide que yo pase el arco sobre el diapasón, y superpondré á los tres campos anteriores un campo sonoro, si el experimento se hace en el aire; pero claro está que estos últimos movimientos no

modificarán de modo sensible los movimientos etéreos de los tres campos anteriores.

Antes de la formación de esos tres campos, claro está que los átomos del éter exterior tendrían lo que podemos llamar ahora su movimiento propio ó natural, al cual se han sobrepuesto los otros tres.

De propósito he dejado para último lugar un cuarto movimiento, que de un modo inmutable deben tener los átomos de los cuerpos. Este movimiento viene desde *ab initio*: es coetáneo de la materia, y esencial á ésta, y parece como el punto de apoyo del equilibrio universal, ó por mejor decir, del orden del Universo. Este cuarto movimiento de los átomos de los cuerpos se transmite al éter que los rodea, y lo modifica creando un campo que llamaré *gravitatorio*. ¿Qué pruebas pueden aportarse para demostrar la existencia de ese cuarto movimiento? En verdad, ninguna directa. Pero así como en el ejemplo del diapasón veíamos formarse los campos magnético, eléctrico y calorífico en el éter, y el sonoro en el aire, producidos por los movimientos, ó cambios de movimientos, que introducíamos en el cuerpo; discurriendo por analogía, y sabiendo por experiencia que todo cuerpo tiene formado su campo gravitatorio, deduzco que ha de haber en los cuerpos ese cuarto movimiento como causa y origen del último campo.

Resulta, pues, que nuestro diapasón ocupaba el centro y era el sostén de cuatro campos: tres formados por mi voluntad, y el cuarto por la Voluntad divina: el campo calorífico, por haber calentado el diapasón; el eléctrico, por haberlo electrizado; el magnético por haberlo imantado; y el gravitatorio, porque desde *ab initio* le poseía.

Para dar la unidad posible á estas ideas, no hemos hecho alto en una diferencia *esencial* que hay entre esos campos. El magnético, el eléctrico y el gravitatorio no suponen pérdida ó disipación de la energía del cuerpo que

los sostiene, y no hay, por tanto, propagación de fuerza viva por el éter que los rodea. Al contrario, el campo calorífico y el lúminico en el éter, y el sonoro en el aire, implican forzosamente la propagación de la fuerza viva que el cuerpo está constantemente perdiendo.

La formación de todos los campos que el hombre puede producir exige siempre un gasto de energía ó de fuerza viva. El campo gravitatorio es de la misma esencia que el magnético y el eléctrico: sus analogías con el último son evidentes: las mismas líneas de fuerza, y, por tanto, las mismas superficies equipotenciales, la misma ley para el decrecimiento de la intensidad del campo con la distancia. Es de creer, por analogía, que la producción de los campos gravitatorios de los astros exigió, costó energía. Y no hay que preguntar de dónde surgió esa energía, porque valdría tanto como preguntar de donde surgió la materia. El hombre, que imanta el acero con la corriente eléctrica, ha llegado á saber, y Dios sabe con cuántos trabajos, que la energía del campo magnético que ha formado, ha salido de la pila; y si imanta por los antiguos y hoy desusados procedimientos, sabe que la energía del campo ha surgido de su propio cuerpo, y ésta de la combustión del carbono en sus músculos, y ésta del Sol; y, prolongada la serie, llegará á la Causa de las causas, con la cual se encuentra en primer término al preguntarse de dónde procede la energía de los campos gravitatorios: Causa última ó primera, según se considere, en la maravillosa cadena de agentes secundarios, que unos con otros ha ido penosamente eslabonando.

Si cada astro forma su campo gravitatorio, que se extiende indefinidamente, claro es que estos campos se cortan ó entrelazan y se superponen, estableciéndose una relación y dependencia mutua entre los astros y el éter, y, por la intervención de éste, entre los astros entre sí.

Todos los campos acompañan al cuerpo que los formó en sus movimientos de translación ó de rotación. Así la Tierra arrastra constantemente consigo su campo gravitatorio, su campo magnético, y el calorífico, y aun el eléctrico, aunque éste no se conozca por faltar término de comparación.

Ni los campos se pueden formar instantáneamente, ni su propagación puede ser instantánea. Al cerrar el circuito de una pila, en el cual está intercalado un electro-imán, observamos que dura un cierto tiempo el estado variable de la corriente: prueba de que la pila efectúa un trabajo, y de que este trabajo, el de imantación, exige un tiempo. Es por otra parte evidente que la propagación del campo no puede ser instantánea, porque al fin esa propagación no es otra cosa que la propagación de un movimiento: del movimiento que ha de constituir el campo.

Cuando se cierra el circuito de una pila, es evidente que los átomos del conductor interpolan, sean los ponderables ó los imponderables, ó sean ambos á la vez, reciben ciertos movimientos nuevos, que llamaremos voltáicos: estos movimientos nuevos se transmiten al éter que rodea al conductor, y de este modo se forma el campo magnético del conductor, campo que dura mientras dure la corriente, signo seguro de que los movimientos íntimos del conductor son los que sostienen el campo: el cual, si demandó de la pila cierta cantidad de energía para formarse, una vez formado, nada pide, ni gasta tampoco nada.

El trabajo, ó la fuerza viva, desplegado por la pila, ¿dónde está? ¿Dónde está la parte de fuerza viva de la pila, que no aparece bajo la forma de calor, ni bajo ninguna otra forma sensible? Esa fuerza viva está en el campo magnético, y así lo prueba la misma experiencia; porque, al romperse el circuito, el campo magnético se replega sobre el conductor: *toda* la fuerza viva que desapareció, aparece

bajo la forma de energía actual eléctrica, ó sea de corriente eléctrica, en el mismo circuito. Esta es la llamada extracorrente de ruptura. El campo magnético desapareció. Por manera que ha habido un préstamo sin interés, hecho por el circuito al éter, y devuelto por éste á la muerte del campo magnético. ¿Cómo, bajo qué forma, guarda y sostiene el éter del campo magnético la energía que el circuito le prestó? A mi me parece que no puede ser bajo otra forma que la de movimiento, esto es, de fuerza viva, de energía actual. Si el éter del campo magnético adquiere al formarse éste una energía que no tenía, será, ó porque habrá aumentado la densidad del éter, ó sea la masa, ó porque ha aumentado la velocidad de los átomos.

Cierto es que el éter que rodea al circuito, ó que forma el campo magnético, ha hecho el papel de un resorte que almacena energía, y después la devuelve. Y cierto que esta energía no es sensible bajo la forma de fuerza viva, por lo cual se denomina *potencial*, porque se supone que está en potencia, que está virtualmente, pero no en acto: aunque en mi humilde opinión está en la forma actual ó común, y no puede ser otra cosa sino producto de masa por cuadrado de velocidad; esto es, movimiento de los átomos etéreos, y movimientos nuevos, movimientos que no existen sino cuando el circuito está cerrado.

Yo no veo inconveniente en que para expresar ese estado especial del éter que forma el campo magnético, ó el eléctrico, ó el gravitario, se diga que ese *éter* está en un *estado forzado*, en un *estado de tensión* especial, como un resorte ó como un gas comprimido, ó en que, aceptando el hermoso concepto de las líneas de fuerza debido al gran Faraday, digamos que las del campo magnético *tienden á acortarse*; como no veo inconveniente alguno en hablar de los *rayos del Sol* y en decir que sobre tal superficie cae doble número de rayos que sobre tal otra, para dar á en-

tender que sobre la primera cae doble fuerza viva que sobre la segunda, en el mismo tiempo. Pero si no me equivoco en las anteriores premisas, ese *estado de resorte*, ese *estado forzado*, ese *estado de tensión*, esa *tendencia á acortarse* las líneas de fuerza no son otra cosa sino expresiones para indicar que los efectos producidos son análogos, semejantes á los que se producirían si realmente se verificase lo que esas palabras indican.

Comprimid en un recipiente aire á diez atmósferas: el aire se calentará; sus moléculas aumentarán de velocidad; la presión ó tensión aumentará por este último concepto, que es el que ahora nos importa, y no hace al caso el aumento de presión que corresponde á la disminución de volumen. El trabajo que hemos efectuado, ¿bajo qué forma está en el aire del recipiente? El estado de ese aire es realmente más forzado que era antes: es más resorte que antes: tiene un cierto estado superior de tensión, y todo *por el solo concepto de la temperatura*. Tentado estaría uno para decir que la energía que hemos transmitido al aire la tiene éste bajo la forma potencial. Todos sabemos, sin embargo, que está bajo la forma actual, y que lo que hemos hecho es aumentar la velocidad de las moléculas ó átomos (pues no hay aquí para qué hacer distinción) de la masa de aire.

Para dar una idea remota é imperfecta de que esos estados forzados ó de tensión del éter, que constituye los campos, pueden comprenderse, ó concebirse al menos, por medio del movimiento exclusivamente, imaginemos dos recipientes con aire, en comunicación por medio de un corto tubo, y en éste una hélice propulsora, moviéndose con gran velocidad. La hélice elevará la presión en un recipiente y la disminuirá en el otro, y para esto habrá gastado un trabajo: la energía gastada, en el aire se encuentra: ha habido un cambio en la *estructura* del aire de los

recipientes: ese aire está en un estado bien forzado, porque bien forzado es el estar los dos recipientes en comunicación fácil y permanente, y á presiones distintas. Si cesa el movimiento de la hélice, cesa el estado forzado, de tensión ó de resorte, en que estaba el aire. Analogía hay entre este mecanismo y el de una corriente que forma en su alrededor el campo magnético, si bien haya tanta distancia en las escalas y en los detalles de ambos, como la hay entre el aire y el sutilísimo éter. Los átomos del conductor, con sus movimientos voltáicos, son las paletas de la hélice: las paredes de los recipientes que limitan bruscamente el campo de la hélice en el aire, están reemplazados por la resistencia del éter del universo entero, que permite la degradación del campo magnético por la ley de la continuidad. Las paredes del recipiente obraban por choque, ó por reacción, que es lo mismo en la esencia, sobre el aire; y por tanto *pugnaban* para que el aire volviese á su estado natural, para que recobrase su *estructura* natural homogénea, primitiva, no pudiendo conseguir este resultado porque se oponía el movimiento de la hélice, sosteniéndose de este modo un estado forzoso de aparente equilibrio, en fuerza y á causa del movimiento mismo.

Así, el éter que rodea al conductor por dónde circula una corriente, se encuentra entre el conductor, que produce en él el cambio de *estructura*, y el éter universal, que con sus movimientos atómicos propios, y con su fuerza de inercia, forma un dique, que en suma impide la propagación del campo, y *pugna* por aniquilarlo, y lo consigue casi instantáneamente en cuanto se rompe el circuito que lo sostenía.

No se opone el éter universal á la transmisión de los movimientos caloríficos y luminosos, dejando libre el paso á estas radiaciones.

Por mecanismos análogos á los indicados puede conce-

birse la atracción entre dos astros, ó la repulsión de dos esferas libres, electrizadas, suspendidas en los espacios planetarios. Dos astros, con sus movimientos atómicos propios, engendraron sus campos gravitatorios, que siempre les acompañan en sus trayectorias. Penetrándose los dos campos, fácilmente se comprende que la *estructura* del éter entre ambos (por ejemplo en la línea de los centros) será distinta de la del éter exterior, de cuya disimetría debe resultar una resultante en la línea de los centros, resultante que tenderá á separarlos ó á juntarlos. La experiencia enseña que entre dos astros tiende á juntarlos, lo mismo que entre dos esferas electrizadas con flúidos contrarios, y que tiende á separar éstas si llevan el mismo flúido. Todo ello dependerá de la diversidad de movimientos que caractericen la gravitación, la electricidad positiva y la negativa, ó por mejor decir, de la *estructura* de los campos formados por aquellos movimientos, comprendiendo como siempre en la palabra *estructura*, todo aquello que determina el estado de una porción de éter: densidad etérea, trayectorias de los átomos, velocidades de éstos, rotaciones, etc.

A muchos espíritus ilustrados repugnará quizás el admitir que el fenómeno de las atracciones y repulsiones quede reducido á esa especie de juego atómico, á esa especie de bombardeo del éter y de los cuerpos. Parece en verdad grosero mecanismo para bosquejar siquiera cosas tan finas, tan delicadas, tan semiespirituales. Pero acaso ¿sentimos nosotros siquiera el horrible bombardeo del aire en que nos movemos? ¿No nos hiere el aire con una velocidad de cuatrocientos metros por segundo? ¿No gravita sobre la superficie de nuestro cuerpo una presión de diez toneladas, producida por los choques de las moléculas de aire? Hasta el cristal de nuestros ojos sufre esos terribles choques. ¿No sufre también los del éter nuestra delicada retina?

Yo casi me atrevo á decir que para que un cuerpo pueda por sí mismo moverse en un flúido, sea éste el agua, sea un gas, sea el éter, es preciso que la *estructura* del medio en que se encuentre varíe, sea cualquiera la causa de la variación. Si en esta sala soltamos un globo de hidrógeno ascenderá en el aire, porque así lo exige la resultante de las presiones que sufre en toda su superficie; pero obsérvese que si la presión de abajo arriba es mayor que la de arriba abajo, es precisamente porque las moléculas de aire están más próximas unas á otras en la parte inferior que más arriba, y, por lo tanto, el globo recibe mayor número de choques por un lado que por otro, aunque todos sean de igual intensidad: es porque existe una variación en la estructura del aire: es porque las trayectorias del aire (probablemente rectilíneas, aunque cortísimas) son más pequeñas abajo que arriba. Se dirá que esta variación en lo que llamo *estructura* del aire, está producida por la gravedad: es muy cierto; pero no lo es menos que si yo, por medios artificiales, consigo producir en el aire de esta sala la misma *estructura* que la gravedad produce, el globo subirá sin intervención de la gravedad, y entonces ya no se podría invocar el principio de Arquímedes, que solamente puede invocarse cuando el cambio de estructura lo produce la gravedad. El concepto de la variación de la estructura es mucho más general que el que sirve de fundamento al principio de Arquímedes.

Y lo mismo pasa en los líquidos sometidos á la gravedad. En último término, como última palabra, nos encontraremos con el mismo mecanismo. La presión en los líquidos crece proporcionalmente á la profundidad: este incremento de presión responde como á su causa inmediata al cambio de estructura, puesto que los líquidos son compresibles: las trayectorias de las moléculas líquidas, si fuesen rectilíneas, se acortarían con la profundidad; y si

circulares, con la profundidad disminuirían de radio. El cambio de estructura lo produce la gravedad; pero, si fuera posible producir artificialmente sin el auxilio de la gravedad esa variada estructura, no hay duda de que la presión variaría proporcionalmente á la profundidad, á despecho de la gravedad, quiero decir, sin necesidad de la gravedad. De manera que el procedimiento, el mecanismo empleado por la Naturaleza para separar el globo aerostático de la tierra, es en la esencia análogo al que emplea para juntar dos astros que flotan en el éter, ó para separar dos esferas electrizadas que flotasen en este flúido. La única diferencia estribaría en que el globo aerostático no es el autor de la variada estructura del medio en que se halla, que es el aire, al paso que los astros, ó las dos esferas, son ellos mismos los que producen la variación; ó, de otro modo, son ellos mismos los fabricantes de sus respectivos campos.

De todo lo dicho resultaría, si todo lo dicho fuera cierto, que en los fenómenos del orden físico, el éter interno y externo de los cuerpos, ó sea la materia imponderable, el cuarto estado, es el estado principal, ó por lo menos contribuye por mitad á la producción de todos los fenómenos.

Hasta la vida que tenemos, después de Dios, se la debemos al Sol que nos da su fuerza viva en calor y luz, y al éter que la trae hasta nuestro planeta. El éter del Universo nos pone en relación con todos los astros: las radiaciones caloríficas de nuestros propios cuerpos llegarán, indudablemente, á la estrella Sirio, como las de ésta llegan á nosotros: verdad es que tales vibraciones llegarán con amplitudes casi infinitesimales, pero llegarán de un modo ó de otro. Bajo este punto de vista es más noble el movimiento que la materia; como que yo puedo cambiar, y acaso cambio, movimientos de mi cuerpo con otros venidos del Sol, y no puedo cambiar un átomo mío por uno del Sol. La

materia está prisionera y encadenada: el movimiento vuela por el firmamento.

El éter es el depositario universal de la energía que gastan los astros, que, como el Sol, la vierten á raudales. Otros, como la Tierra, han agotado su caudal. La Tierra vive hoy de prestado, si bien devuelve con integridad al depositario general, que es el éter, toda la fuerza viva que del Sol recibe. Y no siempre fué tan desprendida, porque allá en tiempos remotos ocultó cuidadosa en su seno un tesoro que ahora estamos disipando en humo, en barcos, y en locomotoras.

Quizás pueda deducirse de todo esto que la energía del éter, en el cual están suspendidos los astros, va aumentando con el tiempo. Quizás de este aumento resulte un aumento en la gravitación ó ponderación de aquellos, y de aquí una mayor tendencia á reunirse, y la posibilidad del choque de dos de esos mundos. En esa caída de un astro sobre otro, el éter devolvería una parte de la energía que de los astros recibió, y, de este modo, de astros apagados surgirían astros brillantes, que á su vez irían entregando su energía al éter para recobrarla más tarde por medio de otra análoga catástrofe.

Nada de esto es absurdo ni imposible, sobre todo en un sistema definido y limitado, pero ¿quién pone límites al Universo? ¿Quién lo coloca entre los tres ejes coordenados? Lo único que se ve y se toca es el límite de la razón humana. Ante ciertas cuestiones, no la pobre razón mía, sino la de los genios más grandes de la ciencia, resulta impotente, y no nos queda otro recurso que repetir las palabras con que comenzó su discurso el gran predicador francés, en los funerales del Rey, después de pasear la vista por el recinto sagrado, como quien buscaba algún vestigio de la majestad que fué: «¡Sólo Dios es grande, hermanos míos!»

DISCURSO

DEL

EXCMO. SR. D. JOSÉ ECHEGARAY

Señores Académicos:

Cumplo gustosísimo la honra que me habéis dispensado al encargarme que conteste, y que en vuestro nombre salude y dé la bienvenida al insigne físico y esclarecido Profesor D. Francisco de P. Rojas, cuya modestia es tan grande como sus méritos, méritos que ya premió esta Corporación más de una vez.

Caso singular ó poco frecuente en esta Academia: el Sr. D. Francisco de P. Rojas no viene á ocupar una vacante. Más bien pudiera decirse que viene á ocupar dos: la del Sr. D. Melitón Martín y la de D. Francisco García Martino, como si, por extraña combinación del azar, quisiera significarse de este modo el doble mérito del nuevo académico que, en verdad sea dicho, reúne en sí varias de aquellas cualidades que más caracterizaban á uno y otro eminente ingeniero.

No he de hacer hoy ni una apología extensa, ni un trabajo necrológico del Sr. D. Melitón Martín. Uno de nuestros compañeros más ilustres, en estilo limpio, pintoresco y elocuentísimo, como suyo, llevó á cabo esta empresa en el Anuario de nuestra Academia correspondiente

al año 1887, y yo no había de repetir aquí, en este trabajo, que ni aun el nombre de discurso merece, escrito al correr de la pluma, y sólo inspirado por el ansia de terminar pronto, para que pronto ocupe entre nosotros el puesto que ya es suyo nuestro nuevo y querido compañero y amigo, el Sr. Rojas; yo no había de repetir, vuelvo á decir, lo que ya el Sr. Merino, con más estudio y más riqueza de datos, os dijo en otra ocasión.

Pero, aun así y todo, he de recordaros que en el señor D. Melitón Martín, por razón de su noble carácter y de sus generosas aspiraciones, dominaba una tendencia filosófica y sintética, que sublimaba en cierto modo todos aquellos problemas de ingeniería en que tuvo que poner mano.

Nunca se limitaba al caso concreto y práctico con que las circunstancias ó sus deberes de ingeniero le brindaban. Siempre buscaba un más allá, ora en las esferas limpias y serenas de la ciencia, ora en las esferas turbias y revueltas, pero hondamente poderosas, de la vida social. Extender la idea científica era su anhelo; condensarla todo lo posible para que en todos los cerebros, por pequeños que fuesen, cupiera; propagarla por toda la masa humana; en suma convertir de esta suerte la verdad científica, que flota como nube en la atmósfera, revestida de espléndidos celajes, gala del espacio, en lluvia fecunda, que de la altura descende y por todos los poros del oscuro terruño penetra, para buscar las raíces de la planta y trepar por ella como germen de vida y de inagotable fecundidad.

Y otro tanto hacía cuando el problema que como ingeniero había de resolver, se rozaba, como siempre se rozan estos problemas, con el bienestar y el alivio de las clases proletarias.

El Sr. D. Melitón Martín era un sábio, era un pensador y era un filántropo; y con ser ingeniero eminentemen-

te práctico, no se contentaba con mirar de cara el camino que su locomotora había de seguir, ó el mechero de gas en que había de brotar la llama, ó la boca-mina por donde había de descender á las hondas galerías; sino que un impulso soberano de su espíritu le obligaba á levantar la vista, buscando en lo alto grandezas que recoger en su noble inteligencia; como otro impulso de amor y de ternura le hacia bajar la mirada á los que sufren y trabajan en los hondos y oscuros valles de la vida, que casi siempre son valles de lágrimas.

Y así, en eterna inquietud y en trabajo nunca interrumpido, fué consumiendo su vigoroso organismo, como se consume el pedazo de carbón que se arroja en el hogar, pero que antes de consumirse es ascua, es calor, es llama, es fuerza.

«He vivido obscuramente como obrero, decía, y quiero salir de la escena obscuramente. Nada de esquelas, nada de títulos honoríficos; un ataúd, el más sencillo; un traje de campo ó de trabajo por mortaja; el carro menos ostentoso; un nicho cualquiera; nada de pompas fúnebres, nada: gástese el dinero en socorrer á los desgraciados.»

Ni epitafio pedía: nosotros lo pondremos. Aquí yace un sabio, un obrero, y un hombre honrado.

De estas noticias, que tan extensas pudieran ser y que tan breves son, porque la obligación me impone brevedad, yo extraigo las notas características del Sr. D. Melitón Martín: el entusiasmo generoso por todo lo noble, la actividad infatigable para todo trabajo, la simpatía y la compasión para todos los dolores humanos.

Y esta es la primera vacante que hizo hueco en nuestra Academia al Sr. Rojas.

Pero antes de que le llegara su turno, por decirlo así, fué elegido el Sr. D. Francisco García Martino, Ingeniero de Montes.

Yo fui su compañero allá en la juventud; yo fui su amigo durante largos años, y no he conocido, ya que tan bien llegué á conocerle, ni alma más noble y entusiasta, ni carácter más batallador. No dominaba en él, como en el Sr. D. Melitón Martín, el espíritu metafísico, ni la aspiración por las grandes síntesis; y no porque su clara inteligencia no las abarcase, sino porque las condiciones de su naturaleza le impulsaban con fuerza irresistible á las luchas ardorosas de la realidad. Trabajador infatigable, amante de las ciencias naturales, y en especial de la ciencia forestal, era capaz de reñir batalla con su amigo más íntimo, durante meses enteros, por defender, no ya una mancha verde en cualquiera de nuestras áridas cordilleras, sino el más modesto pino de nuestros despoblados montes.

Y para defender esta importantísima riqueza, de los rudos asaltos de la necesidad, no había ciencia á que no acudiese, ni recurso que no empleara, ni oración parlamentaria que no brotase de sus labios con el ardoroso empuje y la natural elocuencia de su claro talento y de su profunda convicción.

Él defendió ese manto verde de nuestras colinas, que la miseria ha convertido en andrajos, lo mismo á golpe de fórmulas y de integrales en las sabias Memorias que dió á la estampa, que con discursos en el Parlamento, que bajo forma de libros merecedores de estudio concienzudo y de profunda meditación.

Era el hombre entusiasta hasta los últimos límites del entusiasmo; era el hombre de ciencia que defiende con sacudidas de luchador la idea que cree exacta; y era, con todo esto, un alma de niño y un corazón generoso, que depositó sus cariños y sus ternuras en seres aún más débiles que el mismo obrero, que tanto interesaba á D. Melitón Martín: en el árbol solitario del monte, que vive á merced

del hacha brutal que hiende su fibra ó del carboneo codicioso que de gigante de verdura lo trueca en esqueleto negrozco.

El insigne Cuerpo de Montes perdió, al perder al Señor Martino, un esclarecido Ingeniero y un valeroso campeón. Perdió la Academia, aun sin tenerlo por completo en su seno, un individuo de esclarecido valer. Perdió el que esto escribe uno de sus más queridos amigos.

La nota dominante del Sr. D. Francisco García Martino era el entusiasmo batallador por todo problema eminentemente práctico.

Pues bien; en el Sr. D. Francisco de P. Rojas hay algo del carácter de uno y otro ingeniero; algo del espíritu eminentemente científico y sintético del Sr. D. Melitón Martín; algo de las condiciones enérgicamente prácticas del Sr. García Martino.

El Sr. Rojas es un insigne Profesor de Física, y de Física experimental. Es un electricista de grandes conocimientos técnicos, y, al mismo tiempo, de grandes aspiraciones científicas. Y con todo esto, los que bien le conocen saben, que allá muy oculto en el fondo de su ser, porque la modestia es su cualidad dominante, hay un filántropo que, á sus solas, medita en los grandes problemas sociales, enlazándolos con las ciencias especialísimas de su predilección.

De su espíritu sintético os da gallarda muestra la Memoria que os ha leído, concisa por la forma, pero rica en doctrina; modestísima por la sencillez didáctica de que hace alarde, pero profunda, á veces, por la profundidad de los pensamientos que entraña, y otras veces grandemente ingeniosa por los símiles que aventura.

Es, si se me permite la frase, alta ciencia á alta presión. Pocas páginas ocupa, pero tienen la densidad del platino. En breve tiempo se leen, pero muchos años se

habrán necesitado para haber recogido el caudal de ideas, que en tan cortas frases se ha propuesto condensar el Señor Rojas.

«Quiero concluir pronto», parece que dice en cada párrafo, contrariando los deseos vivísimos del que le escucha y contrariando la propia ciencia del que rápidamente las escribió, que por lo rica y nutrida más extenso campo está pidiendo.

Poco tendría yo que añadir á lo mucho que en tan breve tiempo nos ha dicho el Sr. de Rojas; y á no ser porque la costumbre se me impone como ley, aquí daría por terminado mi trabajo. Pero como esto no puede ser, llenaré algunas páginas más, comentando el pensamiento dominante de la Memoria que nuestro insigne compañero acaba de leernos.

En rigor, el Sr. Rojas, aunque sin decirlo, ha tratado este tema importantísimo y de actualidad palpitante: «De las hipótesis en las ciencias».

En esta frase puede condensarse, en verdad, el concienzudo y profundo trabajo del nuevo académico.

En las ciencias positivas, como la Astronomía, la Física y la Química, ¿las hipótesis son necesarias?

Y, dado que no sean necesarias, ¿son, por lo menos, convenientes?

Y, suponiendo que no pueda demostrarse su conveniencia, ¿son tan dañosas como algunos suponen, y constituyen un peligro, un verdadero peligro, como ciertos escritores de tendencias positivistas afirman, para la marcha regular y metódica del saber humano y para el progreso de las ciencias?

Por el pronto, entre las hipótesis modernas y aquel antiguo sistema de hipótesis innumerables, arbitrarias y casi infantiles de que el Sr. Rojas nos habla, media una distancia tan grande como la que hay entre la ciencia

en germen y la ciencia en toda la plenitud de su desarrollo.

Ya el Sr. Rojas cita varias hipótesis, que más que hipótesis son juegos de palabras, con el fondo vacío y las apariencias eminentemente cómicas; ya todos recordáis aquellos famosos descubrimientos: que el opio hace dormir porque tiene la facultad dormitiva; que el mercurio sube en el barómetro porque tiene horror al vacío; que los astros caminan por el espacio porque ángeles invisibles y misteriosos van tirando de ellos por las inacabables carreteras de lo infinito: ideas tan inocentes y regocijadas, que difícil es encontrar en ellas ni conato de ciencia, ni valor de concepto, ni esfuerzo verdadero del orden racional para forjar explicaciones medianamente satisfactorias de los innumerables fenómenos, que se cruzan en el espacio, como red misteriosa de enigmas y problemas.

No: observar ese fenómeno, darle un nombre, derivar del nombre un adjetivo, convertir el adjetivo en una calidad de la materia, y tomar esta cualidad imaginaria y artificiosa por verdadera y profunda explicación del fenómeno observado, es engañarse uno á sí mismo y convertir la ciencia, cuando más, en pedantesca nomenclatura de pedantescos nombres griegos y latinos, en los que Molière, ó algún poeta cómico de su fuerza, pudiera recoger cosecha provechosa de tipos y de gracias.

Explicar los fenómenos no es seguramente penetrar en su esencia; que velo impenetrable envuelve las esencias de las cosas. Explicar los fenómenos complejos, es reducirlos á otros fenómenos más elementales y más conocidos. Y si estos son *dos ó tres: materia, movimiento y fuerza*, por ejemplo, elementos que todos constantemente vemos, que todos los días medimos con el metro, con la balanza, con el péndulo; explicar un fenómeno, repetimos, será descomponerlo en factores tales, que cada uno de ellos corresponda á

una fuerza, á una masa ó á una duración; es decir, pasar de lo complejo y obscuro, á lo vulgar, conocido y estudiado.

Esta es la tendencia de todas las hipótesis modernas: reducir los fenómenos de la Física y los fenómenos de la Química á puros y elementales problemas de Mecánica, condensando la variedad infinita del mundo inorgánico, porque sólo del mundo inorgánico nos ocupamos aquí, en las dos fórmulas primarias de la Mecánica: la del equilibrio y la del movimiento.

¿Quién puede negar á esta tendencia carácter eminentemente científico? ¿Quién puede confundir las modernas hipótesis, tan naturales, tan sencillas, tan en corto número forjadas, con aquella plaga de caprichosos engendros, tan ridículos en la forma como vacíos en el fondo, que empañaron durante tanto y tanto tiempo á modo de nube fantástica los puros contornos de la ciencia?

Engendradas por el capricho y la imaginación, las antiguas hipótesis eran casi totalmente estériles. Las hipótesis modernas obedecen á un sistema y tienen su fin: convertir los fenómenos de la naturaleza inorgánica en problemas de Mecánica racional, y hacer posible la aplicación del cálculo con todos sus poderosos medios de investigación á los hechos naturales.

Las antiguas hipótesis huían instintivamente del método experimental. Las modernas, del método experimental parten y á él se dirigen, y no son en el fondo más que la disciplina y el agente director por excelencia de este método firme y sólido, propio de nuestro siglo.

No se hacen experiencias por capricho y á la casualidad, aunque con gratitud se recoja todo presente con que la diosa casualidad nos brinde. Pero, en suma, siempre que al gabinete de experiencias nos dirigimos á combinar substancias, fuerzas ó fenómenos, alguna idea llevamos; y

esa idea, en el fondo, es una hipótesis, una supuesta anticipación de la verdad, una adivinación del genio, un producto creado por la imaginación, que es una de las grandes fuerzas creadoras en el arte y en la ciencia.

Toda fórmula á la cual nos conduzca la teoría matemática correspondiente á una hipótesis, en el crisol de la experiencia ha de probarse; y sólo cuando de este crisol sale limpia y depurada, es cuando la ciencia la acepta.

Más aún: la moderna hipótesis no sólo ha de explicar los fenómenos conocidos, sino que ha de oficiar de profeta, anunciando fenómenos nunca observados por el hombre; y ha de acertar siempre, ya cuando anuncia con Le Verrier un astro nuevo y jamás visto por ningún astrónomo en la extensión de los cielos; ya cuando anuncia en la doble refracción puntos determinados de sombra, que la experiencia rebelde y orgullosa se niega una y otra vez á encontrar, pero que al fin encuentra, pudiendo más unas cuantas ecuaciones de Hamilton que todos los cristales de doble refracción observados; ya intercalando con Mendelejeff cuerpos simples, á primera vista puramente hipotéticos, en la escala de los cuerpos elementales conocidos, y, sin embargo, por la experiencia comprobados.

Y no se le exige sólo á la hipótesis astronómica, física ó química, que anuncie en términos vagos é indecisos la existencia del nuevo fenómeno; sino que se le exige la adivinación de masas, velocidades, ángulos, posiciones y determinaciones físicas y químicas de la nueva incógnita profetizada.

Cuando á estos y á otros muchos descubrimientos conducen la hipótesis astronómica de la atracción, ó la hipótesis del éter en la época moderna, y, aunque en menor grado, en grado muy importante, las teorías recientes de la novísima Química, ni fuera justo prescindir, sin otro motivo que exageradas exigencias positivistas, de métodos tan

fecundos, ni esto significaría otra cosa que un retroceso lamentable en la marcha triunfal de la ciencia durante noventa años de este siglo. Que en las hipótesis modernas, como en todas las hipótesis imaginables, se corre el peligro de tomar lo imaginado por lo real, un símbolo fecundo por una esencia íntima, y de aquí que, ensobreciéndose y endiosándose, se corre también el peligro de tomar carrera hacia los abismos de lo caprichoso y de lo arbitrario, empeñándose en que el mundo que nosotros forjamos es, ni más ni menos que el mismo mundo que forjó Dios; son verdades tan evidentes que nadie trata de ponerlas en duda. Pero todo en esta vida tiene sus peligros. Cuanto más poderoso es un método, tanto más delicado; cuanto más poderoso un mecanismo, más difícil es de manejar. La máquina de vapor estalla á veces; de la dinamo se desprende el rayo; la dinamita que taladra montes para el paso de la locomotora, arruina edificios y siembra el espanto; los más poderosos medicamentos son venenos formidables, y el ser más sublime de la creación, que es el hombre, es á veces el ser más temible y más peligroso.

De suerte que si en todo quisiéramos suprimir riesgos, tendríamos que empezar por destruir todas las energías; que, á decir verdad, sólo en el seno de la *nada* no se corre ningún peligro, como no se corra el de ser eternamente *nadie*.

Si las hipótesis modernas son fecundas, lo están pregonando la Astronomía, la Física, la Química, y una serie de nombres inmortales. Empieza por Newton y no ha terminado todavía, á pesar de contarse en la larga y gloriosa lista un Laplace, un Fresnel, un Cauchy, un Poisson, un Maxwell, un Faraday, un Clausius, un Gauss, para no citar más que nombres tomados á la casualidad entre los que ya no existen y tanto contribuyeron á crear la Astronomía y la Física moderna.

Y después de todo, esta tendencia á reducir los fenómenos de la Física y de la Química á puros fenómenos de Mecánica ¿qué otra cosa es sino la aplicación del cálculo infinitesimal á todos los métodos de experimentación conocidos?

Cuando yo veo en un cuerpo sólido, líquido ó gaseoso desarrollarse un fenómeno de los que pertenecen al mundo inorgánico, la tendencia natural y lógica es desmenuzar el cuerpo con el pensamiento, y desmenuzar el fenómeno con el pensamiento también; es convertir el cuerpo, que es una integral, en sus elementos diferenciales, y en sus elementos diferenciales, á la vez, el fenómeno que pretendo estudiar; y luego dar á cada elemento del cuerpo su elemento correspondiente de fenómeno, si se me permite expresarme de esta manera.

¿Y por qué y para qué este desmenuzamiento de materias y de seres?

Por una razón bien clara. Porque la ley en los infinitamente pequeños es, ó puede suponerse que es, mucho más sencilla que en las cantidades finitas. Porque en las cantidades finitas pocas veces se conoce directamente la ley que las gobierna, y en las infinitamente pequeñas puede suponerse, casi siempre, que está expresada por una función lineal ó de primer grado. Todas las maravillas que en la Física matemática se han realizado, estriban en el principio que acabamos de consignar.

Por eso en la teoría de la elasticidad, se suponen divididos los cuerpos en paralelepípedos ó tetraedros elementales, sometidos á fuerzas elásticas, que son funciones lineales de distancias infinitamente pequeñas.

Por eso en la teoría del calor se supone que la cantidad que pasa de un elemento á otro es proporcional á la diferencia de las temperaturas, función lineal también.

Por eso, en suma,—y para no repetir inútilmente nue-

vos ejemplos — en casi todos los problemas de la Física matemática se acude á los infinitamente pequeños, ó á elementos que puedan considerarse como tales, estableciendo la ley elemental y ascendiendo después á la ley entre cantidades finitas por los métodos generales de integración.

Y, siendo esto así, ¿qué cosa hay más natural que transportar los métodos de la Astronomía al interior de los cuerpos; considerarlos divididos en pequeñísimas partes, llámense moléculas ó átomos; admitir que, como en los espacios celestes unen las atracciones á los astros, en estos espacios archimicroscópicos, los astros infinitesimales de tales mundos en miniatura, están unidos también por fuerzas atractivas ó repulsivas, recorren trayectorias precisas y obedecen á las leyes de la Mecánica?

Esta hipótesis es tan fecunda, que en ella se apoya, si no toda, una gran parte de la Física matemática moderna.

Al rededor de la hipótesis del éter y de la hipótesis mecánica, giran todas las prodigiosas teorías de la luz, desarrolladas por los matemáticos franceses é ingleses principalmente, desde Fresnel y Cauchy hasta Poincaré y Maxwell, y hasta el esfuerzo supremo hecho por este último para condensar en una sola teoría la luz y la electricidad.

En la hipótesis mecánica se funda toda la Termodinámica, por más que se empeñen algunos autores ilustres en hacer de esta ciencia una ciencia puramente experimental. Lo es, á no dudarlo; pero si se prescinde de aquella hipótesis sencillísima, que considera al calor como un movimiento vibratorio de la materia ponderable y del éter, haciendo que entre de este modo en la gran síntesis de la Física matemática, todas las fórmulas empleadas en dicha ciencia, por mucho que sea el talento de los autores, y los hay tan ilustres como Mr. Bertrand, serán fórmulas áridas y secas, traducción fría de resultados experimenta-

les, sin luz que las ilumine, sin belleza científica, sin una imagen material, sea ó no simbólica, en que la inteligencia repose y se recree.

Entre las Memorias de Clausius, la preciosa Termodinámica de Mr. Briot, y cualquiera otra Termodinámica que se empeñe en no hablar de la *fuera viva de las moléculas*, y que se encierre sistemáticamente en presiones, volúmenes, temperaturas y calorías, no dando á los dos principios de la Termodinámica, el de Mayer y el de Carnot, otra significación y otro sentido que el de dos hechos demostrados prácticamente, siempre habrá la diferencia que media entre la ciencia empírica y secamente positivista y la ciencia ideal de Clausius y de Thomson.

Que muchas de estas hipótesis son atrevidas, ya lo sabemos. Que no todas las teorías en ellas fundadas son rigurosamente exactas, no se nos oculta. Pero ni en la ciencia, ni en el arte, ni en la vida se realiza nada grande con timideces, cobardías y recelos.

¿Qué más? Las teorías modernas de Gibbs, que tan espléndidos horizontes abren á la Química, y los comentarios de Mr. Duhem en sus obras recientes, son esfuerzos importantes, y aun me atreveré á decir transcendentales, pero de una aridez, de una sequedad, y hasta de una falta de exactitud irresistibles, si no se desarrollan bajo la hipótesis mecánica de la materia, tal como la han aplicado los grandes maestros de este siglo. Así se comprende que un espíritu tan claro y tan severo como Mr. Bertrand, eche de lado, como vulgarmente se dice, en su preciosa obra de Termodinámica, modelo clásico de precisión y de rigor, á todas estas teorías modernas de la entropía y del *trabajo no compensado*, conceptos vacíos de todo elemento substancial, si no se rellenan, por decirlo así, con la estática y dinámica de las moléculas. Lo cual, dicho sea entre paréntesis, no me parece empresa tan irrealizable ni tan lejana.

Que así como Mr. Bertrand trata con todo rigor dos casos particulares de la entropía, así puede darse sentido francamente dinámico á las demostraciones un tanto vagas de Mr. Duhén en su obra sobre la potencial termo-dinámica y en su novísimo folleto sobre la mecánica química, muy digno de estudio y aun de elogio, sobre todo si de él se suprimen ciertas censuras poco piadosas, que dan sabor acre á varias de sus páginas.

Cuando hablo de hipótesis mecánicas, me refiero, sobre todo, no á hipótesis mixtas, que vienen á ser términos medios entre la ciencia exclusivamente experimental, de la que, vuelvo á repetirlo, jamás puede prescindirse, y la Mecánica pura; sino á la hipótesis fundamental en que se apoyan la elasticidad, la capilaridad, la electricidad, la luz, el calor, el magnetismo y la Química toda. A saber: á esta hipótesis que supone un éter infinito y en él flotando moléculas ponderables, con atmósferas más ó menos condensadas del mismo éter, y sujeto todo este sistema, por ejemplo, á fuerzas atractivas entre los elementos ponderables ó entre estos y el éter, y á fuerzas repulsivas entre unos y otros átomos de este mismo éter.

Un sistema así imaginado, ¿no es un sistema perfectamente definido, si se dan las masas, las posiciones y las leyes de variación de ambas fuerzas? Pues bien, estudiado con las fórmulas de la Mecánica, produce fenómenos análogos á los de la luz, á los del calor, á los de la electricidad, á los del magnetismo, á los de la elasticidad, á los de la Química con sus reacciones endotérmicas y exotérmicas; coincide, en suma, por miles y miles de puntos con el mundo de la realidad. Es, por decirlo de este modo, una curva auxiliar, que tiene con la curva del mundo real un contacto de orden tan íntimo, que en casi toda la extensión observable se confunden ambas. ¿Cómo, pues, ha de convencerse á nadie, que conviene á los progresos de la

ciencia abandonar semejante sistema, que, ó es la expresión exacta de la realidad, ó es la expresión simbólica y aproximada más perfecta que se conoce?

Si en el prodigioso monumento levantado durante un siglo por obreros inmortales, hay deficiencias, procede corregirlas, y, en todo caso, amplificar la hipótesis ó modificarla en parte; pero no echar abajo todo el andamiaje para acudir á procedimientos viejos y en gran modo impotentes.

Nada más sólido que el método positivista y su expresión práctica, el método experimental.

Sin la experimentación, la ciencia carece de cimiento sólido. Sin la experimentación comprobadora, se vive, por decirlo así, en el aire. Sin la experimentación investigadora, la ciencia se estanca. Pero sin las grandes hipótesis mecánicas y sin la aplicación del análisis matemático, la ciencia no tendría más que cimientos y muros: ni columnatas, ni torres atrevidas, ni cresterías prodigiosas, ni todo lo que representa la aspiración á ganar alturas y horizontes y á cuajar de bellezas el espacio.

Si porque la hipótesis de la gravitación universal no es más que una hipótesis, por el mismo Newton considerada como tal; si porque repugna á espíritus macizos y tercamente positivistas esto de que los cuerpos se atraigan á distancias planetarias, es decir, que un cuerpo ejerza su acción allí donde no está, se hubiera rechazado de buenas á primeras la hipótesis newtoniana, medrada estaría la Astronomía. Existiría la Astronomía geométrica, ó cuando más la Astronomía física; pero no existiría la Mecánica celeste, ni Le Verrier hubiera arrancado un nuevo astro á los espacios planetarios.

Yo no quiero decir con esto, que haya de convertirse una hipótesis en un semidios de la ciencia, ni que sea algo sagrado é inmutable. A la par que la hipótesis *mecánica* antes señalada, existe la hipótesis *cinética* de que tan

brillante aplicación han hecho Clausius, Krönig, Boltzmann y Maxwell, y que constituye el fondo de una de las explicaciones más autorizadas, que han pretendido darse, para reducir el fenómeno misterioso de la atracción planetaria y de la gravitación terrestre al fenómeno elemental y primitivo del choque de los cuerpos elásticos entre sí.

Ni son estas las dos únicas hipótesis que se han establecido, para reducir todo el organismo del mundo inorgánico á puros problemas de Mecánica. Fuera injusto no citar como una de las más atrevidas, que han podido imaginarse con tan ambiciosos propósitos, la de los *vórtices anulares*, imaginada por Sir William Thomson y por Helmholtz, abriendo, ante la teoría del movimiento de los flúidos, horizontes cada vez más amplios, aunque cada vez más difíciles de recorrer.

Además de estas tres hipótesis, otras muchas intermedias y con caracter sintético pueden establecerse, y todas ellas son legítimas, y todas son dignas de estudio y de desarrollo.

Porque es preciso, señores, no confundir el carácter caprichoso, fantástico y casi me atrevería á decir insubstancial, de las antiguas hipótesis, con el caracter científico, severo y eminentemente experimental de las hipótesis modernas. No se trata en ellas de *imaginar*, por el puro amor de *imaginar* cosas extrañas; porque toda hipótesis que sirva de base á una teoría, sabe hoy que ha de salirle al paso el método experimental para someterla á severísimas pruebas; que el peso y la medida la están aguardando, y que bien pronto se verá en evidencia con esas tablas de doble columna de que están llenas las obras modernas y en que se ponen frente á frente los números calculados por las fórmulas teóricas, y los números deducidos del método experimental.

Hay en la Termo-dinámica de Mr. Bertrand, y cuenta

que cito una autoridad tan respetable como poco aficionada á hipótesis y teorías *a priori*, un capítulo que, en forma muy modesta, encierra, sin decirlo, uno de los caracteres más fundamentales de las hipótesis á que acude la ciencia moderna.

En el capítulo VIII del libro que acabo de citar y que lleva este modesto título: *Algunos problemas*, se encuentran los enunciados siguientes:

¿Cuáles son las propiedades térmicas de los cuerpos cuyos calores específicos son uno y otro funciones de la temperatura?

¿Cuáles son las condiciones para que el trabajo interno de dilatación de un cuerpo sea nulo?

¿Cuáles son las condiciones para que la compresión desprenda cantidades de calor equivalentes á los trabajos empleados en producirla?

Y el autor no dice si son gases perfectos ó no lo son los cuerpos que hayan de cumplir con estas condiciones; pero determina las condiciones analíticas necesarias para que los efectos indicados se produzcan. Y estas condiciones aplicadas á la realidad por el método experimental, nos dirán á posteriori si los gases del mundo físico se acercan más ó menos, ó se confunden del todo, con los gases ideales de la Termo-dinámica.

Pues ensanchando y completando este pensamiento, podremos armonizar el espíritu amplio y sintético, que anima á las hipótesis mecánicas de la ciencia moderna, con el espíritu firme y seguro de la ciencia positiva y experimental.

Toda hipótesis mecánica no será otra cosa que un sistema material imaginado por su autor en determinadas y precisas condiciones, que lo concreten y definan sin ningún género de ambigüedad. Si aplicando á este sistema las leyes y las fórmulas de la Mecánica, se encuentran

centenares y miles de efectos físicos, que coinciden algebraicamente, y que numéricamente pueden coincidir, por la determinación de constantes, con los efectos observados en cierto orden de fenómenos, ¿será aventurado considerar al sistema que *á priori* se imaginó como un símbolo, como una representación, como una aproximación quizá, de aquel orden real y positivo de fenómenos con el cual se puso en parangón?

Si en centenares y en miles de puntos coincide la imagen forjada al calor de la fantasía y bajo la disciplina de la matemática, con la realidad palpitante de la naturaleza, ¿qué más le podemos pedir á la ciencia moderna, ni qué otra cosa son todos nuestros conocimientos, los teóricos como los experimentales, sino verdaderos símbolos y nada más que símbolos, del fondo y de la esencia de las cosas, fondo y esencia para nosotros eternamente misteriosos é impenetrables?

Campo hay en que pudiera extenderme mucho más. Pero cuanto yo agregara á lo dicho, ya lo habéis oído en forma admirablemente clara y grandemente ingeniosa en el discurso del Sr. Rojas, alrededor de cuyo discurso he dado unas cuantas vueltas, sin más objeto que el de cumplir un deber académico, y el de festejar con fuegos artificiales de la imaginación la llegada de nuestro nuevo é ilustre compañero, á quien tanto debe la ciencia española moderna, tanto la enseñanza y también esta misma Academia, aun antes de que el Sr. Rojas tomase asiento entre nosotros.

Y con lo dicho, he cumplido en la medida de mis fuerzas la grata tarea que me habéis impuesto; grata en verdad, porque yo he sido siempre gran admirador del talento del Sr. Rojas y de sus excelentes y brillantes condiciones para la enseñanza y para el estudio.