

punto de que muchos autores la citan como modelo de su época.

Y es en verdad sorprendente la esbeltez y ligereza de su conjunto, contrastando con el imponente aspecto del valle en las inmediaciones de El Grado.

ALGUNAS IDEAS SOBRE MECÁNICA-QUÍMICA

I

DE LAS HIPÓTESIS EN GENERAL

Todas las ciencias modernas parten del estudio de los hechos.

La observación, cuando sólo la observación es posible. La experimentación y la observación, á la par, cuando podemos reproducir los hechos, forman la base sólida y segura de la ciencia positiva, que es como decir de la ciencia moderna.

En su observatorio el astrónomo; en su gabinete el físico; el químico en su laboratorio; en su clínica el médico; leyendo en las grandes formaciones terrestres, como en páginas inmortales de un inmenso libro, el geólogo; hasta el psicólogo, retorciendo la vista hacia el interior y procurando sorprender el misterioso espejo de la conciencia; todos pugnan por descubrir la verdad, que aparece rota en infinitos pedazos en los complicados fenómenos del cosmos.

Ya no se forjan mundos imaginarios; se procura estudiar los mundos reales.

Todos somos positivistas, aunque no queramos serlo. Los hechos en sí forman la hordimbre de nuestra ciencia.

Todo idealismo cayó en descrédito. Toda metafísica provoca sonrisas, cuando no burlas.

Todo esto es innegable. La ciencia encontró sólido cimiento en los hechos, y sobre los hechos, como sobre robusto hormigón, levanta hoy sus muros el templo del saber.

Pero yo digo que si los hechos son la base ineludible de la ciencia, no son la ciencia misma.

Porque los hechos son la diversidad hecha pedazos; los sillares del edificio, si se quiere; pero no su forma arquitectónica, ni la línea de sus muros, ni sus esbeltas columnas, ni sus artísticas molduras, ni sus torres que abajo se dejaron los cimientos y pugnan por subir aéreas y atrevidas hasta el cielo, aunque á él no lleguen nunca, y no consigan, á veces, más que enredar sus caladas agujas en densos nubarrones que crucen por la altura.

Los hechos son la diversidad: lo vario, lo múltiple, lo roto, lo disperso; el polvo acaso.

La ciencia es la unidad, la armonía, la ley, lo que traba, lo que enlaza, lo que idealiza, lo que sublima, lo que da un alma á un cuerpo muerto.

Y la unidad de la ciencia ni se ha conseguido nunca, ni se conseguirá jamás más que con el auxilio de las hipótesis. Cuando han sido imperfectas; imperfecta ha sido la ciencia, y efímera, y mal ordenada y pobre; al chocar contra la realidad de cualquier hecho, las teorías han caído rotas en pedazos.

Cuando las hipótesis han sido más perfectas, cuando, por decirlo así, se han apoyado sobre mayor número de

pilares, el edificio ha sido más sólido y se ha elevado á mayor altura.

Cuando las hipótesis han sido más y más sencillas y se han forjado, no en los espacios imaginarios del filósofo, sino en contacto con la realidad, robando á la Naturaleza su jugo, por decirlo así, acomodándose al peso y á la medida por una parte, y tomando por otra de las ciencias matemáticas sus principios inmortales, las hipótesis han sido y siguen siendo grandemente fecundas, y merced á ellas existen la astronomía, la física y en ésta la maravillosa teoría de la luz, la del calor y la moderna teoría de la electricidad; y existe la química modernísima, que pugna cada vez más por convertir sus leyes empíricas en leyes racionales.

Y con estos ejemplos basta para demostrar la fecundidad de las grandes hipótesis.

¿Qué importa que la hipótesis no pase de ser hipótesis? Si no lo fuese, nuestra ciencia no sería ciencia humana, sería ciencia divina. No buscaríamos la verdad, estaríamos en posesión de ella.

La teoría de la gravitación, de Newton, no pasa de ser una hipótesis, que repugna á todo filósofo positivista.

La acción á distancia es un concepto eminentemente metafísico. Esto de que un astro atraiga á otro astro que vuela á millones de kilómetros del primero por el espacio, es un hecho, si es que el nombre de hecho merece, que trastorna toda nuestra experiencia terrestre, pues acá en la tierra sólo comprendemos el contacto material.

Y sin embargo, gracias á la hipótesis de la atracción planetaria han podido elaborar los matemáticos la mecánica celeste. Y de un concepto tan metafísico como la atracción de la materia, se han deducido resultados tan positivos y tan reales como el descubrimiento de un astro que jamás había visto ningún astrónomo en la inmensa extensión del firmamento.

Ya Newton advirtió que la atracción de las masas celestes no era más que una hipótesis, cuando dijo, que los cuerpos se atraen proporcionalmente á las masas y en razón inversa del cuadrado de las distancias, ó que las cosas pasan y los fenómenos planetarios se desarrollan, como si de este modo se atrajesen los astros.

Sin la hipótesis newtoniana, que no pasa de ser una atrevidísima hipótesis, la astronomía no fuera hoy más que una ciencia, por decirlo así, geométrica: curvas y velocidades, no más. Gracias á la ley de atracción, atraiganse ó no los astros, la astronomía es la mecánica del espacio y es la ciencia más perfecta que existe.

Hé aquí, pues, una hipótesis contra la cual se subleva hasta lo que vulgarmente se llama el buen sentido y que, sin embargo, ha sido eminentemente fecunda.

Y lo que hemos dicho de la astronomía pudiéramos repetir para la óptica dinámica.

Existe esta admirable ciencia merced á otra hipótesis, que por lo extraña y lo atrevida compite con la de Newton. Merced á la hipótesis, digo, de la existencia del éter.

Supongamos que el éter existe, que su vibración es la luz, y apliquemos las leyes de las vibraciones infinitamente pequeñas de los flúidos elásticos á esta substancia hipotética y, no sólo habremos dado unidad, ley matemática á los fenómenos de la luz, sino que habremos ayudado al mismo método experimental, dándole más alcance y más fuerza de penetración, si la palabra vale, y habremos realizado la maravillosa profecía de Hamilton sobre la refrac-

ción cónica, fenómeno por ningún observador descubierto, que unas y otras experiencias rechazan como falso, y que al fin una experiencia más perfecta que las demás afirma como cierto y es universalmente reconocido y aceptado.

De suerte que la hipótesis, ayudada por el cálculo, se ha anticipado al método experimental y le ha vencido al fin.

Pues lo que hemos dicho de la astronomía y de la óptica matemática pudiéramos decir de la termo-dinámica: porque si bien hay escritores ilustres que si no rechazan la hipótesis mecánica del calor como movimiento vibratorio de la materia, pretenden fundar la nueva ciencia sin ningún supuesto hipotético, también es cierto que se privan de un poderoso instrumento de investigación y que sustituyen á una termo-dinámica clara y comprensible, una termo-dinámica empírica, árida y enojosa.

Y para no hacer interminable esta enumeración no hagamos más que recordar los grandes esfuerzos que matemáticos insignes y grandes físicos están realizando por medio de una y otra hipótesis para fundar la teoría mecánica de la electricidad como fenómeno dinámico del éter, buscando de este modo una síntesis definitiva y una suprema unidad para los fenómenos de la luz, del calor, de la electricidad y del magnetismo.

En suma: allí donde las hipótesis faltan, ó son deficientes ó son parciales, la ciencia parece imperfecta ó embrionaria. No es más que amontonamiento de hechos, importantísimos sin duda alguna muchos de ellos, pero dispersos, revueltos y abrumadores. O cuando más aparecen en esta ciencia en gestación algunas leyes empíricas.

Ciencias puramente descriptivas más bien que verdaderas ciencias; catálogos interminables y caóticos de fenómenos; inventarios de la naturaleza escritos por algún escribano del Cosmos; nunca fundidos en grandes y luminosas leyes por el genio.

Los fenómenos, los hechos aislados, necesitan el cemento intelectual que los trabe y los enlace para que dibujen las líneas arquitectónicas de la ciencia.

Si esta argamasa del orden racional tiene ó no tiene representante en el mundo exterior, problema es que no hemos de tratar en este momento; pero la ciencia, la verdadera ciencia, no es un positivismo frío y seco, infecundo y antiartístico, sino una obra eminentemente racional por el hombre y para el hombre fabricada.

Pero reflexiones son éstas que nos llevarían muy lejos si, cediendo á la tentación, á ellas nos entregásemos por entero.

Nos hemos propuesto tan solo afirmar, como tantas veces hemos afirmado, que si las hipótesis son á veces peligrosas, porque pueden extraviar al hombre de ciencia, son de todas maneras ineludibles para fundar la ciencia verdadera: ayudan á la misma experimentación, adelantándose á ella muchas veces, y aun considerándolas como transitorias, como verdaderos andamiajes del saber positivo, andamiajes son de que no se puede prescindir, cuando las leyes científicas se elevan á cierta altura.

Esto sin contar con que los tales andamiajes pudieran alguna vez incrustarse en la fábrica del monumento y llegar á ser parte integrante y definitiva de la misma ciencia.

II

CARÁCTER DE LAS HIPÓTESIS

Muchos sabios hay á quien las hipótesis repugnan, porque ven en ellas algo así como un resto de la antigua escolástica y como un último esfuerzo de la metafísica para dominar la ciencia moderna.

No es esta la ocasión ni de defender ni de atacar el espíritu metafísico, aunque yo creo que mientras el hombre dé en pensar, y no es fácil que pierda esta, que muchos consideraran como funesta manía, el espíritu metafísico ha de estar renaciendo constantemente de sus cenizas.

Será un muerto á quien nunca se acabará de matar, ó será un perpetuo Lázaro en perpetua resurrección. Pero prescindamos de este transcendental problema, porque es lo cierto que no nos hemos propuesto discutirlo en este instante.

Las hipótesis modernas no son hipótesis metafísicas; no aspiran á penetrar en la esencia de las cosas. A penetrar en los fenómenos, sí; á penetrar en sus elementos, también; que por algo se ha inventado el microscopio, para ver lo que antes no veíamos, para aguzar nuestros sentidos, aunque siempre para ver, no para buscar esencias metafísicas.

Pues bien, las hipótesis modernas, la hipótesis mecánica sobre todo, no tiene otra pretensión ni otro alcance. No pretende decirnos lo que es el último átomo de un cuerpo; qué esencia misteriosa lo constituye: como cuerpo lo considera, análogo á todos los cuerpos que vemos con los ojos, desde el astro que voltea por el espacio hasta el canto rodado que se llevan las aguas del torrente.

Cuerpos son todos con esta ó aquella composición química; y porque se pase de una montaña lunar á una roca de los Alpes, ó á un grano de arena de la playa, ó á un cuerpecillo microscópico, no por eso se pasa de la ciencia positiva á la metafísica.

El tamaño de los cuerpos, por pequeño que el tamaño sea, no cambia su carácter de ser cuerpos sujetos á la observación y, en ocasiones, al método experimental.

Porque un físico afirme que el calor es la vibración de los últimos corpúsculos de la materia, no por eso hay derecho para decir que formula una hipótesis metafísica.

Ha variado de tamaño el objeto de su observación; pero en el campo de la naturaleza están uno y otro, el grande como el pequeño: el planeta que describe inmensa elipse alrededor del sol, como la molécula metálica que engendrando el calor describe clipse tan pequeña que ni aun con el microscopio se divisa, ó como el átomo de éter que vibra en trayectoria infinitesimal. Todo es materia: la del positivista que solo se fía de sus ojos, como la del físico que forja una hipótesis mecánica. Los misterios de la materia lo mismo palpitan ó lo mismo se envuelven en manto de niebla impenetrable en las lejanías de lo infinito, que en los ciclos sombríos de la nada.

Integros quedan todos los problemas filosóficos para los cuerpos que se ven y se tocan, porque nuestra vista los abarca y nuestras manos á ellos llegan, como para las moléculas de cualquier sustancia ó para los átomos del éter.

Dividir y subdividir un cuerpo y llegar de este modo con la imaginación á los elementos de la materia, no es, y permítaseme la palabra, hacer metafísica; es aplicar la ley más indiscutible de la geometría: la de la divisibilidad.

La diferencia entre unos y otros casos no consiste en que á uno se aplique el método positivo y á otros el método metafísico. Consiste la diferencia, repito, en que los ojos ven y las manos tocan los cuerpos de cierto tamaño y las partes pequeñísimas de estos cuerpos ni se ven ni se tocan, pero se suponen.

Aquéllos son, si se me permite la palabra, una realidad real; éstos una realidad hipotética más ó menos probable, respecto á los que, si la experiencia confirma las afirmaciones de la teoría, la probabilidad será cada vez mayor. Obsérvese que toda la hipótesis mecánica ni penetra en las esencias de las cosas ni forja entidades abstractas. Toma el mundo visible, sus cuerpos y sus fenómenos, como los toma cualquier positivista, el positivista más encariñado con la realidad material, y transporta este mundo de lo visible á las esferas de lo invisible y de lo infinitamente pequeño, reduciendo otro tanto su tamaño.

¿No cruzan los espacios millones de astros, es decir, masas enormes de materia? Pues el forjador de hipótesis ve en el seno de todo cuerpo astros pequeñísimos á que da el nombre de moléculas ó de átomos.

Y por achicar el tamaño de la materia, no por eso pretende explicar lo que la materia sea. Tan inexplicable es la materia de Marte, su inmenso globo, como la materia de la última partícula de una roca.

Al suponer que la roca se compone de moléculas y de átomos, no ha pretendido el físico dar la explicación de un misterio ó la solución de un problema de alta filosofía; y si lo hubiera pretendido su retención hubiera sido vana. Solo pretendiendo tales cosas es como la ciencia, según el dicho de un célebre escritor, puede hacer bancarrota; nunca porque formule unas cuantas hipótesis del orden mecánico, que ha de someter modesto y respetuoso al fallo de la experiencia, la cual, si no podrá juzgar directamente tales hipótesis, podrá juzgar al menos sus consecuencias.

El físico ve cómo los cuerpos celestes describen inmensas curvas en el cielo y supone, por una hipótesis bien natural, que las moléculas y los átomos de los cuerpos describen curvas pequeñísimas alrededor de su posición media de equilibrio; y que como la vista es impotente para percibir estos movimientos vibratorios, y como, por otra parte, las posiciones medias son invariables, por eso se cree que los cuerpos sólidos son también invariables de forma. Es como ver un cielo desde lejos ó imaginarse que no cambian las posiciones de los astros, porque los ángulos visuales son tan estrechos que las trayectorias se han reducido á un punto.

Pero esto, según antes decíamos, no es forjar una hipótesis metafísica.

Antes transportábamos la materia grande á la materia pequeña; pero sin pretender por esto explicar lo que la materia fuese.

Ahora transportamos el movimiento colosal al movimiento pequeñísimo; pero no por eso pretendemos explicar lo que el movimiento sea.

Que una masa planetaria describa una elipse cuyos ejes tengan millones de kilómetros, ó que un átomo describa otra elipse cuyos ejes se midan por millonésimas de milímetro, el fondo del fenómeno quedará siempre el mismo, y si el movimiento es un concepto metafísico, ó si es un misterio inexplicable de la Naturaleza, no por haber variado las dimensiones de la curva ó la velocidad del móvil se nos podrá acusar con justicia de pretender explicar

lo que en manera alguna pretendemos reducir á su esencia filosófica.

El concepto de espacio y el concepto de tiempo continuarán siendo lo que eran. Si algún filósofo los explicó en el astro, explicados estarán al mismo tiempo en la elipse infinitesimal; si ninguna filosofía logró explicar el movimiento en grande, la explicación no avanzará un solo paso por haber achicado, digámoslo así, las dimensiones del fenómeno. Y la hipótesis por la cual transportamos el mundo visible al mundo invisible será más ó menos acertada, más ó menos fecunda; pero nunca podrá decirse que tiene ambiciones metafísicas, ni, dado que fracase, habrá hecho por ello la ciencia bancarrota; ni, dado que prospere, se habrá penetrado en la esencia de las cosas. Sería como haber descubierto un microscopio más poderoso que los anteriormente conocidos; pero no sería otra cosa.

(Se continuará.)

JOSÉ ECHEGARAY.

PARÍS.—PUENTE DE ALEJANDRO III SOBRE EL SENA ⁽¹⁾

Entre las obras que con motivo de la Exposición de 1900 se han de construir en París, una de las que más han de llamar la atención del ingeniero es el puente de Alejandro III.

Los franceses, al proyectar este puente, se han propuesto hacer una obra verdaderamente monumental, no sólo por su situación, elegida en uno de los puntos más hermosos de París, entre los puentes de la Concordia y los Inválidos, sino muy especialmente en memoria de la augusta persona á quien va dedicada la obra.

El proyecto ha sufrido varias modificaciones, debidas á la precipitación con que hubo que redactar el anteproyecto para que el Czar Nicolás II, en su viaje á París, pudiera colocar la primera piedra, ceremonia que se verificó con gran pompa el 7 de Octubre de 1896; pero, de todos modos, las líneas generales del primitivo proyecto se han conservado, y las variaciones introducidas son de detalle, habiéndose adoptado como definitiva la disposición que vamos á indicar.

Elección de sistema.—Los datos impuestos por las condiciones del problema presentaban grandes dificultades para poderlo resolver á satisfacción de todos.

Por una parte, la marinería del Sena exigía una altura libre debajo del puente suficiente para el paso de los barcos en las avenidas; por otra, el nivel del firme no podía pasar de un cierto límite si el puente se había de unir con razantes de pequeña pendiente á las vías existentes, á más de que, caso de levantar mucho un punto cualquiera del tablero, se ocultaba la perspectiva de la Explanada de los Inválidos.

(1) La REVISTA DE OBRAS PÚBLICAS, en los números de 25 de Marzo y de 9 de Septiembre, ha adelantado ya algunos datos relativos á la disposición, dimensiones y materiales del puente de Alejandro III. Esto no obstante, la importancia de la obra y la expectación que ha despertado entre los Ingenieros, nos hace creer será interesante una descripción del proyecto y del estado de la construcción, con datos tomados al pie de la obra, gracias á la amabilidad del Ingeniero de Puentes y Calzadas M. Alby, encargado de la construcción y uno de los autores del proyecto, quien nos ha proporcionado para la REVISTA cuantos datos hemos creído necesarios.