

DIVULGACION CIENTIFICA

Física y metafísica

Cada vez se hace mayor, en nuestra época, la distancia entre el especialista científico y el hombre inteligente medio. Esto no ocurría en épocas anteriores. En el siglo XVIII, todo hombre de pretensiones intelectuales, sobre todo en Francia, estaba más o menos familiarizado con Newton, que entonces gozaba de la misma boga que ahora Sigmundo Freud. En el siglo XIX, la conquista más estrepitosa de la investigación científica fué la teoría evolucionista de Darwin, que todo hombre culto entendía fácilmente. Pero en nuestro siglo, los resultados científicos más importantes han tenido lugar en el dominio de la física, y exigen para su comprensión abstrusos y difíciles razonamientos matemáticos. Tan complicado y difícil es este género de razonamientos, que incluso físicos muy distinguidos no pueden, a menudo, seguirlos. El hombre culto medio sabe que se han descubierto cosas maravillosas sobre la relatividad y el átomo; pero tiene que contentarse con ello, porque haga lo que haga para concebir realmente estas cosas, nunca lo logrará de modo satisfactorio. Este hecho no sería digno de mención, si en los nuevos descubrimientos físicos se tratase únicamente del perfeccionamiento y especialización de una ciencia que se desarrolla cerrada en sí misma. En este caso, podría abandonarse tranquilamente el asunto a los especialistas, limitándose el público, en general, a una benévola neutralidad.

Pero las nuevas teorías físicas no solamente son nuevas en su técnica matemá-

tica y en los resultados a que conducen; son, asimismo, nuevas por su general punto de vista, por el carácter de sus razonamientos y, finalmente, por la metafísica que inspira sus hipótesis. Pero esta peculiaridad de la física moderna sólo accidentalmente se oculta, bajo técnicas matemáticas especiales, y por esto puede concebirse sin esfuerzo que los profanos inteligentes—por lo menos, los más jóvenes—puedan comprenderla y justipreciar exactamente su importancia. Como en toda ciencia que crece con tanta rapidez, persisten todavía aquí controversia e incertidumbre, y ambas partes, en su disputa, conducen a teorías inaccesibles para el entendimiento vulgar, y que, a su vez, tienen algo de común que las distingue de las teorías del pasado.

La física aplicada, es decir, la que se utiliza en la industria, incluso en una aplicación tan nueva como la del radio, continúa usando viejos conceptos, completamente corrientes para la inteligencia de los profanos cultos. Pero la física última todavía no ha recibido ninguna aplicación práctica. Esto no es una razón para suponer que no la recibirá más adelante. La teoría sobre el radio existió muchos años antes que pudiera utilizarse en fines prácticos. No es mi propósito anticipar en este artículo las invenciones por las cuales se utilizarán más tarde, prácticamente, las conquistas de la nueva física. Lo que me propongo es mostrar las transformaciones radicales que tienen que producirse en la metafísica popular, si la nue-

va física ha de ejercer en nuestra concepción la misma influencia que obró Newton en el siglo XVIII y Darwin en el siglo XIX.

Si quisiéramos resumir en una breve proposición la diferencia entre la física actual y la antigua, creo yo que podríamos escoger la siguiente fórmula. **El mundo no consiste en cosas.** Para el metafísico, esto es una idea nueva; pero esta idea antes no podía encontrar apoyo en una técnica científico-natural que existiese a su lado, y, por tanto, no estaba en disposición de combatir las concepciones metafísicas populares que supervivían, tranquilamente, junto a sus especulaciones. Pero hoy, también los físicos, que son los más testarudos de los hombres; que han contribuido más que nadie a los triunfos mecánicos y espirituales característicos de nuestra época, han introducido en su técnica aquella doctrina de la insustanciabilidad, que muchos metafísicos habían defendido, inútilmente, desde hacía tiempo. "Somos de la misma materia que nuestros sueños"; esta era antes una metáfora poética, pero hoy está ya entre los supuestos científicos de la física.

Parece completamente verosímil que las ideas fundamentales de la física moderna, una vez que sean aprehendidas por los hombres cultos y los semicultos, transformen radicalmente su concepción de la vida y de la política, para no hablar de la religión y del Código penal. Me estremece pensar en la revolución que tenemos que sufrir para adaptarnos a las ideas de un Heisenberg o de un Schrodinger que, en muchos respectos, son aún más insólitas que las de Einstein. Para comenzar tendríamos que transformar completamente nuestra gramática. Nuestra gramática está basada en la creencia en las cosas permanentes y acaba con esta creencia. "Una serie de apariencias distintas, que cambian poco a poco con el

tiempo, quedan enlazadas unas a otras por un mismo nombre—dice Juan Pérez—y forman a nuestra vista una persona." Si una de estas apariencias roba una pierna de cordero, es muy justo y legítimo encerrar entre las cuatro paredes de una cárcel una de las otras apariencias. Pero si no vivimos ya en la idea de que la persona que recluimos en la prisión es la misma que ha robado, estaremos menos seguros de nuestro derecho a encerrarla. Pero si además llegamos a reconocer que ni hay muros de cárcel ni patas de cordero, entonces tendríamos que preparar aún muchas más transformaciones de nuestros conceptos tradicionales. No pretendo afirmar ahora que no hay prisiones, aunque ya dijo el poeta: "Ni los muros de piedra son la prisión, ni tampoco la jaula son los barrotes." Sin embargo, admito que el poeta no sabía, por completo, qué es entonces lo que es la prisión, y si lo supiese, se vería muy apurado para expresar este saber en verso. Una prisión consiste en un gran número de "matrices", y una "matriz", a su vez, es un rectángulo infinito de números. Definir completamente una jaula, plantea un problema complicadísimo en una moderna rama de la metafísica que se llama Topología, de la cual hoy solamente se tiene exacto conocimiento en dos universidades: una, la de Princeton, y otra, la de Moscú. Así, pues, si algún lector quiere saber lo que es una jaula, le aconsejo se dirija al profesor Veblen de la Universidad de Princeton, si bien no puedo garantizarle que reciba una respuesta inteligible.

Cuando digo que no hay "cosas", no he expresado todavía ninguna idea definida. Voy a intentar poner en claro lo que pienso. Supongamos que divisamos en la oscuridad de la noche el rayo luminoso de un faro que gira sobre la tierra y el mar. Este rayo conserva, en ciertos aspectos, su identidad, y, sin embargo, no

lo pensamos como una "cosa". O bien, supongamos que oímos cantar el **Star-Spangled banner**; esto es una canción, pero no la denominaremos "cosa", sino que es una serie de notas, cada una de las cuales es, por esencia, de muy corta duración. Si yo digo ahora que no hay "cosas", quiero decir que mesas, sillas, panecillos y objetos análogos están constituidos de la misma manera que el rayo luminoso y la canción, que también ellos son una serie de fenómenos más o menos homogéneos, ligados entre sí, no por virtud de su identidad substancial, sino por cierta conexión causal.

Tampoco es esto ninguna idea nueva. Ya los primeros budistas de la época del rey Asoka la enunciaron. Pero en este punto llegamos a algo realmente nuevo, a una nueva concepción del concepto de causa. Los primeros tratadistas creían firmemente en la conexión y su ética. También la física de Newton creía firmemente en la causalidad, que fué un elemento esencial en el materialismo del siglo XVIII. El científico, y aún más enérgicamente el filósofo que interpreta la ciencia, habían dicho hasta ahora, en breves palabras, que la creencia en una rigurosa conexión causal es un postulado indispensable de la ciencia. Pero todo esto parece hoy dudoso. La causalidad, como las demás nociones tradicionales, se refiere a lo que acontece con las "cosas" en su multiplicidad, pero no a lo que acontece a cada "cosa" en su individualidad.

Hoy es una cuestión dudosa, que los físicos discuten con una objetividad tan notable como asombrosa, el que la ley causal, tomada en sentido estricto, sea aplicable también a los fenómenos más pequeños que se conocen hoy. Acaso se confirme la vigencia de la ley, pero también puede ocurrir que no se confirme. De todas suertes, la ciencia puede vivir exactamente lo mismo sin la vieja ley causal

que con ella. Las leyes científicas, tal como se conocían hasta ahora, afirmaban aproximadamente lo que acontece habitualmente, pero no lo que acontece siempre exactamente. El hombre se ha dejado llevar, seducido por la precisión de los métodos matemáticos, a la idea de que las leyes matemáticas de la física, no sólo son precisas, sino también exactas. Tal vez la distinción no sea clara, pero un ejemplo ayudará a explicarla. Si digo que un ción es precisa, pero prácticamente no es exacta, es decir no corresponde exactamente a la verdad. Si quiero hacer una aserción que corresponda exactamente a la verdad, debo formularla con menor precisión, y, en nuestro caso, decir, por ejemplo, que la altura de ese hombre oscila, con una aproximación de un cuarto de pulgada, alrededor de los seis pies. Las leyes de la vieja física son como la afirmación de que el hombre de nuestro ejemplo tiene, justo, seis pies de altura; son leyes rígidas precisas, pero, probablemente, no corresponden a la verdad. Las nuevas leyes pueden tal vez corresponder a la verdad, pero han perdido algo de su anterior precisión. La vieja física descansa sobre observaciones algo groseras de grandes objetos, entendiéndolo por grande lo que es mayor que un átomo. Esa vieja física encontró que, dentro de los límites de la observación entonces posible, ciertas leyes matemáticas precisas se adecuaban al comportamiento de esos grandes objetos, y entonces se admitió que no solamente esas leyes precisas eran precisas, sino, además, exactas. Este último supuesto ha tenido que abandonarse hoy, y las viejas leyes aparecen actualmente como simples probabilidades estadísticas, semejantes a la afirmación de que si lanzamos muchas veces al alto una moneda, saldrá tantas veces cara como cruz.. De hecho parece como si todo lo que vemos no sea más que probabilidad estadística. Por e-

ejemplo, una superficie coloreada significa la probabilidad estadística de variaciones cuantitativas en una determinada región. La constancia que antes se solía pensar como propiedad esencial de la naturaleza, es definida hoy por muchos como simple constancia de la probabilidad. El fenómeno individual se reduce, como éstos se afirman, a choques intermitentes entre los átomos, y la probabilidad estadística de que se produzca un choque en cierto punto, cambia constantemente con el lugar; y esta probabilidad es lo que vemos en realidad cuando nos parece ver una silla y una mesa. Cuando el doctor Johnson, para refutar a Berkeley, empuja con el pie una piedra, lo que él empuja, si creemos a los físicos modernos, es una probabilidad estadística; y el consiguiente dolor en el dedo del pie representa la probabilidad estadística de un cierto agrupamiento de átomos en esa parte de su pie.

Mas, con todo, no ha de suponerse que podamos creer en átomos y electrones, salvo si los tomamos en el sentido de ficciones útiles, como Juan Pérez. Un electrón está constituido por una serie de fenómenos en un lugar donde el electrón mismo no está. ¿Qué son, entonces, estos fenómenos? Lo único de ellos de que tenemos un conocimiento inmediato son nuestras propias percepciones. Si hay aún algo más, sabemos muy poco de ellos, salvo esas leyes matemáticas a que, aproximadamente, obedecen.

La imagen normal del mundo que posee el hombre normal, así como su criterio de medida, derivan de una concepción radicalmente distinta. Supongamos que cada hombre desee ser una "personalidad dinámica". Probablemente sentiría con menos fuerza este deseo, si supiese que no puede existir nada "dinámico" y que no hay "personalidades". Lo que digo con esto, está, naturalmente, pensado en un sentido pickwickiano. Para ciertos sencillos fines

prácticos no se incurre en crasa falsedad si llamo a un hombre "personalidad dinámica". Pero en cuanto intentásemos determinar con toda exactitud lo que realmente significa ser "personalidad dinámica", creo yo que desaparecería, en su mayor parte, el encanto que ejerce esta frase. Dejo a un lado, por el momento, la palabra "personalidad", porque no quisiera meterme en el terreno de la psicología. La palabra "dinámica" nos suministrará por sí sola bastante materia para la meditación. Lo que pensamos cuando hablamos de una persona "dinámica" es—definido tan precisamente como nos sea posible—, una persona que engendra mucho movimiento en la materia. Pero ya hemos visto que acaso no hay materia y que "movimiento" es una idea completamente vaga; por tanto, es evidente que tampoco la palabra "dinámico" puede conservar su fuerza percutiente. Pero tal vez pudiésemos dar a esta palabra una significación diferente. Tal vez pudiésemos decir que el hombre es una personalidad "dinámica" cuando le agita el deseo de dejar las cosas en un orden esencialmente distinto de aquel en que las encontró, y realiza su deseo en una forma que, según la opinión corriente, es causada en parte por él. Pero, por desgracia, tampoco esta definición es completamente satisfactoria, puesto que podría aplicarse, por ejemplo, a un hombre que, en mitad de una borrachera, abatiese a golpes a un policía. Mas no estamos propicios a ver en este género de borrachos una "personalidad dinámica", pues sabemos que su prurito de golpear a los policías está relacionado con las propiedades químicas del alcohol. Así, pues, acaso lo esencial de nuestra idea de un hombre como "personalidad dinámica" sea esto: que conocemos los efectos de sus acciones, pero sin saber nada de sus causas. Hay aquí dos distintos puntos de partida para el juicio. En primer lu-

gar, el antiguo tipo de juicio, que he representado en el ejemplo del borracho, y que parte de que los deseos y acciones de un hombre tiene su causa en cosas exteriores fuera de él, de suerte que él mismo no es más dinámico que un grifo de agua. Pero la nueva forma de juicio recusa la vieja idea de causa por vaga y popular. No quisiera ir tan lejos y decir que un hombre no es, de hecho, más que lo que parece ser para otros hombres, porque esto equivaldría a plantearse la cuestión de qué son los otros hombres. Pero, con todo, una definición semejante contendría una porción de verdad, pues así como podemos definir un trozo de materia como una serie de efectos que concurren en el lugar donde no está, podemos decir también lo mismo de un hombre en la medida en que lo consideremos como lleno de fuerza o dinámico o influyente. El hombre real es el hombre considerado psicológicamente y no el hombre como causa que produce efectos sobre el mundo que le rodea.

En nosotros pervive aún la idea de que la materia se caracteriza por una cierta propiedad, que el doctor Whitehead llama "fuerza propulsiva". Cuando miramos una partida de billar, pensamos que una bola golpea a otra y la empuja. Pero es una ilusión. Las bolas no se tocan. Los electrones exteriores de una chocan con los electrones exteriores de la otra; estos electrones externos intentan moverse hacia dentro, pero son, a su vez, repelidos por aquellos otros electrones a los cuales quieren acercarse. De aquí resulta una incómoda apretura, y a todo el enjambre no le queda otro remedio que moverse y buscar otro lugar en que no tenga tan desagradable vecindad. El proceso es comparable al que experimenta un hombre que ama la soledad y tiene que moverse continuamente, porque siempre algún otro construye su casa junto a la suya. Así,

pues, no es que los electrones lleguen a tocarse realmente entre sí en el choque, sino que más bien tienen repulsión a acercarse demasiado a otros electrones. Claro está que todo esto no pasa de ser comparaciones groseras. Para hablar con claridad y exactitud, habría que expresar todo el hecho en una lengua en que se sustituye la palabra electrón por diferentes formas de energía radiante y de ondas de Schrodinger, ondas que no se forman en el océano, sino que constituyen el océano mismo. Pero en ningún caso puede ofrecerse como clave del universo lo que se ve de una partida de billar. Y este conocimiento es, evidentemente, el golpe de muerte para el materialismo, pues la esencia del materialismo ha sido siempre la creencia de que el mundo se compone de particillas esféricas como las bolas de billar. O para preferir otro ejemplo, y volviendo al del rayo luminoso, que emite el faro en la noche oscura, para el materialismo es evidente que el faro es real, sólido, tangible, mientras que el rayo luminoso es, más bien, un evanescente rayo reflejado producido por el estado en que se halla la materia en el faro. Sería más adecuado a la moderna concepción decir que si el rayo luminoso es indudablemente real en tanto dura, el faro solamente es un inferencia que hacemos, partiendo del rayo luminoso, y además, una inferencia precaria. Y si se replica que se puede incluso ir a tocar las paredes del faro, con eso solamente se dice que nos producen una sensación de dureza, sensación que se produce en el que las toca, y no en el faro. Con esto se demuestra que aquello que del faro nos enseña el tacto, es, en realidad, tan indirecto como lo que vemos al observar el rayo luminoso en las tinieblas.

Todo esto es una vieja historia para la metafísica; sólo es moderno como física. Antes existía un abismo entre física y me-

tafísica; ahora, el abismo está a punto de cerrarse. Los metafísicos se han hecho algo menos arrogantes, y los físicos han sido obligados por sus experimentos a hacerse algo metafísicos. La consecuencia es que en la filosofía se ha infiltrado cierta solidez, procedente de la física, que nunca se encontraba en la filosofía de las épocas pasadas.

Debo confesar, sin embargo, que en la actualidad nos basamos mucho menos en la demostración matemática que en otras épocas. Como modelo rigió siempre Euclides, que había declarado que podía probar todas sus proposiciones, con excepción de ciertos axiomas, evidentes por sí mismos. Hoy sabemos que no existe ninguna razón para admitir estos axiomas como verdaderos, y que las consecuencias que Euclides deducía de ellos, pueden ser, a lo sumo, conocidas sobre base experimental. La opinión general que hoy reina es que los axiomas de Euclides son verdaderos, con cierta aproximación, para los cuerpos de las magnitudes usuales, pero no para los cuerpos pequeñísimos, ni para espacios del tamaño del universo, que hoy se supone limitado. En la época de Newton persistió todavía intacto el prestigio de Euclides; el estilo matemático de Newton se apoyaba completamente en la tradición griega. Pero hoy día el físico matemático se deja impresionar menos por la fuerza demostrativa de sus métodos matemáticos. Sus razonamientos matemáticos son tomados, simplemente, como líneas directrices para algunos experimentos decisivos, esenciales. Se puede afirmar por tanto, que el estilo matemático se ha transformado, y que a esta transformación responde también, en algún respecto, la del estilo de la prosa. Compárese, por ejemplo, el estilo de Sir Thomas Browne con el de Mr. H. G. Wells, y se tendrá una idea de la diferencia entre el estilo matemático de Newton y el de, por ejem-

plo, Niels Bohn, el primero que aplicó a los átomos la teoría de los **cuanta**. Es un hecho muy curioso que la aplicabilidad práctica de la ciencia ha aumentado en la misma medida en que han disminuído sus pretensiones intelectuales. Creo que si Empédocles pudiese hablar con Einstein, se asombraría de la ignorancia de Einstein sobre muchas cosas de las cuales él había supuesto siempre que las sabía. Pero ni siquiera es necesario retroceder hasta Empédocles; me parece que el propio Lord Kelvin sentiría el mismo asombro. Solamente queda la esperanza de que, a pesar de todo, no vería en Einstein un loco. Acaso la creencia de que sabemos algo, fué una fantasía necesaria para compensar el sentimiento de nuestro desamparo e impotencia. Saber es poder, y, por tanto, la ilusión de saber es ilusión de poder. La ciencia moderna, en la misma medida que nos va dando un poder real, disminuye la necesidad de esa ilusión compensadora de un saber ficticio. Estamos hoy más propicios a confesar nuestra ignorancia de la naturaleza real de las cosas, porque sentimos que podemos manejarlas mucho mejor que antes. La tendencia de esta actitud intelectual es, naturalmente, el fomento de la llamada teoría instrumental del saber; por la cual entendemos—si queremos contentarnos con una definición a grandes rasgos—aquel saber sobre algo **que nos enseña a comportarnos exactamente cuando ese algo está presente**. Si se sabe, cuándo hay que inclinarse ante un rey, cuándo debe llamársele "Majestad" y cómo se le puede honrar y lisonjear, se sabe sobre el concepto de rey todo lo que, según la teoría instrumental del saber, se puede saber de él. Y asimismo, cuando estamos en condiciones de utilizar un teléfono, de hacerlo, de repararlo, sabemos, según esta teoría, cuánto es posible saber del teléfono. Confieso que esta teoría me repugna hondamente, aun-

que me inclino a suponer que puede ser verdadera. Acaso la fuente psicológica de esta repugnancia es la asociación entre saber y amor. Cuando un hombre ama, no se satisface con observar el comportamiento exterior de la persona amada, sino que desea, en tales momentos, conocer lo que él llamará su alma; justamente, sus pensamientos más secretos son lo que más profundamente interesan al enamorado. Un hombre de ciencia era, en los tiempos pasados, un hombre que amaba la naturaleza en este sentido, y así perdería algo de aquella satisfacción que antes le proporcionaba el saber, si éste quedase reducido al conocimiento de las maneras o

trucos convenientes para conducir la naturaleza de modo que nos rinda sus favores, sin ningún otro designio. Quizá aquel profundo triunfo espiritual del que a la larga depende el éxito práctico de la ciencia aplicada llegue a ser enormemente difícil cuando se extirpe completamente la concepción mística, que considera el saber como una especie de desposamiento del que sabe con lo sabido. No obstante, yo no quiero predicar en favor de este misticismo, sino únicamente indicar, para concluir, en que puede ser todavía valioso.

Bertrand Russell

Historia de la física

II. LAS TEORIAS ATOMICAS MODERNAS

I. Tendencias antagónicas

En física, como en las demás ramas del conocimiento, el problema del continuo y del discontinuo está planteado desde siempre. En ésta, como en todas las ciencias, el espíritu humano ha manifestado dos tendencias a la vez antagónicas y complementarias: de una parte, la tendencia que intenta explicar la complejidad de los fenómenos por la existencia de elementos simples, indivisibles y enumerables, y analizando la realidad, pretende reducirla a una polvareda de individuos; de otra parte, la tendencia que, inspirándose en nuestra noción intuitiva del espacio y el tiempo y comprobando la interacción universal de las cosas, considera artificiosa toda tentativa de recortar individuos bien delimitados en el flujo de los fenómenos natu-

rales. La lucha entre la concepción continua y la concepción contraria prosigue en física desde hace siglos con diversa periodicidad, predominando cada una de ellas alternativamente, pero sin que ninguna de las dos llegue a triunfar completamente de la otra. No hay en este hecho nada que pueda sorprender al filósofo, porque la evolución de las doctrinas en todas las esferas de la actividad intelectual le muestra que los conceptos de continuo y discontinuo llevados al extremo y opuestos entre sí son impotentes para traducir la realidad y que ésta exige siempre una fusión sutil y casi indefinible de los dos términos de esta antinomia.

Aquello que da un interés particular a la cuestión del continuo y del discontinuo en la física actual, es que desde hace unos años está planteada por los físicos con un rigor y en una forma completamente nueva. Con más claridad que nunca, se ha visto la necesidad de sintetizar los dos