

LA OBSERVACION EN FISICA

El origen de todo conocimiento se encuentra en los sentidos. Todos aquéllos que tratan de edificar el proceso científico a priori están condenados a un fracaso cierto. No poseemos, como creyó Platón, ideas innatas que nos ayuden a conocer el mundo exterior. Todo conocimiento empieza por los sentidos y a ellos ha de acudir la física a fin de descubrir las propiedades de los seres sensibles. Aún los principios metafísicos, en contra de lo que muchos suponen, están basados en los datos que los sentidos nos suministran. La fase inicial de toda investigación de la naturaleza ha de ser experimental, empírica.

La observación de los sentidos se realiza en el espacio y tiempo y es concreta y singular. Sin embargo, las leyes y teorías expresan juicios universales que son verdaderos hoy y mañana, aquí y allá. Por ejemplo, el punto de ebullición del agua, en condiciones normales de presión y temperatura, es de 100 grados, no en un caso o dos, sino en todos. El espacio recorrido por un móvil que posee una aceleración constante, está expresado por la ley $e = at^2 + b_0$. Esta ley es válida en España y Africa, en tiempo de Galileo y en el que vivimos ¿Cómo es posible que existan leyes universales que se derivan de los datos singulares suministrados por los sentidos? Como punto de partida, la observación científica se basa en los datos de los sentidos; estos datos, sin embargo, no son suficientes, ya que la física requiere algo válido en todos los casos, no solamente en éste o aquél, propio del conocimiento sensitivo. La observación de la física no sólo es observación sensitiva, es también observación intelectual. El entendimiento aprehende las leyes estableciendo un orden en el desorden de los datos de los sentidos, formulando así leyes fijas y universales.

La observación científica tiene que ser dirigida por la razón y la imaginación. Los sentidos no juzgan; la vista ve y el oído oye, pero el juicio sobre lo que se ve y oye es un juicio del entendimiento. La observación no se reduce a ver, ni a oír, ni a tocar, sino que se necesita juzgar lo que se ve, lo que se oye, y lo que se toca. La observación se centra alrededor del entendimiento, pero es dependiente siempre de los datos que los sentidos le presentan.

Esto plantea el siguiente problema ; es conocido por todos lo que en psicología se conoce con el nombre de Rorschach, a saber, una serie de láminas con borrones de tinta sin representación objetiva alguna. Sin embargo, los que observan estas figuras reaccionan diferentemente ante ellas ; unos ven una cosa y otros otra diferente, dependiendo de la psicología particular de cada persona. Aun mas, la teoría psicológica de la Gestalt explica cómo ciertos dibujos pueden ser interpretados de dos modos diferentes ; por ejemplo, el mismo dibujo puede ser interpretado como un antílope o como un pájaro. Lo que se ve depende del modo de verlo. Si éste es el caso en la observación científica, entonces tendría que haber tantas físicas como científicos teóricos dedicados a la observación. A cada observador correspondería una física distinta.

Realmente los dos ejemplos citados presuponen mucho más de lo que se ve. Los experimentos psicológicos de la Gestalt y Rorschach son útiles en esta ciencia, pero pueden ser mal interpretados en física, porque si por observación se entiende la mera descripción de lo que los sentidos suministran, entonces, todos los físicos están de acuerdo, más o menos, en lo que la observación les ofrece. Lo que ocurre es que la observación pura, la mera descripción de lo que los sentidos perciben, aun con la ayuda del entendimiento, es totalmente insuficiente para lo que la física necesita.

Supongamos que miramos a través de un telescopio la inmensidad del cielo. ¿Qué es lo que vemos? Una multitud de puntos más o menos brillantes, colocados al azar en el fondo oscuro del firmamento. A estos puntos brillantes se les llama estrellas, pero realmente el ojo no ve estrellas, sino tan sólo unos puntos brillantes que no sabemos lo que son. El que sean o no estrellas lo ha suministrado la información del entendimiento. La observación vulgar presupone un conocimiento elemental de astronomía y con la ayuda de estas teorías elementales se observa el cielo. La observación presupone, aun en estos casos, mucho más de lo que realmente los sentidos nos prestan. Si es Arturo Eddington el que observa, aunque materialmente ve lo mismo, formalmente ve mucho más ; conoce los puntos brillantes por su nombre, distingue estrellas, galaxias y planetas, y la relación entre ellos. Lo que el entendimiento le suministra es mucho más que lo que nos suministra a nosotros. Eddington está observando con conocimiento de las leyes y teorías de la astronomía.

¿Qué hace el hombre común con tanta estrella? Muy poco, no conoce sus leyes, ni las puede clasificar, ni deducir sus posiciones, ni su edad, ni sus relaciones. El astrónomo, en cambio, establece orden en donde nosotros sólo percibimos desorden, clasifica las estrellas, conoce sus velocidades y órbitas y hasta habla de un universo que se está expansionando. Mucho más que nosotros. La observación astronómica auténtica presupone el conocimiento de las teorías científicas ; cuanto más se sabe, mejor se observa. Si nos presentan una fotografía obtenida en el monte Palomar, lo que nosotros vemos es

muy poco; unas manchas y muchos puntos blancos, en un fondo negro. El astrónomo, sin embargo, nos dice que es: "La nebulosa llamada 'el Cangrejo', que tiene su origen en una explosión gigante ocurrida en el año 1054. Su luz está originada por partículas eléctricas aceleradas a gran velocidad, y que se han originado por la aniquilación de anti-materia (1). Indudablemente el astrónomo ve mucho más que lo que nosotros vemos.

Trasladémonos ahora al bevatrón de la universidad de California en Berkeley y observemos un experimento. Después de un cierto tiempo nos presentan una fotografía. ¿Qué es lo que observamos? Unas rayas blancas paralelas, otras circulares en espiral, en un fondo negro. Cuanto más, si conocemos algo de física, suponemos que estas rayas han sido causadas por partículas elementales. Para W. M. Powell y Emilio Segre la fotografía dice mucho más. Ellos ven que: "el anti-protón es aniquilado por la colisión con protón en un núcleo de carbono. La trayectoria corta de la izquierda de la estrella del pimesón es un fragmento del núcleo. En la parte inferior de la izquierda un protón retrocede como consecuencia de una colisión con el pimesón" (2). Indudablemente la observación del hombre de la calle no es la misma que la del físico teórico; este ve mucho más.

Es decir, la observación puramente material de los sentidos, aun ayudados por el entendimiento en la descripción de esta observación, no es lo que la ciencia física necesita, ya que es incapaz de deducir de ella leyes y teorías. La observación física presupone leyes y teorías para que sea científica y fructífera y ello por las siguientes razones:

1) La selección, evaluación, y ordenación de los datos científicos se hace siempre bajo la luz de las teorías físicas. Sin ellas esto sería totalmente imposible como es totalmente imposible establecer orden en el firmamento por una persona que desconoce la astronomía. Ante una nueva fotografía obtenida en el monte Palomar el astrónomo selecciona aquello que es importante, evalúa las partes de la fotografía y ordena los datos según leyes. Lo mismo ocurre en cualquier laboratorio de física. De las innumerables fotografías obtenidas en un bevatrón, por ejemplo, sólo unas pocas son importantes y el físico teórico selecciona, a la luz de las teorías y leyes físicas, aquellas que son importantes y en la fotografía seleccionada se fija en aquellos datos que sirven para ilustrar una nueva reacción nuclear, por ejemplo, descartando el resto como irrelevante.

2) La observación no se reduce a una mera selección de datos; es algo más. Es además una interpretación de lo que se ve. Norwood Hanson, en "*Patterns of Discovery*" (3) explica cómo diferentes ob-

(1) GEOFFREY BURBIDGE y FRED HOYLE, "Anti-Matter"; *Scientific American*, 198,4 (1958), p. 38.

(2) *Ibid.*, p. 36.

(3) N. R. HANSON, *Patterns of Discovery* (Cambridge, University Press), 1958, p. 7.

servadores interpretan el mismo fenómeno diferentemente. Por ejemplo, supongamos que Kepler y Tycho Brahe están observando desde la misma colina la misma puesta de sol. ¿Qué es lo que ven? Kepler ve el sol fijo; para Tycho en cambio es la tierra la que es fija. Tycho Brahe interpreta la salida del sol por el horizonte de acuerdo con la teoría de Tolomeo: la tierra es fija y los cuerpos se mueven circularmente alrededor de ella. Kepler en cambio considera el sol como fijo, la tierra es la que se mueve. Los dos astrónomos interpretan los mismos datos de modo diferente. La observación pura es la misma, pero al mismo tiempo que el físico teórico observa los fenómenos, los va interpretando de acuerdo con leyes y teorías; si las teorías son diferentes, la interpretación de las mismas ha de serlo igualmente. Newton interpreta la gravitación postulando fuerzas. Einstein las suprime e interpreta los mismos fenómenos siguiendo leyes geométricas. Un astrónomo interpreta ciertos datos como la confirmación de la expansión del universo; estos mismos datos son interpretados por otro según una teoría estática del universo. El físico teórico dirige la observación y la interpreta iluminado por las teorías existentes. La misma observación diaria, corriente, vulgar, de todos, interpreta lo que ve de modo modesto, pero lo hace. La observación de los sentidos y la interpretación intelectual física de esa observación son fenómenos universales y diarios. El hombre corriente interpreta la caída de una piedra por la fuerza de la gravedad, aunque desconozca la naturaleza exacta de esa fuerza. Todos interpretamos lo que vemos —por lo menos en los fenómenos más corrientes—, pero el físico interpreta otros muchos totalmente desconocidos del hombre vulgar y esos mismos fenómenos corrientes los interpreta con una profundidad y exactitud que sólo una teoría física puede suministrar.

3) El planteamiento de los experimentos y la realización de los mismos se hace gracias al conocimiento profundo de las teorías físicas. Y eso aun para la invención de los instrumentos que hacen posible el experimento. Por ejemplo, la determinación de la carga del electrón e por Millikan presupone un conocimiento profundo de la física de su tiempo, de los experimentos anteriores conducentes a ese fin, más una rara habilidad inventiva en la concepción del experimento. Millikan conocía los experimentos de Townsen, Thomson y Wilson y trató de evitar las dificultades encontradas por estos físicos por medio de "un campo eléctrico suficientemente fuerte para equilibrar la fuerza de la gravedad sobre las partículas, y entonces por medio de un contacto movable variar la fuerza del campo a fin de conservar el equilibrio entre la fuerza de gravedad y la fuerza eléctrica" (4). La idea fundamental del experimento consistía en engendrar una nube de partículas eléctricas entre los platos de un condensador, y equilibrar

(4) ROBERT ANDREWS MILLIKAN, *Electron, Protons, Photons and Cosmic Rays* (Chicago, University Press), 1935, p. 131.

la fuerza de gravedad de las gotas con la fuerza de un campo eléctrico opuesto a la gravedad. Pero en la práctica se descubrió que la ley de Stokes no era válida en la forma conocida entonces y que además era necesario conocer con exactitud el coeficiente de viscosidad del aire. Finalmente, después de las correcciones correspondientes y de la superación de otras dificultades que siempre aparecen en el laboratorio, obtuvo el valor de $e = 4.770 + 10^{-10}$ u. e. c. g. "Descubrimos" dice Millikan, "primeramente que la electricidad es atómica, y además medimos la carga del electrón en términos de la velocidad característica de cada gota" (5). Sin un conocimiento profundo de las teorías de su tiempo, del instrumental conocido entonces, y de los experimentos anteriores al suyo la determinación de la carga del electrón hubiera sido totalmente imposible.

Otro ejemplo: en Octubre del año 1955, cuatro físicos de la universidad de California en Berkeley, a saber, Emilio Segre, Owen Chamberlain, Thomas Ypsilantis y Claudio E. Weigan, anunciaron el descubrimiento de la partícula elemental conocida con el nombre de anti-protón. La gestación del descubrimiento ilustra las relaciones de la observación y las teorías físicas. La predicción de la existencia del anti-protón es debida básicamente a P. M. Dirac, un físico inglés de la universidad de Cambridge. Desarrolló una ecuación, basada en la relatividad y mecánica cuántica, que ligeramente modificada predecía la existencia del anti-protón, es decir, de una partícula idéntica al protón, pero con carga negativa. La masa era la misma del protón, se aniquilaba cuando encontraba un protón y nunca se podía generar aisladamente sino tan solo en pareja con el protón o neutrón. Todos estos datos, puramente teóricos, eran predicciones debidas a una teoría que además adelantaba algo más: la energía necesaria para producirlo, que era alrededor de 6 bevatrones: "Fueron estas cifras en nuestras mentes", dice Segre, "las que intervinieron para designar los planos del bevatrón de la universidad de California en Berkeley. Se edificó a fin de acelerar los protones a una energía cinética de más de 6 bevatrones, con la esperanza de obtener el anti-protón" (6). Un plan para la identificación y detección del anti-protón fue inventado por los físicos mencionados basado en tres propiedades de esta partícula: (i) la estabilidad del anti-protón, (ii) su carga negativa, (iii) la masa, en relación con la curva que describe sometida a un campo magnético. La dificultad principal del experimento consistió en separar el anti-protón de los mesones que se producen al mismo tiempo que la partícula que iban buscando. "El problema consistió en separar del flujo de partículas la partícula pesada (una entre 40.000) que se suponía ser el anti-protón" (7). Cómo estos físicos fueron capaces

(5) *Ibid.*, p. 124.

(6) EMILIO SEGRE y CLYDE E. WEIGAND, "The Anti-proton"; *Scientific American*, 194,6 (1956), p. 40.

(7) *Ibid.*, p. 42.

de separar los mesones del anti-protón es un modelo de física experimental.

Es decir y resumiendo: la observación del anti-protón en este caso presupone: 1) una teoría física que predice la existencia de la partícula así como algunas de sus propiedades. 2) La construcción del instrumento capaz de producir los 6 bevatrones necesarios para la creación de la partícula. 3) La invención de un método para detectar el anti-protón, y finalmente, 4) La solución de las dificultades prácticas imprevistas, que surgen siempre en todo experimento importante. Como se deduce por este caso la observación está íntimamente relacionada con las teorías físicas. Aunque en cierto modo las teorías físicas dependen de la observación, la observación a su vez, depende de las teorías y leyes físicas. Las teorías físicas son como la médula de la metodología física.

La observación directa, característica del siglo pasado, ha ido desapareciendo poco a poco en la física atómica y nuclear principalmente. La mayoría de la observación actual es indirecta; no se observa directamente los elementos atómicos y nucleares, sino más bien sus efectos. Los átomos y partículas elementales por ser demasiado pequeñas caen fuera de la esfera que los sentidos son capaces de detectar. Ello es importante para la formación de hipótesis y teorías porque la falta de observación directa es compensada por una mayor influencia del elemento subjetivo en la formación de teorías y leyes.

OBSERVACION Y EMPIRISMO.

La física está enraizada en la observación experimental. Depende de los datos que le suministran los sentidos. Pero, ¿en qué sentido es empírica? ¿Cuál es la extensión de ese empirismo? El problema que nos ocupa es tan viejo como la filosofía misma. Platón, en la antigüedad, defendió la existencia de ideas innatas. Aristóteles en cambio atacó la opinión de su maestro y puso en la realidad y en los sentidos el origen de todo conocimiento. En los tiempos modernos, debido al énfasis de las ciencias experimentales, filósofos y científicos generalmente resaltan la importancia del dato empírico para el desarrollo de la ciencia.

Es evidente que los conceptos comunes y universales que poseemos están abstraídos de los datos que los sentidos suministran al entendimiento. Los primeros conceptos como ser, hombre, viviente, vida, etc., son de esta clase. Pero es también evidente que los conceptos físicos que integran las teorías no son todos conceptos comunes, ni se obtienen como resultado de una operación espontánea de nuestras facultades cognoscitivas. Son conceptos reflejos, obtenidos generalmente como consecuencia de una profunda meditación de la naturaleza, pero con un contenido que excede en la mayoría de los casos los datos iniciales de observación.

Algunos físicos han defendido el empirismo puro aplicado a la física. Entre ellos quizá el más importante es P. W. Bridgman, un excelente físico y filósofo laureado con el premio Nobel de física. "La actitud del físico, dice, ha de ser la de empirismo puro... la ciencia está determinada por la experiencia... Hasta ahora la mayoría de los conceptos de la física han sido definidos en términos de sus propiedades... como el concepto de tiempo absoluto debido a Newton..., pero no existe certeza alguna de que haya en la naturaleza algo que se parezca a la definición de tiempo absoluto... En general para nosotros un concepto se identifica con el correspondiente conjunto de operaciones que lo caracteriza. Si el concepto es físico, como el de longitud, las operaciones existen realmente, es decir son aquéllas por las cuales la longitud es medida. Si el concepto es mental, como el concepto de continuo matemático, las operaciones son mentales" (8).

Esta doctrina, conocida con el nombre de "operacionalismo", tuvo un éxito inicial enorme. Luego ha ido perdiendo importancia poco a poco, debido a las dificultades prácticas que hacen que no pueda aplicarse a muchos casos físicos y además a la falta de consistencia interna de la teoría.

1) El "operacionalismo" no puede ser aplicado en astronomía, en donde no se puede definir las hipótesis por unas operaciones imposibles de realizar. Por ejemplo, no hay posibilidad de verificar mediante el set de operaciones la hipótesis de la creación continua de materia defendida por Fred Hoyle, ni la hipótesis de la expansión del universo debida a Lemaître. En física, la mayoría de los conceptos constitutivos de las teorías, base principal de esta ciencia, están generalmente originadas a priori, antes de que fueran sometidas a experiencia. Y cuando son sometidas a experiencia, lo son muchas veces de modo indirecto. Einstein, refiriéndose al programa exigido por el "operacionalismo", dice que *de facto* "nunca lo ha cumplido ninguna teoría ni puede ser cumplido" (9), de acuerdo totalmente con Lindsay, quien nos asegura toda la historia de la física demuestra la impracticabilidad de sus principios.

Si el operacionalismo es difícil de aplicar a los sistemas físicos clásicos, mucho menos puede ser aplicado a los sistemas contemporáneos, que son mucho más abstractos y alejados de la realidad que las teorías clásicas. ¿Cómo es posible, por ejemplo, determinar las propiedades de la función ψ de la mecánica cuántica a través de un set de operaciones? ¿Cuáles son las operaciones que constituyen el set correspondiente al concepto de complementaridad? ¿O las operaciones correspondientes a la teoría general de Einstein? Max Born, que ha defendido siempre el empirismo de la física, dice sin embargo lo

(8) P. W. BRIDGMAN, *The logic of Modern Science*, en *Readings in the Philosophy of Science* (New York, Appleton 1953), pp. 35-36.

(9) ALBERT EINSTEIN, *Albert Einstein: Philosopher-Scientist* (New York, Tudor, 1957), p. 679.

siguiente: "La definición del operacionismo está fuera de lugar si queremos extenderla al campo de los núcleos atómicos y también a los electrones y es absolutamente imposible aplicada a la teoría cuántica... No es posible imaginar qué clase de operaciones puede uno inventar para definir el operador matemático de la teoría cuántica" (10).

2) El operacionalismo tiene además serias inconsistencias internas. Los conceptos, dice Bridgman, no se definen y conocen por sus propiedades, sino por el set de operaciones que los fija. En algunas ocasiones quizá podrá ser cierto, pero el set de operaciones es totalmente incapaz de explicar y definir los conceptos básicos, como el concepto de longitud: "Evidentemente nosotros conocemos lo que es longitud, dice Bridgman, si podemos saber la longitud de cada objeto... El concepto de longitud, por consiguiente, está fijado cuando se conocen las operaciones por las cuales se fija la longitud; es decir, el concepto de longitud se reduce al set de operaciones por las cuales la longitud es determinada... aquellas por las cuales la longitud es medida" (11). El párrafo es obscuro; no se sabe si el concepto de longitud es la medida correspondiente al set de operaciones, e. g. 7 metros; o quizás el concepto de longitud se identifique con el set de operaciones que hace posible esa medición. Ninguna de las dos interpretaciones explica el concepto de longitud.

(i) La medida concreta correspondiente al set, e. g. 7 metros, no explica lo que es longitud, sino la medida de una cierta longitud. Si ahora preguntamos que es un metro, de nuevo aplicaría el set de operaciones para concluir diciendo que es 100 centímetros, que a su vez se reduce a milímetros y éstos a metros. Todas estas medidas presuponen el concepto de longitud, pero ninguna dice lo que es longitud.

(ii) Si el concepto de longitud se identifica con el set de operaciones mediante las cuales la longitud es medida, entonces el concepto de longitud es aun más oscuro. No sólo es confundir lo medido con la medida, es confundir lo que se mide con los medios por los cuales se mide. En ambos casos el concepto de longitud es totalmente desconocido. Estas operaciones son externas al concepto de longitud que es independiente de ellas.

3) Finalmente, y esta es la última dificultad, Bridgman ha recurrido al concepto de operaciones mentales con objeto de resolver las dificultades de los críticos: "Si el concepto es mental, como el de continuo matemático, las operaciones son mentales, a saber, aquellas por las cuales determinamos si un agregado es continuo" (12). La idea original del operacionalismo fue la defensa del empirismo puro y el ejemplo de operación mental no puede ser menos empírico. El concepto de continuo, propio de la matemática, aunque tiene su ori-

(10) MAX BORN, *Experiment and Theory in Physics* (New York, Dover), p. 39.

(11) P. W. BRIDGMAN, *Op. cit.*, p. 36.

(12) *Ibid.*, p. 36.

gen remoto en la realidad externa, es el resultado de una abstracción intelectual y sólo existe en la mente. Las propiedades que siguen al concepto de continuo están implícitamente contenidas en su definición, y no dependen de las operaciones mentales por las cuales lo intuimos.

La matemática, como ciencia a priori, deduce las propiedades de las definiciones y los axiomas, haciendo explícito lo que implícitamente está contenido en ellos. El concepto de operación mental no sólo no implica empirismo puro, sino que también implica apriorismo puro, precisamente lo que Bridgman trata de combatir.

A pesar de todas estas consideraciones, el operacionalismo es útil. Pone de manifiesto la raíz empírica de la metafísica y el carácter dinámico de sus leyes. La descripción de las leyes con la ayuda del set de operaciones usado con prudencia es a veces práctico. Pero en conjunto el operacionalismo no es expresión del empirismo de la ciencia física.

La mayoría de los físicos que han descubierto hipótesis y teorías no son positivistas en el sentido estricto de la palabra. Y ello porque la observación empírica es insuficiente para originar los sistemas teóricos. En astronomía Eddington dice que no existen "observaciones puras de los cielos". En la práctica lo que se hace es aplicar al mundo cósmico las leyes observadas en nuestro planeta. La expansión del universo implica la ley de Doppler aplicada a las galaxias: "pero otras causas son imaginables" (13). La observación en astronomía es insuficiente, como lo es en física. En la física subatómica, porque la observación directa no existe y una física empírica en el sentido estricto destruiría la física, ya que los datos que los sentidos suministran son a todas luces insuficientes para deducir de ellas hipótesis y teorías. Emilio Meyerson dice en "*De L'explication dans les sciences*" que la ciencia no se conforma de ninguna manera al esquema positivista. El error psicológico del empirismo, afirma, es el no tener en cuenta la curiosidad humana de conocer. Todos los hombres por naturaleza desean conocer, dice Aristóteles al principio del libro de la Metafísica. El científico impulsado por ese irresistible deseo trata de encontrar la explicación de los fenómenos, y si no encuentra suficientes datos en la observación entonces los compensa con invenciones humanas que son explicaciones dialécticas mas o menos completas de los datos empíricos. Por eso, Planck, Eddington, Einstein, Bohr, Dirac, Schrodinger, y muchos otros niegan el carácter empírico estricto de las teorías físicas.

La primera ley de Newton dice así: "Los cuerpos continúan en su estado de reposo o movimiento en una línea recta a no ser que una fuerza los cambie". ¿Es ésta una ley empírica? Según Newton sí lo es, pero otros, especialmente los físicos modernos, no están de acuer-

(13) ARTHUR EDDINGTON, *The Expanding Universe*, Ann Arbor, University of Michigan Press, 1958, p. 17.

do totalmente. Eddington en "*The Nature of the Physical World*" critica el carácter empírico de esa ley y termina diciendo, no sin cierta sorna: "Podemos mejorar la formulación de la primera ley del movimiento. Lo que realmente significa es: Todo cuerpo continúa en el estado de reposo o de movimiento uniforme en una línea recta, con excepción de cuando no lo hace" (14).

No existe todavía observación empírica que haya probado la existencia de la fuerza de gravedad. Y sin embargo la teoría Newtoniana de la gravitación universal ha sido durante cerca de tres siglos la teoría explicativa de la mecánica clásica. Los dos principios de la teoría especial de la relatividad tampoco están derivados de la observación. El físico alemán Johannes Stark dice que la teoría está basada en el dogma de que la velocidad de la luz es la misma en todos los sistemas de referencia. Philipp Frank afirma que los principios de esa teoría "no están derivados de los datos de la experiencia, y ni aun de los experimentos que han inventado y llevado al cabo con este objeto" (15). Existen ciertos datos que sugieren estos principios, Einstein puso el resto, que es lo principal. Las leyes electrodinámicas de Maxwell tampoco fueron derivadas de la observación de los fenómenos. Son debidas a la intuición excepcional de su autor. El átomo de Bohr, al que según Einstein corresponde "la más alta forma de musicalidad en la esfera del pensamiento" (16) se debe primariamente no a los datos empíricos, sino más bien "al instinto y tacto únicos de Bohr" (17). El átomo supone mucho más de lo que los datos empíricos contienen. La mayoría de las partículas elementales, empezando por el mesón, precedida teóricamente por el físico japonés Yukawa, han sido descubiertas teóricamente antes de su detección en los reactores. Lo mismo ocurre con los elementos inestables de la tabla de elementos de Mendeleef. El principio de Pauli que se formula diciendo que "los números cuánticos de dos o más electrones nunca pueden ser los mismos", fue descubierto por razones teóricas. Su mismo autor así lo dice: "En mi trabajo original puse de manifiesto el hecho de que no me es posible dar razones lógicas que expliquen este principio ni fue descubierto derivado de principios generales" (18). La hipótesis cuántica de la emisión de energía debida a Plank presupone también más de lo que la observación contiene. El principio de complementaridad de Bohr tampoco está observado en la naturaleza. La hipótesis dualística de la materia de Luis de Broglie fue también descubierta a priori, y así la casi totalidad de la

(14) ARTHUR EDDINGTON, *The Nature of the Physical World* (Cambridge, University Press 1953), p. 123.

(15) PHILIPP FRANK, *Philosophy of Science* (New Jersey, Prentice-Hall, 1957), p. 186.

(16) ALBERT EINSTEIN, *Op. cit.*, p. 47.

(17) *Ibid.*, p. 47.

(18) WOLFGANG PAULI, *Exclusion Principle and Quantum Mechanics* (Neuchâtel, Ed. du Griffon, 1947), p. 21.

física. La física, es cierto, está enraizada en la observación, pero de la observación pura no es posible edificar las teorías físico-matemáticas actuales. El empirismo es relativo.

Para concluir; el empirismo relaciona la física con la realidad y es por consiguiente una absoluta necesidad. Pero un empirismo puro es claramente insuficiente. Las teorías y leyes existentes son necesarias para la obtención de nuevos datos y para interpretarlos. Aún más, en la física moderna, el físico teórico juzga útil y hasta necesario el ir más allá de los datos. El hombre es un factor importante en el descubrimiento de las teorías físicas: "Porque la historia de la investigación científica", dice David Bohm, "abunda en ejemplos en los cuales fue muy provechoso asumir la existencia de ciertos objetos... mucho antes que se conociera algún medio capaz de descubrirlos en la experiencia" (19).

El empirismo puro, como teoría, quizá exista: pero ¿existe realmente en la práctica? Es decir, ¿existen físicos teóricos que practican lo que predicán? Citemos como respuesta estas palabras de Eddington: "Los hombres de ciencia generalmente profesan fundamentar sus creencias en la observación, no en las teorías. Las teorías, dicen, son útiles para sugerir nuevas ideas o un nuevo procedimiento de investigación para el experimentador; pero "hechos palpables" son la única justificación de una conclusión. Yo nunca encontré alguno que llevara a la práctica lo que profesa; ciertamente no el inflexible experimentalista que es el más influido por sus teorías porque es el menos acostumbrado a escrutarlas. La observación no es suficiente" (20).

A nuestra memoria viene la única observación de Santayana: "el empirista... piensa que cree sólo lo que ve, pero es mucho mejor creyendo que viendo" (21).

ANTONIO MORENO, O. P.

Notre Dame University. Notre Dame, Indiana

(19) DAVID BOHM, *Causality and Chance in Modern Physics* (New York, Van Nostrand 1957).

(20) ARTHUR EDDINGTON, *The Expanding Universe*, p. 17.

(21) SANTAYANA, *Harvard Case Histories in Experimental Science* (Cambridge, Harvard University Press), p. 40.