

Física cuántica y filosofía *

CATHERINE CHEVALLEY
(C.N.R.S., París)

A comienzo de su libro sobre Einstein y la física cuántica, A. Fine ¹ recuerda de qué manera J. L. Borges describe en las *Crónicas de H. Bustos Domecq* el desarrollo postfuncionalista de la arquitectura de los Inhabitables y la obra maestra del maestro de Utrecht Verdussen, la «Casa de las Puertas y las Ventanas», cuya planta baja no contiene más que puertas, la primera planta escaleras, la segunda ventanas, la tercera arcos y la cuarta entablados y un tejado. Se advierte el principio de construcción: utilizar los elementos familiares esenciales en una casa normal, pero privarles de sus conexiones usuales. Esta casa ilustra para Fine la impresión de familiaridad y de extrañeza que suscita la teoría cuántica cuando se la mira del punto de vista de la física llamada «clásica». Mientras se mantiene uno en el exterior, esta impresión subsiste; para que desaparezca es necesario abandonar ciertos hábitos de pensamiento adquiridos en el curso de la historia anterior de la física matemática y, desde hace más de sesenta años, el debate sobre los fundamentos de la mecánica cuántica trata sobre las condiciones y el coste de este abandono.

* Título original: *Physique quantique et philosophie*, publicado en *Le Débat*, núm. 72, noviembre-diciembre 1992.

¹ A. Fine, *The Shaky Game*, Chicago U.P., 1986.

Pero se podría hacer la misma comparación a propósito de la situación en la que se encuentra la filosofía misma ante la extraordinaria revolución de pensamiento que representa la mecánica cuántica. La primera impresión es de familiaridad, porque las discusiones que provoca la física cuántica están invadidas por preguntas sobre la naturaleza de la realidad, el indeterminismo y el papel de las probabilidades, el proceso de observación y medida, el problema de la individuación o el estatus de lo virtual. Pero la impresión de extrañeza es también inevitable. Si un filósofo puede reconocer en la física contemporánea la presencia de sus propios conceptos fundamentales, no encuentra allí ninguna de las conexiones usuales entre esos conceptos, cuya transformación no se presenta más que de manera fragmentaria y dispersa. Esta impresión procede en parte de la persistente divergencia de interpretaciones que suscitan los fundamentos de la mecánica cuántica, pero procede también de la disyunción que se ha instalado entre el razonamiento científico y el pensamiento filosófico. El problema que plantea esta disyunción no es que sea inmoral, como a menudo se dice —los filósofos no han de estar sin razón clavados en sus cuestiones, ni los científicos en las suyas—, es más bien que produce esa situación especial para la filosofía de ver escapar una parte esencial de su propia evolución. La cuestión que se le presenta hoy a la filosofía es, pues, de manera análoga, la de saber qué hábitos de pensamiento, algunos recientes, otros más antiguos, algunos que le son propios, otros que le son impuestos, suponen un obstáculo. Para explorar esta cuestión, simplemente seguiré la evolución de mi propia impresión de familiaridad y de incompreensión y el problema que ella sugería: ¿cómo aumentar la familiaridad y disminuir la incompreensión?

Correlaciones ausentes

La razón más simple que puede incitar a los filósofos a interesarse por la física cuántica es que un problema clásico de la filosofía del conocimiento, el de la relación existente entre los fenómenos (lo que aparece), la observación (lo que es una medida) y el objeto (lo que se puede decir de un sistema físico), se encuentra en ella transformado. Esta transformación es visible en los principios de la teoría y se la puede describir intuitivamente haciendo una comparación con la física clásica ². En mecánica clásica se su-

² Sobre las bases matemáticas de la teoría cuántica, cfr. por ejemplo, R. I. G. Hugues, *The Structure and Interpretation of Quantum Mechanics*, Harvard U.P., 1989.

pone que se pueden definir con una precisión arbitrariamente grande ciertas variables dinámicas (coordenadas de posición, componentes de cantidades de movimiento y de momentos cinéticos, o de los vectores campo eléctrico y magnético) que caracterizan completamente el estado del sistema considerado; se supone además que la evolución de este sistema en el curso del tiempo es predecible con certeza, siendo deducido el conocimiento del estado final del conocimiento del estado inicial en un instante dado por la aplicación de las ecuaciones del movimiento. En mecánica cuántica la situación es diferente a causa de dos características irreductibles de la teoría. La primera es que es imposible determinar simultáneamente con una precisión arbitrariamente grande ciertos pares de variables llamadas «conjugadas» (por ejemplo, la posición y el impulso, la energía y el tiempo), y la segunda es que la ecuación que describe la evolución de un sistema fuera de toda observación es una ecuación determinista, pero no puede recibir más que una interpretación física estadística —la teoría predice solamente la probabilidad de que una medida dará uno de los resultados posibles asociados al «vector de estado» que describe la información que se tiene sobre el sistema—. Este estado de cosas no implica simplemente el abandono de la hipótesis determinista y la idea de que las «leyes de la naturaleza» son intrínsecamente probabilistas. También pone en cuestión las nociones clásicas en física de realismo y de localidad y hace del acto mismo de medir algo enigmático, porque muestra que toda interacción entre el sistema-objeto y el sistema-aparato de medida modifica de manera irreversible e impredecible el estado del sistema-objeto después de la medida. Como ha hecho notar E. Wigner, «todo va bien en mecánica cuántica, mientras que no se pregunta cómo tiene lugar la observación». La magnitud de esta transformación aparece de manera espectacular en las «paradojas», por ejemplo en la paradoja llamada E.P.R. formulada por primera vez en 1935 por Einstein y dos colaboradores. Al principio de los años ochenta se ha hablado mucho de nuevo de los problemas de fundamento de la física cuántica porque experiencias precisas (las de A. Aspect y sus colaboradores) han permitido mostrar que el conjunto de las hipótesis por medio de las que «E.P.R.» demostraba que la mecánica cuántica debía ser una teoría incompleta era autocontradictorio. Estas experiencias, que realizan concretamente una situación crítica imaginada por J. Bell en 1965 y que llevan a confirmar la validez de las predicciones de la mecánica cuántica, implican que no se puede seguir suponiendo que las correlaciones observadas entre acontecimientos aleatorios muy alejados son simplemente efectos de una «causa común» en el pasado. Como ha mostrado B. d'Espagnat, esta «no-separabilidad» modifica *independientemente* de la aceptación completa de la mecánica cuántica actual la noción clásica de realidad física, cuya presuposición era la posibilidad de

dividir la realidad en elementos distintos en los que se estudiaban las interacciones y describir el estado real de un sistema como un conjunto de propiedades intrínsecas independientes de medidas efectuadas sobre él ³.

Problema del conocimiento objetivo, naturaleza de la realidad: la impresión de familiaridad desaparece no obstante muy rápidamente porque no existe conexión clara entre la transformación que la teoría cuántica hace sufrir a estas cuestiones y las que son propias de la filosofía. Hay allí un obstáculo casi trivial, en gran parte conjetural como se verá más adelante, y sin embargo muy desconcertante, del cual tomaré un sólo ejemplo. La mayor parte de las exposiciones usuales de la divergencia de las interpretaciones de la teoría cuántica traducen esta divergencia en los términos de un conflicto entre dos posiciones, la del positivismo y la del realismo. Estas posiciones son discriminadas *vía* tesis/antítesis, según la cual «la realidad es/no es independiente del observador» y sirven en particular para describir el debate entre Bohr (positivista) y Einstein (realista). Si se mantiene uno en el exterior de la teoría cuántica buscando comprender de qué se trata, es difícil no convencerse de que esta alternativa representa el alfa y omega de la filosofía de las ciencias en el siglo xx; con todo, cuando se intenta profundizar en ella, revela ser más bien un obstáculo que una ayuda. En efecto, cede bajo dos críticas. La primera es que el contraste entre positivismo y realismo no da realmente cuenta de la complejidad de problemas de la interpretación de la mecánica cuántica; distinguiendo estas dos posiciones mediante una aseveración que supone su acuerdo acerca del sentido del concepto de «realidad», se olvida por otro lado que es justamente la dificultad de una comprensión de este concepto lo que está en juego ⁴. La segunda es que la atribución de una filosofía positivista a Bohr y de una filosofía realista a Einstein es una caricatura a la vez desde el punto de vista de sus argumentos reales y desde el punto de vista de la historia de la filosofía, en la que difícilmente se habrían de encontrar representantes canónicos de estas doctrinas (salvo durante un corto período de la evolución de la filosofía de las ciencias anglo-sajonas). De hecho, la alternativa positivismo-realismo ha aparecido en los años cincuenta-sesenta en ligazón con los esfuerzos hechos por desarrollar las teorías del tipo determinista («de variables ocultas») y tenía como objetivo permitir una descripción simplificada de la situación, en detrimento de las divergencias que existían en los fundadores de la mecánica cuántica, a la vez en el grupo de

³ Cf. *Journal de physique*, Colloque C2, 1981; B. d'Espagnat, *A la recherche du réel*, Paris, 1979.

⁴ Cf. d'Espagnat, *Une incertaine réalité*, Paris, 1986; G. Granger, *La Vérification*, Paris, 1992, pp. 194 ss.

Copenhague-Göttingen (entre Bohr, Pauli, Heisenberg, Born, Dirac y Jordan) y en el de sus oponentes (entre Einstein, Schrödinger y L. de Broglie). Es solamente por una recurrencia imaginaria por lo que se ha creído poder establecer una influencia precisa del positivismo lógico sobre la formación de la mecánica cuántica. Pero esto ha bastado para imponer una visión completamente errónea de los argumentos de unos y de otros. Por ejemplo, es todavía corriente considera que en Bohr y Heisenberg, la afirmación «es real lo que concuerda con las condiciones de la experiencia» (así pues, lo que es describable por los conceptos clásicos) equivale a una toma de posición en favor del positivismo del Círculo de Viena, cuando no es más que el recuerdo, en el contexto del problema del estatus de los conceptos clásicos en mecánica cuántica, de la definición de uno de los dos grandes conceptos de «realidad» de la filosofía alemana (el de *Wirklichkeit*), el cual es una cita de Kant.

La insuficiencia de traducciones epistemológicas usuales de los problemas que plantea la física cuántica tiene dos efectos simétricos. Su inadecuación respecto de la situación real de la teoría hace que la mayoría de los trabajos sobre los fundamentos se mantengan al margen de toda problemática filosófica, y su inadecuación respecto de la situación real de la filosofía hace que los filósofos sean remitidos de la familiaridad a la incomprensión. A causa de este obstáculo elemental de desajuste del lenguaje, la filosofía y la ciencia están hoy la una con respecto a la otra en una relación de frustración recíproca en la que no falta ironía: cada una ve sus propios problemas y algunos de sus conceptos fundamentales en la obra de la otra, pero como a través de un espejo deformante en el que estos problemas son reducidos, por una parte y por otra, a posiciones a menudo inventadas.

Construcción de la mecánica cuántica y crítica del kantismo

Si se quiere disminuir esta impresión de incomprensión, hace falta, pues, entrar en la teoría cuántica misma. Como ha señalado R. Healey, una característica sorprendente de la literatura actual sobre los fundamentos es que cualquiera que se atenga seriamente a la tarea de dar una exposición clara de sus principios está conducido en la práctica a proponer una interpretación nueva y a volver a tomar los problemas filosóficos en su nivel más fundamental. Si la filosofía de la física es hoy tan apasionante, es en gran parte por esta razón. Pero existe también otro motivo para no mantenerse en el exterior. La utilidad de una comprensión correcta (no anacrónica) de las interpretaciones filosóficas originales de la física cuántica se impone desde el punto de vista

mismo del debate sobre los fundamentos puesto que estas interpretaciones son invocadas allí constantemente. Esto justifica el programa sugerido por E. Scheibe ⁵: introducir en la discusión actual un estudio de la formación de las interpretaciones principales propuestas por los fundadores de la mecánica cuántica. Como es imposible disociar este estudio de la construcción misma de la teoría cuántica, el único método es aquí el de la lectura de los textos originales.

Querría mostrar que si se hace esta lectura utilizando a la vez los recursos de la historia de las ciencias y los de la historia de la filosofía, se ve aparecer otra forma de familiaridad y otro género de obstáculos mucho más interesantes que los precedentes.

De todos los aspectos inatendidos que revela primeramente la historia de la teoría cuántica ⁶, el más sorprendente es la importancia del trabajo conceptual de interpretación que acompaña su génesis. La necesidad de este trabajo estaba impuesta por la situación en la que se encontraba la física atómica en el curso de la serie ininterrumpida de crisis que se suceden desde el comienzo del siglo xx hasta 1927-1928. Desde 1911, Lorentz habla de las «tinieblas que nos rodean por todas partes» y Poincaré predice el fin del concepto clásico de ley de la naturaleza. El modelo que Bohr propone en 1913 para el átomo de hidrógeno, fundado sobre la hipótesis de transiciones cuánticas discontinuas del electrón entre «estados estacionarios» ⁷, instalaba la física atómica en una contradicción abierta con las teorías clásicas, y era necesario, pues, para obtener de esta contradicción una física nueva, recurrir ante todo a dos cosas: a la experiencia, que interviene durante todo este período como un modo de construcción de la teoría ⁸, y a una crítica conceptual de los fundamentos de la mecánica y del electromagnetismo clásicos. Como escribe Pauli, el problema era el de «cambiar nuestros conceptos para ajustarlos a la experiencia», y el de «reconocer que la dificultad [provenía] de que nos apartamos de las leyes clásicas persistiendo en trabajar con los *concepts* clásicos». La estrategia especial de Bohr encarna esta exigencia: dejarse guiar por los datos empíricos, aplicando la navaja de Occam a todas las hipótesis salvo a la de una «analogía formal» entre la futura teoría cuántica y la estructura matemática de las teorías clásicas; y llevar a cabo una crítica sistemática

⁵ E. Scheibe, *The Logical Analysis of Quantum Mechanics*, Oxford, 1973, p. 9.

⁶ Cf. C. Chevalley, «*Histoire et philosophie de la mécanique quantique*», *Revue de synthèse* (1989), pp. 469-481.

⁷ Cf. N. Bohr, *Physique atomique et connaissance humaine*, 1958; Gallimard, 1991, pp. 442 ss. Igualmente: F. Balibar y al., ed., *Albert Einstein. Oeuvres choisies*, vol. I, *Quanta*, Paris, 1989; O. Darrigol, *From c-numbers to q-numbers*, California U.P., 1992.

⁸ Véase B. Van Fraassen, *The Scientific Image*, Oxford U.P., 1980.

de los principios de la física clásica agravando en todas partes las contradicciones lo más posible para llegar a lo que se podría llamar experiencias cruciales sobre los conceptos.

En el momento de culminación de la mecánica cuántica, este trabajo de interpretación epistemológica desemboca en una especie de base mínima de acuerdo entre los miembros del grupo de Copenhague-Göttingen, el cual se expresa en un número bastante restringido de aserciones concernientes al problema de la objetividad y al del lenguaje ⁹. Del *postulado cuántico*, según el cual todo proceso atómico está caracterizado por un rasgo de discontinuidad simbolizado por la constante de Planck, Bohr deriva primeramente la necesidad de una renuncia a toda descripción causal y continua de los fenómenos atómicos en el espacio y en el tiempo ordinarios, y más precisamente de una exclusión recíproca entre la descripción espacio temporal y la aplicación de los principios de conservación de la energía y del impulso. Puesto que el formalismo de la mecánica cuántica ya no puede ser concebido como una descripción intuitiva de un proceso que evoluciona en el espacio y en el tiempo, esta renuncia se extiende a los conceptos usuales de intuición (*Anschaulichkeit*), de objetivación (*Objektivierbarkeit*) y de univocidad de la descripción (*Eindeutigkeit*), y por tanto a la teoría del conocimiento asociada a las teorías físicas clásicas. Para redefinir las condiciones de una descripción objetiva, es decir, no ambigua, es necesario entonces «adaptar nuestro modo de intuición» y replantear el problema de la formación de conceptos. Es aquí donde interviene el *lenguaje*, porque en esta empresa el obstáculo principal es el hecho de que cada término del lenguaje está ligado a este modo de intuición. Adaptar el modo de intuición implica adaptar el lenguaje, es decir, reflexionar sobre lo que es el lenguaje ordinario y explicitar las modificaciones de sentido de los conceptos de fenómeno, de causalidad, de objetividad o de realidad. Estos dos problemas de la objetividad y del lenguaje serán predominantes en la reflexión filosófica ulterior de Bohr y de Heisenberg ¹⁰. En el momento en que se constituye la mecánica cuántica, representan además un punto de partida para la mayor parte de sus fundadores, cualesquiera que sean sus divergencias.

Si la historia de la física es indispensable para comprender la formación de las primeras interpretaciones de la mecánica cuántica, lo que precede muestra que la historia de la filosofía lo es igualmente. En efecto, designa como contexto evidente de esta formación el de la problemática trascenden-

⁹ Las frases que siguen están tomadas de textos de Bohr y de Heisenberg escritos entre 1927 y 1935.

¹⁰ Cf. N. Bohr [1991], *op. cit.*, pp. 480 ss.

tal. El problema de la objetivación planteado en los términos de la aplicación de conceptos puros del entendimiento (por ejemplo, la causalidad) a lo que es dado en la intuición empírica (la aprehensión de todo fenómeno en el espacio y el tiempo) es un problema kantiano, y desde que el momento en que se atrae la atención sobre este aspecto, se ve que el vocabulario del kantismo invade los textos originales de los fundadores de la mecánica cuántica, aunque llega a ser casi invisible en las traducciones. No hay nada asombroso en esto: desde el comienzo del siglo XIX, el kantismo era predominante tanto en las ciencias de la naturaleza como en las ciencias del espíritu, y ello permanece hasta la Segunda Guerra mundial —como escribe M. Born, «Kant ha influido en todo el pensamiento hasta nuestra época»—. La formación intelectual de Bohr, de Heisenberg, de Pauli, de Born, de Schrödinger o de Weyl incluía a Kant, Goethe y W. Humboldt tanto como a Helmholtz y Hertz, y el mejor testimonio de esta universalidad de la referencia al kantismo es el de Helmholtz, quien escribía en 1878 que las ciencias de la naturaleza y las ciencias del espíritu se ocupan en el fondo de una misma cosa (aunque con dos métodos diferentes), es decir, de la cuestión misma de la teoría del conocimiento, la de determinar en qué sentido nuestras representaciones concuerdan con lo que nos es dado como realidad efectiva. Si las interpretaciones de la mecánica cuántica se han elaborado en este contexto, la filosofía se encuentra de manera inesperada sumergida en su propia historia.

Pero, ¿de qué kantismo se trata? Se ve rápidamente que sería más justo hablar de un «efecto Kant», lo cual está lejos de conducir siempre al mantenimiento de la problemática kantiana, salvo a través de la importancia dada a la reflexión sobre los límites y las condiciones de posibilidad del conocimiento. La cuestión del lenguaje, por ejemplo, está casi ausente en Kant; es W. Humboldt quien le da su primer desarrollo decisivo. Si además la referencia a Kant se mantiene en las ciencias hasta el primer tercio del siglo XX —la encontramos en Riemann, Helmholtz y Herzt, en Maxwell, Boltzmann y Gibbs, en Frege o Hilbert—, está cada vez más abiertamente en el espíritu de una reconstrucción, de una crítica o de un abandono de la problemática trascendental. Todo ocurre como si la teoría kantiana del conocimiento estuviera sometida a la prueba de la crisis de la mecánica, de la geometría, del análisis, cuyos aspectos esenciales parecen en realidad volver a desconcertar (o al menos el concepto kantiano de intuición). Estas diferentes crisis están en el origen de la aparición al final del siglo XIX de una filosofía de las ciencias en el sentido casi actual del término (sin el paradigma lógico, pero con las «teorías de teorías»). En efecto, la lectura de las memorias originales de la mecánica cuántica muestra, bajo vocabulario kantiano, una cantidad de alusiones

implícitas a los temas nuevos desarrollados en esta filosofía de las ciencias; dependiente en su construcción, como se ha visto más arriba, de la necesidad de una crítica del marco conceptual de la física clásica, la teoría cuántica ha recurrido naturalmente a la forma de pensamiento que heredaba directamente. El contexto real de las primeras interpretaciones de la mecánica cuántica es, pues, más bien el de las *reinterpretaciones* del kantismo, y de hecho, para Bohr, Heisenberg o Pauli la mecánica cuántica impone allí cambios radicales. Cuando Heisenberg sugiere en 1928 «la tarea extraordinariamente difícil de examinar *una vez más* el problema fundamental de la teoría kantiana del conocimiento y de retomarlo enteramente de nuevo», hace referencia a una discusión casi ininterrumpida desde la mitad del siglo XIX.

Esta discusión, sin embargo, se conoce muy mal hoy. La historia del kantismo es familiar porque domina el desarrollo de la filosofía alemana hasta Heidegger inclusive. Pero se ve difícilmente la originalidad de los esfuerzos internos en las ciencias para adaptar el criticismo, recomponerlo o abandonarlo —en particular, la originalidad de las corrientes empiristas, que han sido sofocadas por su ulterior asimilación al positivismo lógico—. La impresión de familiaridad creciente que se puede comprobar al reencontrarse con la historia de la filosofía deja paso a una impresión de incompreensión cuya fuente es sin duda el hábito adoptado, a uno y otro lado del Atlántico, de dividir en dos ramas separadas las diferentes orientaciones nacidas de la crítica del kantismo al comienzo del siglo XX: aquí la herencia de la fenomenología y de la filosofía de Heidegger, allí la del empirismo lógico. Aquí como allí, las condiciones de la formación de las primeras interpretaciones de la mecánica cuántica llegan a ser ininteligibles. Renunciar a pensar sobre dos planos paralelos aparece, pues, como una necesidad si se quiere poder comprender de manera no anacrónica estas interpretaciones.

El símbolo contra la intuición

Para dar un ejemplo más preciso de los problemas que aparecen en la intersección del desarrollo de las ciencias y en el de la filosofía en el contexto que acabo de describir, tomaré el de la formación de conceptos. Aunque no sea jamás considerada en la discusión usual de las «posiciones» de Bohr o de Einstein, esta cuestión está presente con detalle en toda la construcción de la teoría cuántica bajo la forma de oposición entre el concepto de intuición (tomado en su sentido kantiano —*Anschauung*—) y el de símbolo (*Symbol*). Llama la atención esta oposición porque la eliminación de lo intuitivo en

provecho de lo simbólico, primeramente vista como provisional, después reconocida como originaria, interviene en cada fase crítica del trabajo formal y termina por definir la manera en que Bohr y los que trabajan con él se representan filosóficamente la diferencia entre lo cuántico y lo clásico. Sería enojoso seguir el orden cronológico, y es más esclarecedor subrayar tres aspectos de esta oposición. El primero es el *locus communis* de que la física clásica está asociada a la posibilidad de principio de una «presentación intuitiva» del objeto o de una descripción de los sucesos físicos por medio de «imágenes intuitivas», posibilidad que defenderá todavía Lorentz en 1927. Comprender la manera en que la física atómica se aleja de la física clásica pide entonces, según los términos de Bohr, «un análisis completo de los límites del dominio de validez de toda *presentación intuitiva*». El segundo aspecto es que todas las características que parecen específicas de la teoría cuántica son siempre descritas por medio del término de símbolo (la constante de Planck, los estados estacionarios, el principio de correspondencia, el abandono de imágenes espacio-temporales y de modelos mecánicos), que juega luego como un índice terminológico de un nuevo lenguaje. Por ejemplo, la «restricción a las magnitudes observables» de 1925, que permite la eliminación de los conceptos de órbita, de período de revolución y de trayectoria de un electrón, es descrita como un procedimiento de *traducción simbólica* de las magnitudes clásicas en el que la geometría *cuántica simbólica* substituye a la geometría *clásica intuitiva*. Y en 1926 Schrödinger, que rechaza en ese momento la interpretación estadística, reprochará a Bohr acomodarse en una posición provisional «con la idea de que las *imágenes de apariencia intuitiva* no deben ser consideradas más que de manera *simbólica*». Finalmente, el tercer aspecto es la exclusión definitiva que atenta contra lo intuitivo en el momento de la aparición de la mecánica cuántica propiamente dicha. Operando a golpe de fuerza terminológica, cuyo origen se verá más tarde, Heisenberg redefine la *Anschaulichkeit* (al comienzo de su artículo sobre las relaciones de indeterminación) según un doble criterio independiente de la intuición sensible, el acuerdo del formalismo con las experiencias y su no contradicción. Bohr, por su parte, constata que «todos los conceptos clásicos son definidos en términos de imágenes espacio-temporales», y hace *a contrario* de lo simbólico la condición de la objetividad característica de la teoría cuántica, una coordinación no ambigua de símbolos invariante por cambio del observador¹¹. El problema siguiente es para él comprender la escisión entre los fenómenos, siempre dados en la intuición (como los efectos amplificadas de la interac-

¹¹ En el sentido de sujeto que conoce. Para Bohr, el que interviene en la medida es el aparato de medida y no la conciencia del observador.

ción irreversible entre el proceso cuántico y el aparato de medida) y los objetos, construidos simbólicamente. Pero la cuestión aquí es sólo la de aclarar el origen de esta oposición y la dificultad que expresa.

Que haya en la tradición próxima un contraste análogo entre la noción de símbolo y la kantiana de intuición es inmediatamente evidente cuando, por ejemplo, se lee a Helmholtz, cuya influencia era determinante al final del siglo XIX en la física, la fisiología, la cuestión de los fundamentos de las matemáticas y todos los aspectos del efecto Kant ¹². Helmholtz se había impuesto como meta reexaminar el concepto kantiano de intuición y ampliar la noción de *Anschaubarkeit* de una teoría científica poniendo en primer plano la idea de que nuestras representaciones son *símbolos* o *signos*, es decir, coordinaciones funcionales no ambiguas sin vínculo necesario con lo que es dado en una representación inmediata. Helmholtz adoptaba tres perspectivas sucesivas. La de su propia teoría de la percepción primeramente, o «teoría de los actos de conciencia»; su fisiología de la percepción visual y auditiva, de intención antipsicologista, lleva a Helmholtz a decir que las representaciones que nos hacemos de las cosas no pueden ser más que *símbolos*, y no imágenes, en el sentido en que de una imagen se requiere «alguna semejanza con el objeto figurado», mientras que un signo no tiene necesidad «de ninguna semejanza de este género con aquello de lo que es signo». Esta recuperación del tema cartesiano de la no semejanza entre las ideas y las cosas introduce con Helmholtz la idea de que lo que hace la sensación es «el tipo de aparato» sobre el que las cosas ejercen un efecto (el sistema nervioso): lo que es dado en la intuición empírica es ya una multitud de correlaciones funcionales. Pero asimismo, según una segunda perspectiva, en el lenguaje y en el arte las palabras son «signos arbitrarios elegidos accidentalmente» y el aprendizaje del lenguaje es un aprendizaje de correlaciones simbólicas; el arte no es una copia, lo que permite ver es una intuición recreada *vía* la adquisición y la creación de técnicas simbólicas. En fin, de la misma manera ocurre en las matemáticas. Habiendo alcanzado por otro método los trabajos de Riemann ¹³ y habiendo mostrado que la geometría euclídea es en realidad una teoría física de los cuerpos rígidos cuya constitución surge de nuestra experiencia de los movimientos de los cuerpos, Helmholtz concluye la desaparición de todo enlace necesario entre los axiomas de la geometría y las formas de la intuición sensible (el espacio y el tiempo). Es necesario, pues, poder dar cuenta del hecho de que «el conocimiento de proposiciones que tienen

¹² Sobre Helmholtz y para otras referencias, cf. N. Bohr [1991], *op. cit.*, pp. 441 ss.

¹³ Cf. J. Vuillemin, *Philosophie de l'algèbre*, Paris, 1962, pp. 320 ss.; H. Weyl, *Philosophie of Mathematics and Natural Science*, Princeton, 1949, pp. 125 ss.

un contenido real es posible sin el recurso a una base en la experiencia», es decir, eliminar la intuición a la vez como condición de la demostración y como condición de la posibilidad del conocimiento matemático; la *Anschaubarkeit* del conocimiento científico no requiere más que la no ambigüedad de impresiones abstractas cuyo rigor de relaciones es dado precisamente en las matemáticas. El nuevo problema es, en estas condiciones, el de la formación de conceptos.

Este problema llega a ser central en dos sucesores inmediatos de Helmholtz, los cuales se declaran abiertamente seguidores suyos y practican la misma neutralización del concepto kantiano de intuición: M. Schlick y E. Cassirer¹⁴. Uno y otro reformulan la relación entre intuición y concepto por medio de la noción de símbolo y de coordinación funcional¹⁵, y substituyen el criterio de la *Anschaulichkeit* por el de la *Eindeutigkeit* (univocidad). Uno y otro piensan que los nuevos progresos llevados a cabo en análisis, en geometría y en física han sido posibles por una depuración de lo intuitivo que entraña la necesidad de una revisión de la descripción kantiana de la objetivación o de la construcción de conceptos en la intuición pura. Uno y otro transforman la teoría del conocimiento en una teoría de signos y de símbolos en la que los objetos están «constituidos» por clases y relaciones, sin que el recurso a una intuición inmediata sea necesario cada vez: el conocimiento es estructural. Pero todavía añadiré a estos dos ejemplos el de Husserl. Esto hace la tarea difícil a primera vista, puesto que Husserl hace de la intuición originariamente donadora una fuente de derecho para el conocimiento. Pero, en realidad, el método de las *Investigaciones lógicas* es descrito como «radicalmente intuitivo (*anschauliche*)» por Husserl «*en el sentido amplio que doy a este término*», el de un nuevo concepto de intuición distinto «del habitual, el de intuición sensible», de un concepto de intuición cuya ampliación va a la par con la del concepto de percepción y con la de *Anschaulichkeit*: es necesario «hacer sufrir al concepto de *Anschaulichkeit*, en contra de su acepción kantiana, una ampliación esencial»¹⁶. Ahora bien, en esta ampliación se inscribe justamente el significado (*Bedeutung*), del que Husserl recuerda que es, en el conocimiento *simbólico* de las matemáticas, irreductible a la intuición, puesto que se da allí sin dependencia con respecto a intuiciones de cumplimiento. Los párrafos 17 al 23 de la segunda *Investigación lógica* están por

¹⁴ Otro sucesor inmediato de Helmholtz es desde este punto de vista el físico H. Hertz (sobre el «símbolo» en Hertz, cf. N. Bohr [1991], *op. cit.*, pp. 549 ss.).

¹⁵ Cf. T. Ryckman, «Conditio sine qua non? Zuordnung in the early epistemologies of Cassirer and Schlick», *Synthese*, 88 (1991), pp. 57-95.

¹⁶ Resp. Ensayo del Prólogo a las *Recherches logiques* (1913), citado por J.-L. Marion, «La percée et l'élargissement», *Philosophie*, 2 (1984), p. 72; *RI*, II, parág. 26; y *Krisis*, parág. 30.

consiguiente consagrados a mostrar que hay, por ejemplo en geometría, una «comprensión sin intuición», la cual permite por sí sola acceder al pensamiento «simplemente simbólico», que es esencial no desconocer. El significado, y en consecuencia la vinculación al objeto, está presente «en el caso en que comprendemos los *símbolos sin el apoyo de imágenes*», reside en el acto donador de sentido, y permite «juzgar, razonar, reflexionar y refutar»¹⁷.

Esto basta sin duda para proponer una hipótesis general: la oposición del símbolo al concepto kantiano de intuición es el medio por el que filosofías tan diferentes como el empirismo de Helmholtz, el futuro empirismo lógico, el neokantismo para-marburgués o la fenomenología intentaban, al comienzo del siglo xx, dar cuenta de la inadecuación de la descripción kantiana de la formación de los conceptos puesta de manifiesto por el desarrollo de las matemáticas, de la lógica, de la física. En cada caso, son problemas precisos los que imponen la conciencia de esta inadecuación; pero la cuestión general es la misma: ¿qué hacer con Kant? El concepto de símbolo abarca una parte esencial de esta cuestión. Podemos incluso situar el desplazamiento que representa en la medida en que el concepto de símbolo tomado, él también, de Kant —pero de la tercera *Crítica*—. Si se recuerda que Kant define el modo simbólico de representación como esa parte del modo de representación intuitivo que, análoga al esquematismo pero diferente de él, procede no por subsunción de intuiciones bajo los conceptos puros del entendimiento, sino por transposición analógica de una tal subsunción ya operada en un objeto «enteramente otro» (al cual puede no corresponder jamás una intuición sensible¹⁸), se puede entonces considerar que la operación que han llevado a cabo Helmholtz y sus sucesores consistía en substituir el modo esquemático por el modo simbólico en el conocimiento en general, incluido el conocimiento científico. Así ha llegado a ser posible la comparación de la física con el arte tan sorprendente en los fundadores de la mecánica cuántica. De cualquier manera, cuando Bohr opone lo simbólico a lo intuitivo en cada etapa de la construcción de la teoría cuántica o cuando Heisenberg repite a Helmholtz (o a Husserl) ampliando el concepto de *anschaulichkeit*, se refieren al problema de la formación de conceptos, con el que culmina el artículo de 1928 en el que Bohr propone la «interpretación» denominada de Copenhague: «El estado de cosas actual muestra una profunda analogía con las dificultades generales de la formación de conceptos humanos, fundados sobre la separación del sujeto y el objeto». Una vez identificado este problema, se aclara

¹⁷ E. Husserl, *RL*, II, parág. 19-20. Véase también *Investigación VI*, parág. 14. La lectura de los textos de Helmholtz y de las *Investigaciones lógicas* da cuenta de una gran proximidad.

¹⁸ E. Kant, *Crítica del Juicio*, parág. 59.

también el detalle de lo que dice Bohr sobre la física cuántica, así como su idea directriz: compensar la pérdida de lo intuitivo con la multiplicación de conceptos comprendidos como otras tantas perspectivas del objeto.

Filosofía de las ciencias y filosofía

Las ideas de la física contemporánea han podido penetrar la filosofía en general, incluso en la tradición analítica. En todo lo que precede, he querido sugerir que una razón esencial de esto es la impresión de familiaridad recubierta inmediatamente de incompreensión que suscita. ¿Cómo aumentar la familiaridad y disminuir la incompreensión? Hay varias maneras de hacerlo. Se puede releer la historia de la filosofía moderna a partir de una interpretación original de la mecánica cuántica ¹⁹. O bien se puede preguntar en qué relación con respecto a la filosofía se ha constituido originalmente la física cuántica. Esta segunda cuestión no tiene interés más que si esta relación ha sido intrínseca. Pero es justamente lo que resulta del análisis de la formación de la teoría cuántica, cuando se leen las memorias originales en la doble perspectiva de la historia de las ciencias y de la filosofía. Si el impulso esencial de la ruptura entre la física cuántica y las teorías clásicas ha provenido de las contradicciones que se acumulaban en el dominio del átomo, la manera en que esta ruptura se ha hecho y en que ha sido interpretada por los que la llevaban a cabo ha estado determinada en gran parte, lo mismo que la teoría de la relatividad, por una herencia filosófica precisa, la de la crítica del kantismo en la filosofía de las ciencias de finales del siglo XIX. No es sino tomando estos dos aspectos en consideración como se pueden comprender las interpretaciones propuestas por Bohr, Heisenberg, Pauli, Born, Einstein o Schrödinger. Según se ha visto, eso desplaza de lugar la dificultad. El contexto en el que se ha formado la mecánica cuántica ha llegado a ser casi incomprensible a causa de las escisiones que han separado las ciencias de la filosofía o la tradición analítica de la tradición continental. Es necesario, pues, superar esta disyunción si se quieren aprehender las modificaciones que han sufrido los problemas filosóficos en contacto con el desarrollo de la física, y más generalmente con el desarrollo paralelo tan asombroso de las matemáticas, de la física y de la lógica en el período que va aproximadamente de 1870 a 1930.

La dificultad que hay para comprender este período tiene por tanto una raíz más profunda que esta disyunción, y la filosofía debe sin duda renunciar

¹⁹ Cf. B. Van Frassen, *Quantum Mechanics. An Empiricist View*, Oxford U.P., 1991, cap. 12.

a otros hábitos de pensamiento más antiguos. La transformación del vínculo entre ciencia y filosofía que se produce en esta época se asemeja al hundimiento de un sistema de referencia. En la tradición heredada de Kant, este vínculo estaba todavía investido de una forma precisa de legitimidad. Cuando Kant escribía que la ciencia de la naturaleza presuponia una metafísica de la naturaleza, quería decir que toda física exige una exposición de los principios *a priori* que permiten pensar la unidad de los fenómenos. Metafísica en este sentido no designaba para él ni la metafísica dogmática, por otro lado rechazada, ni el «delirio» que imaginan los físicos cuando tienen este nombre en la cabeza, sino más bien lo que Descartes, en cierto sentido, entendía ya por «metafísica», una ciencia de los principios del conocimiento humano. La física requiere, pues, para Kant a la vez un análisis de las leyes del entendimiento que hagan posible el concepto de naturaleza en general —«sin entendimiento no habría en ninguna parte naturaleza»— y una explicación de sus principios propios. En todo el kantismo, el vínculo entre la filosofía y las ciencias de la naturaleza está comprendido en ese modo de explicitación fundamentada *vía* la construcción de una teoría del conocimiento. Pero si la exigencia de hacer remontar los resultados obtenidos a sus condiciones de posibilidad en una configuración específica del entendimiento humano acompaña el desarrollo de las ciencias hasta el comienzo del siglo con pocas excepciones, se hace también cada vez más problemática en su realización. Descompuesta en cada una de sus partes, confrontada en cada una de sus dificultades —por ejemplo, la del estatus de la lógica trascendental o la del agotamiento en la explicación de principios—, se desintegra progresivamente, lo que explica la autonomía creciente de la filosofía de las ciencias al final del siglo XIX. La exigencia de explicitar persiste intacta, pero el vínculo con una teoría del conocimiento llega a ser obscuro. La formación de la mecánica cuántica impulsa esta evolución a sus límites, paralelamente a las críticas procedentes de la filosofía o de la lógica, y el resultado es un conjunto de cuestiones nuevas ligadas a la desaparición de la noción kantiana de objetividad, de la que se está lejos de haber comprendido el sentido. Una de estas cuestiones es la de la «puesta a la misma altura» de la física, de las matemáticas, del arte y del lenguaje en una concepción generalizada del conocimiento simbólico. Otra es la del proyecto mismo de una fundamentación en una teoría del conocimiento asociada a un sujeto de tipo kantiano: pero, ¿cómo pensar un sujeto «sin objeto» (en el sentido tradicional del término)? La perspicacia con la que Heidegger había visto que «el objeto desaparece» en la física contemporánea y que «Bohr y Heisenberg piensan como filósofos» no le había impedido considerar que esta física permanecía sujeta en una modernidad de la

que era necesario salir ²⁰. Si se rechaza esta conclusión, el problema se convierte también en el de reconstruir un concepto coherente de sujeto, sin el concepto de verdad como adecuación e incluso sin duda sin el vínculo privilegiado con el conocimiento científico en el que ha aparecido en el siglo xvii. Como escribe Putnam, «nuestra situación histórica es tener que filosofar sin *fundamentos* –ni trascendentales, ni platónicos, ni logicistas– ²¹.

(Traducción de Juan Antonio Valor Yébenes.)

²⁰ Cf. C. Chevalley, «La physique de Heidegger», *Etudes philosophiques*, 3 (1990), pp. 289-311.

²¹ H. Putnam, *The Many Faces of Realism*, La Salle, Ill, 1987, p. 29.