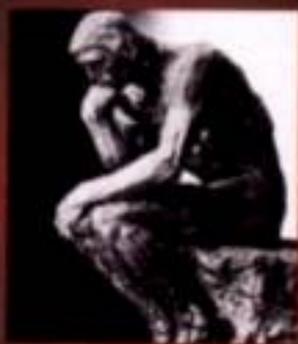


# Werner Heisenberg

Física y filosofía



Es bien conocido el hecho de que la Física ha abierto nuevos y vastos horizontes. Ello no ha sido posible, como lo muestra esta obra, sin modificar fundamentales conceptos científicos y filosóficos —pilares de la cultura y de la civilización.

Mucho se ha escrito acerca del significado político de la investigación nuclear. Pero poco se ha dicho, hasta ahora, sobre las consecuencias de los descubrimientos que han conducido al Homo Sapiens a una situación tan remota del pasado inmediato como de los tiempos clásicos y medievales.

Nadie más calificado para debatir este tema para un público de no especializados que el profesor Werner Heisenberg. En colaboración con Niels Bohr ha desarrollado nuevos principios en la teoría cuántica, y se lo tiene por uno de los científicos atómicos de avanzada.

## PERSPECTIVAS DEL MUNDO

*Sostiene la tesis de esta colección que el hombre, a pesar de su aparente cautiverio moral y espiritual, se halla en camino de desarrollar una nueva conciencia de sí mismo, la cual puede elevar, finalmente, a la raza humana por encima y más allá del miedo, la ignorancia y la soledad que la acosan en nuestros días. A esta naciente conciencia, a este concepto del hombre nacido de un universo percibido a través de una novísima visión de la realidad, se halla dedicada PERSPECTIVAS DEL MUNDO.*

*Únicamente aquellos conductores espirituales e intelectuales de nuestra época que poseen una capacidad creadora en esta dilatación de los horizontes del hombre han sido invitados a participar en esta Serie: son aquéllos que abrigan la certeza de que más allá de las divisiones que separan a los hombres existe una primordial fuerza unitiva, puesto que todos estamos unidos por una común conciencia de lo humano, más fundamental que cualquier unidad de dogma; son aquéllos que reconocen que la fuerza centrífuga que ha dispersado y atomizado a la humanidad debe ser reemplazada por una estructura integral y un sistema capaces de conferir sentido y finalidad a la existencia; aquellos pensadores, en fin, que comprenden que la ciencia misma, cuando no se halla inhibida por las limitaciones de su propia metodología, cuando es pura y humilde, concede al hombre una ilimitada jerarquía de todavía no soñadas consecuencias que pueden derivar de la misma.*

*Esta, colección aspira a señalar una realidad de cuya teoría científica sólo se ha revelado un aspecto. Es la suje-*

*ción a esta realidad la que presta proyección universal a los más originales y aislados pensamientos de los hombres de ciencia. Reconociendo paladinamente este concepto, reintegraremos la ciencia a la gran familia de las aspiraciones humanas mediante las cuales los hombres esperan realizarse, por sí mismos, en la comunidad universal como seres pensantes y conscientes. Porque nuestro problema consiste en descubrir un principio de diferenciación y a la vez de cohesión, lo suficientemente lúcido como para justificar y purificar el conocimiento científico, filosófico y aun cualquier otro, tanto discursivo como intuitivo, aceptando su interdependencia. Esta es la crisis de la comprensión consciente que se ha ido articulando a través de la crisis de la ciencia. Este es el nuevo despertar.*

*Cada volumen presenta el pensamiento y las creencias de su autor, y señala el rumbo en el cual la religión, la filosofía, el arte, la ciencia, la economía, la política y la historia pueden constituir esa forma de actividad humana que toma en cuenta las más completas y más precisas variedades, posibilidades, complejidades y dificultades. De este modo, PERSPECTIVAS DEL MUNDO se esfuerza por definir el poder ecuménico de la inteligencia y del corazón, que capacita al hombre, a través de su misteriosa grandeza, para volver a crear su vida.*

*Se propone esta Serie reexaminar todos aquellos aspectos del esfuerzo humano de los cuales el especialista había aprendido a pensar que podía prescindir impunemente. Interpreta acontecimientos actuales y pasados que inciden sobre la vida humana en una época que, como la nuestra, tiende cada vez más a la universalidad, y encara lo que el hombre puede conseguir todavía, cuando un impulso interior invencible lo alienta a la búsqueda de lo que hay en él de más alto. Su finalidad es ofrecer enfoques nuevos de la evolución del mundo y del hombre, pero negándose siempre a traicionar la vinculación entrañable entre universalidad e individualidad, entre energía y forma, entre libertad y*

*predestinación. Cada autor va realizando su obra con la creciente convicción de que espíritu y materia no son elementos separados y aparte; que la intuición y la razón deben recobrar su importancia como los medios de percibir y fundir lo que vive en nuestro interior con la realidad exterior.*

*PERSPECTIVAS DEL MUNDO intenta demostrar que la concepción de totalidad, unidad, organismo es una más alta y más concreta concepción que la de materia y energía. De este modo, nos empeñamos por dar en esta Serie un sentido ampliado de la vida, de la biología, no tal como ha sido revelado en el tubo de ensayo del laboratorio, sino tal como se lo experimenta dentro del propio organismo de vida. Porque el principio de vida consiste en la tensión que conecta lo espiritual con el reino de la materia. El elemento vital tiene caracteres dominantes en la íntima contextura de la naturaleza, por lo cual la vida, la biología, se vuelve una ciencia más allá de lo empírico. Las leyes de la vida tienen su origen más allá de sus simples manifestaciones físicas y nos compelen a considerar su fuente espiritual. En realidad, el ensanchamiento del marco conceptual no ha servido solamente para restaurar el orden en las respectivas ramas del conocimiento, sino que también ha revelado analogías en la posición del hombre respecto del análisis y la síntesis de la experiencia en dominios aparentemente separados del intelecto, sugiriendo la posibilidad de una descripción del significado de la existencia de contornos todavía más dilatados.*

*El conocimiento, como se demuestra en estos libros, no consiste ya en una mera manipulación del hombre y la naturaleza como fuerzas antagónicas, ni en la reducción de los hechos a un mero orden estadístico, sino que es un medio de liberar a la humanidad del poder destructor del medio, señalando el camino hacia la rehabilitación de la voluntad humana y el renacimiento de la fe y de la confianza en la persona humana. Las obras publicadas intentan mostrar,*

*asimismo, que la demanda de esquemas, sistemas y autoridades se va haciendo menos insistente a medida que aumenta en Oriente y Occidente el anhelo de recuperar la dignidad, la integridad y la autodeterminación: derechos inalienables del hombre, que ahora podrá orientar el cambio mediante el designio consciente, y a la luz de la experiencia racional.*

*Otras de las cuestiones vitales exploradas se refieren a problemas de entendimiento internacional o de prejuicios entre los pueblos, con las tensiones y los antagonismos consiguientes. La visión y la responsabilidad crecientes de nuestra época apuntan a la nueva realidad de que la persona individual y la persona colectiva se integran y complementan entre sí; de modo que la esclavitud totalitaria, tanto de derecha como de izquierda, ha sido sacudida por la aspiración universal de reconquistar la autoridad de la verdad y la unidad humana. La humanidad puede por fin poner su esperanza, no ya en un autoritarismo proletario ni en un humanismo secularizado, que han traicionado igualmente el derecho de propiedad espiritual de la historia, sino en una fraternidad sacramental y en la unidad del conocimiento. Esta nueva conciencia ha producido un ensanchamiento de los horizontes humanos que trasciende todo sectarismo, y una revolución en el pensamiento humano, comparable a la premisa básica, de la soberanía de la razón entre los antiguos griegos; similar a la gran irradiación de la conciencia moral articulada por los profetas hebreos; análoga a los enunciados fundamentales del cristianismo; o a la alborada de una nueva era científica, la era de la ciencia de la dinámica, cuyos fundamentos experimentales formuló Galileo en el Renacimiento.*

*Uno de los esfuerzos importantes de esta Serie consiste en reconsiderar las acepciones y aplicaciones contradictorias que se dan hoy a términos tales como democracia, libertad, justicia, amor, paz, fraternidad y Dios. Y estas investigaciones responden al propósito de despejar el camino*

*para la fundación de una auténtica historia universal no ya en términos de nación, de raza o de cultura, sino en los términos del hombre en sus relaciones con Dios, consigo mismo, con sus semejantes y con el universo, más allá de todo interés inmediato y egoísta. Porque el sentido de esta Edad Mundial consiste en el respeto de las esperanzas y los sueños del hombre; respeto que conduce a una comprensión más profunda de los valores fundamentales de todos los pueblos.*

*PERSPECTIVAS DEL MUNDO es una colección que intenta penetrar en el sentido verdadero del hombre, sentido no sólo determinado por la historia, sino que a su vez la determina. Y la historia, según aquí se la concibe, no se ocupa sólo de la vida del hombre sobre nuestro planeta, sino también de las influencias cósmicas que actúan en nuestro mundo humano.*

*Nuestra generación está descubriendo que la historia no se somete al optimismo social de la moderna civilización; y que la organización de las comunidades humanas y el establecimiento de la libertad y la paz no son solamente realizaciones intelectuales sino realizaciones de orden espiritual y moral, que exigen el cultivo integral de la personalidad humana, la "inmediata integridad de sentimiento y pensamiento" y acucian interminablemente al hombre para hacerlo salir del abismo de su insensatez y de sus padecimientos a fin de que se renueve y se reconstruya en la plenitud de su vida.*

*La justicia misma, que ha padecido un "estado de peregrinación y de crucifixión", y ahora está siendo liberada poco a poco de las garras de la demonología social y política, en el Este como en el Oeste, empieza a sentar sus propias premisas. Los modernos movimientos revolucionarios que han desafiado a las sagradas instituciones de la sociedad, protegiendo a la injusticia social en nombre de la justicia social, son examinados y revaluados.*

*A la luz de este punto de vista, no tenemos otra alternativa que admitir que la servidumbre, con la cual la libertad es medida, debe ser mantenida con ella, es decir, que el aspecto de la verdad fuera del cual parece emerger la noche, la oscuridad de nuestro tiempo, es tan poco renunciabile como el progreso subjetivo del hombre. De este modo, las dos fuentes de la conciencia del hombre son inseparables, no como un aspecto inerte sino como un aspecto viviente y complementario, un aspecto de aquel principio de complementariedad mediante el cual Niels Bohr ha buscado unir el cuanto y la onda, que constituyen la verdadera fábrica de radiante energía vital.*

*Existe hoy en la humanidad una fuerza contraria a la esterilidad y al peligro de la cultura cuantitativa y anónima de la masa; un sentido espiritual nuevo, aunque a veces imperceptible, de convergencia hacia la unidad del mundo, basada en el carácter sagrado de cada persona humana y en el respeto por la pluralidad de las culturas. Hay una conciencia, creciente de que la igualdad y la justicia no pueden evaluarse en simples términos numéricos, ya que son en su realidad proporcionales y analógicas. Porque cuando la igualdad es equiparada con lo intercambiable, la individualidad es negada y la personalidad humana aniquilada.*

*Estamos en el umbral de una era del mundo en la cual la vida humana se empeña en realizar formas nuevas. Reconocida la falsedad de la división entre hombres y naturaleza, tiempo y espacio, libertad y seguridad, nos enfrentamos con una imagen nueva del hombre en su unidad orgánica, y una visión nueva de la historia que le atribuye una riqueza y variedad de contenido, y una magnitud de alcances sin precedentes hasta ahora. Al vincular la sabiduría acumulada por el espíritu del hombre, a la realidad de la Edad Mundial, articulando su pensamiento con sus creencias, PERSPECTIVAS DEL MUNDO trata de estimular un renacimiento de esperanza en la sociedad, y de altivez en la decisión del hombre para determinar su destino.*

PERSPECTIVAS DEL MUNDO *abriga, la convicción de que todos los grandes cambios son precedidos por una vigorosa reorganización y revaluación intelectual. Nuestros autores están informados de que el pecado de hybris puede ser evitado demostrando que el proceso creador mismo no es tan libre actividad si por libre actividad entendemos actividad arbitraria, o no relacionada con las leyes cósmicas. Porque el proceso creador en la mente humana, el proceso evolucionista en la naturaleza orgánica y las leyes básicas del reino inorgánico no pueden ser sino variadas expresiones de un proceso formativo universal. De este modo, PERSPECTIVAS DEL MUNDO espera demostrar que aunque el presente período apocalíptico es de excepcional tensión, hay también en acción un excepcional movimiento hacia una unidad compensadora que rehúsa violar el poder fundamental que rige en el universo, el verdadero poder del cual todo esfuerzo humano debe depender finalmente. De esta manera podemos llegar a comprender que existe una independencia esencial del desarrollo espiritual y mental que, aunque está condicionado por circunstancias, jamás es determinado por las circunstancias. Así, la gran plétora de conocimientos humanos puede estar correlacionada con un discernimiento en la índole de la naturaleza humana armonizándose con el dilatado y profundo campo de actividad del pensamiento humano y de la humana experiencia.*

*A despecho de la infinita obligación del hombre y de su poder finito; a despecho de la intransigencia de los nacionalismos; del desvalimiento espiritual y de la profanación moral; por debajo del aparente torbellino y el caos del presente y extrayendo de las transformaciones de este dinámico período la revelación de una conciencia de unidad universal, el propósito de PERSPECTIVAS DEL MUNDO es contribuir a reanimar "el corazón inmóvil de la verdad perfecta" e interpretar los elementos significativos de esta Edad Mundial que se está configurando actualmente en la continuidad*

*ininterrumpida del proceso creador que reintegra el hombre a la humanidad, ahondando y fortaleciendo su comunión con el universo.*

RUTH NANDA ANSHEN

Nueva York, 1958.

## I. TRADICIÓN ANTIGUA Y TRADICIÓN MODERNA

Cuando se habla hoy de física moderna, en lo primero que se piensa es en las armas atómicas. Todos comprenden la enorme influencia de estas armas en la estructura política de nuestro mundo actual, y no resulta difícil admitir que la influencia de la física sobre la situación general es más grande que la que en cualquier otra época ha tenido. Pero ¿es realmente el aspecto político el más importante de la física moderna? Cuando el mundo haya ajustado su estructura política a las nuevas posibilidades técnicas ¿qué quedará, entonces, de la influencia de la física moderna?

Para contestar estas preguntas, debe tenerse presente que toda herramienta lleva consigo el espíritu con que ha sido creada. Puesto que todas las naciones y todos los grupos políticos habrán de estar interesados en las nuevas armas, independientemente del lugar y de las tradiciones culturales, el espíritu de la física moderna penetrará en las mentes de mucha gente, y se relacionará de diferentes maneras, con tradiciones más antiguas. ¿Cuál será el resultado de este impacto de una rama especial de la ciencia sobre antiguas y poderosas tradiciones? En aquellas partes del mundo en las que se ha desarrollado la ciencia moderna, el interés principal se ha centrado, desde hace mucho tiempo, en actividades prácticas, industria e ingeniería, combinadas con el análisis racional de las condiciones externas e internas de esas actividades. A la gente de esos países le será relativamente fácil hacer frente a las nuevas ideas, puesto que han tenido tiempo de adaptarse lenta y gra-

dualmente a los métodos científicos del pensamiento moderno. En otras partes del mundo, estas ideas habrán de confrontarse con los fundamentos religiosos y filosóficos de la cultura local. Ya que los resultados de la física moderna afectan conceptos fundamentales, como los de realidad, espacio y tiempo, la confrontación puede conducir a desarrollos enteramente nuevos que no pueden preverse. Un rasgo característico de este encuentro entre la ciencia moderna y sistemas de pensamiento, más antiguos, será su internacionalismo. En este intercambio de ideas, una de las partes, la vieja tradición, será diferente en cada región del mundo, pero la otra será la misma en todas partes, y por lo tanto los resultados de este intercambio se desparramarán sobre todas las áreas en que tengan lugar estas discusiones.

Por tal razón, puede no ser una tarea insignificante tratar de discutir estas ideas de la física moderna en un lenguaje no demasiado técnico, estudiar sus consecuencias filosóficas, y compararlas con algunas de las tradiciones antiguas.

La mejor manera de enfrentar los problemas de la física moderna quizá sea mediante una descripción histórica del desarrollo de la teoría *cuántica*. Es verdad que la teoría de los *quanta* o *cuantos* es sólo un pequeño sector de la física atómica, y ésta a su vez es sólo una pequeña parte de la ciencia moderna. Sin embargo, es en la teoría del *cuanto* donde se han producido los cambios más fundamentales con respecto al concepto de realidad, y es en la forma final de esta teoría *cuántica* donde las nuevas ideas de la física moderna se han concentrado y cristalizado.

El equipo experimental necesario para la investigación en el campo de la física nuclear, enorme y extremadamente complicado, representa otro de los aspectos impresionantes de esta parte de la ciencia moderna. Pero con respecto a la técnica experimental, la física nuclear representa la extensión de un método de investigación que ha determina-

do el crecimiento de la ciencia moderna desde Huyghens o Volta o Faraday. De manera similar, la desalentadora complicación matemática de algunas partes de la teoría *cuántica*, puede considerarse las últimas consecuencias de los métodos de Newton o Gauss o Maxwell. Pero el cambio en el concepto de *realidad* que se manifiesta en la teoría de los *quanta* no es una simple continuación del pasado; parece ser una verdadera ruptura en la estructura de la ciencia moderna. Por lo tanto, el primero de los capítulos siguientes, será dedicado al estudio del desarrollo histórico de la teoría del *cuanto*.

## II. LA HISTORIA DE LA TEORÍA CUÁNTICA

El origen de la teoría cuántica está vinculado con un fenómeno bien conocido que no pertenece a la parte esencial de la física atómica. Cuando se calienta un trozo de materia, éste comienza a tornarse candente, y llega al rojo blanco a altas temperaturas. El color no depende mucho de la superficie del material, y para un cuerpo negro depende sólo de la temperatura. Por lo tanto, la radiación emitida por tal cuerpo a altas temperaturas es un tema adecuado para la investigación física: es un fenómeno simple que debería explicarse en base a las leyes conocidas de la radiación y el calor. Sin embargo, los intentos efectuados a fines del siglo diecinueve por Jeans y Lord Rayleigh fallaron, y pusieron de manifiesto serias dificultades. No sería posible describir aquí estas dificultades en palabras sencillas. Baste saber que la aplicación de las leyes conocidas no conducía a resultados razonables. Cuando en 1895, Planck comenzó a trabajar en este tema, trató de transformar el problema de la radiación en el problema del átomo radiante. Esta transformación no eliminaba ninguna de las dificultades fundamentales, pero simplificaba la interpretación de los datos empíricos. En esa misma época, durante el verano de 1900, Curibaum y Rubens hicieron en Berlín nuevas mediciones muy exactas del espectro de la radiación térmica. Cuando Planck conoció esos resultados, trató de representarlos mediante fórmulas matemáticas sencillas que resultaran compatibles con sus investigaciones acerca de la relación entre calor y radiación. Un día, Rubens fue a tomar el té a casa de

Planck, y ambos compararon las últimas conclusiones de aquél con la nueva fórmula sugerida por Planck. Este fue el descubrimiento de la ley de Planck de radiación calórica.

Al mismo tiempo, éste fue, para Planck el comienzo de un intenso trabajo de investigación teórica. ¿Cuál era la correcta interpretación física de la nueva fórmula? Puesto que a partir de sus primeros trabajos Planck pudo traducir fácilmente su fórmula en una afirmación acerca del átomo radiante (llamado el *oscilador*), pronto debió haber encontrado que su fórmula parecía indicar que el oscilador sólo podía poseer cantidades discretas de energía<sup>[1]</sup>. Este resultado era tan diferente de todo lo que se conocía en física clásica, que seguramente él debió haberse rehusado a aceptarlo en un principio. Pero en momentos del trabajo más intenso, durante el mismo verano de 1900, se convenció finalmente de que no había forma de escapar a esta conclusión. Cuenta el hijo de Planck, que en un largo paseo por el Grunewald, parque de las afueras de Berlín, su padre le habló de sus nuevas ideas. Durante el paseo, le explicó que pensaba haber hecho un descubrimiento de gran importancia, comparable, quizá, con los descubrimientos de Newton. De modo que Planck debió haber comprendido, ya en esa época, que su fórmula afectaba los fundamentos de nuestra descripción de la naturaleza, y que estos fundamentos habrían de comenzar, algún día, a moverse de su actual situación tradicional hacia una nueva posición, aún desconocida, de estabilidad. A Planck, que tenía todo el aspecto de un conservador, no le gustaban nada estas consecuencias; pero publicó su hipótesis del *cuanto* en diciembre de 1900.

La idea de que la energía sólo podía ser emitida o absorbida en *cuantos* discretos de energía era tan nueva que no se la podía incorporar a la estructura tradicional de la física. Un intento de Planck de conciliar su hipótesis con las antiguas leyes de radiación, falló en sus puntos más impor-