

# Werner Heisenberg: El nacimiento de la Mecánica Cuántica

EN LA PRIMAVERA de 1925, un joven físico paseaba, día y noche, por el frío e inhóspito islote de Helgoland, en el Mar del Norte, al que había llegado por prescripción médica para aliviar sus padecimientos con la fiebre del heno. En el solitario paraje sólo crecen líquenes, por lo que resultaba ideal para su dolencia. En la cabeza de nuestro joven bullían multitud de ideas que en el tiempo que pasó allí se fueron decantando para acabar provocando la mayor revolución de la Física del siglo XX, por encima incluso de la teoría de la Relatividad. Se llamaba Werner Heisenberg y a su vuelta a la actividad académica escribiría un corto artículo destinado a una revista científica ("Zeitschrift für Physik") que lo publicaría en junio de 1925, y que comenzaba con la frase: "En este artículo hemos intentado obtener las bases para una teoría mecano-cuántica basada exclusivamente en relaciones entre magnitudes observables". Esas sencillas palabras eran el comienzo de una nueva era de la Ciencia.

Heisenberg había nacido el 5 de diciembre de 1901 en Wurzburg, Alemania. Sus padres, August y Anna se habían casado apenas dos años antes y él era el segundo hijo. August era profesor de lenguas clásicas y su estancia en Wurzburg se debía a una plaza de profesor que había obtenido en la universidad de esa ciudad. En 1909 le nombran profesor de griego en la universidad de Munich y la familia se traslada a la capital bávara. En 1911 el joven Werner ingresa en el Maximilian Gymnasium de Munich, de donde era director su abuelo materno Nikolaus Wecklein. Comentemos que su padre era un luterano convertido al catolicismo de su madre, aunque, al parecer, ninguno de los dos era practicante en materia religiosa y en ese punto de vista lo trasladaron a sus hijos.

En 1914, cuando comenzó la Primera Guerra Mundial, el edificio del Gymnasium pasó a convertirse en un cuartel del ejército. Por ello, las clases tuvieron que ser impartidas en distintos espacios acondicionados, lo que implicó un deterioro de la educación. Heisenberg lo asumió estudiando de por su cuenta, cosa que probablemente tendrían un efecto beneficioso en su educación. Matemáticas, Física y Religión fueron sus aficiones prioritarias, aunque en general su rendimiento en todas las asignaturas fue excelente. Sus habilidades en matemáticas eran tales que ayudaba en esta materia a amigos universitarios de la familia. Además

del estudio pasaba su tiempo jugando ajedrez. En esa época, Heisenberg se interesó especialmente en la teoría de los números, en el trabajo del célebre matemático Kronecker y trató, como tantos otros, de solucionar el famosísimo último teorema de Fermat.

El colapso después de la derrota en la Gran Guerra impulsó la tradición romántica alemana. Se propugnaba un retorno a la Naturaleza como medio de recuperar la esencia de la cultura germana. En ese ambiente Heisenberg creó un grupo juvenil (del tipo de los Boy Scouts) denominado Bund Deutscher Neupfadfinder. Este grupo de adolescentes potenciaba las salidas al aire libre, especialmente a la



montaña, al tiempo que prohibía el fumar y beber. Este espíritu romántico marcaría su personalidad y su dedicación al grupo ocupó durante muchos años la mayor parte de su tiempo libre. En una de esas excursiones que el grupo realizó, pernoctaron en un castillo que había sido utilizado como hospital militar y Heisenberg se contagió de tifus, lo que casi le cuesta la vida.

A la hora de la elección de los estudios universitarios el primer impulso de Heisenberg fueron las Matemáticas. Sin embargo, su entrevista (propiciada por su padre) con el extraordinario matemático Ferdinand Lindemann no le acabó de convencer (Lindemann estaba próximo a jubilarse), por lo que se dirigió al físico teórico Arnold Sommerfeld que le aceptó encantado como alumno. Progresivamente su interés se fue decantando por la física teórica y más al

tener como compañero a Wolfgang Pauli. Es éste precisamente, el que le aconseja que se centre en la estructura atómica, en los que las discrepancias entre la teoría y los experimentos hacían intuir que había más posibilidades.

Una serie de acontecimientos casuales marcarían el destino de Heisenberg. Unos años antes (1908) el matemático Paul Wolfskehl había dejado una suma de 100.000 marcos a la Academia de Ciencias de Gotinga como premio para quien diera una prueba completa del ya mencionado último Teorema de Fermat (enunciado en 1637). Como no aparecía tal prueba, el Comité Wolfskehl decidió utilizar los intereses del premio para organizar conferencias en Gotinga. Entre ellas hubo algunas muy célebres de Poincaré, Lorentz, Fredholm etc. En junio de 1922 el invitado fue Niels Bohr, que durante diez días pronunció una serie de siete charlas a las que asistieron tanto Pauli como Heisenberg. El efecto sobre ellos fue espectacular y ambos quedaron fascinados tanto por los problemas de la Física del átomo como por la personalidad de Bohr. No es por tanto de extrañar que cuando Sommerfeld, su mentor, inició una estancia de un año en Estados Unidos (la inflación galopante hacía dura la vida en Alemania) Heisenberg se trasladara a Gotinga para, bajo la dirección de Max Born (habitual colaborador de Bohr), profundizar en la Física del microcosmos. Una vez más, la Física se benefició de las Matemáticas. La misma inflación del marco alemán hizo que no hubiera más conferencias Wolfskehl.

Cuando, tras la azarosa lectura de su tesis, Heisenberg decide alejarse de Munich su destino no podía ser otro que Gotinga, donde a pesar de sus temores, Born le recibiría con los brazos abiertos. Allí, junto con Pauli y Pascual Jordan, bajo la doble dirección de Born y Bohr, se reunirían las personas que gestaron la Mecánica Cuántica. Porque Gotinga era el corazón de las Matemáticas alemanas, que equivale a decir mundiales, y por ello también de la Física Teórica. Además de los ya citados, eran profesores de Gotinga auténticos inmortales de las matemáticas como Klein, Hilbert o Courant siendo el director del departamento de Física James Franck. Entre todos se generaría el ambiente intelectual que propició la revolución. Si la Relatividad fue esencialmente el trabajo de un solo hombre, la Mecánica Cuántica es el resultado de los esfuerzos de Bohr, Born, Schrödinger, de Broglie, Dirac, Pauli, Jordan y, por supuesto Werner Heisenberg, que en definitiva sería el destinado a dar los pasos más decisivos.

## La Tesis de Heisenberg

DURANTE MUCHOS años, si alguien quería incomodar a Heisenberg, bastaba mencionar un aparato de laboratorio denominado Fabry-Perot. Se trata de un dispositivo de interferometría muy utilizado en los laboratorios de Óptica, y que forma parte de los temas de estudio normales en cualquier licenciatura de Física. El motivo de esto tiene que ver con sus exámenes de la tesis de doctorado.

El mentor de Heisenberg, Sommerfeld, le había propuesto como tema de tesis un complicado trabajo sobre el paso de fluido laminar (tranquilo) a turbulento. El origen del problema era un encargo recibido por Sommerfeld de una compañía que debía abordar la construcción de un canal para la conducción de agua en Munich. Convencido de las capacidades de Heisenberg, y aún sabiendo la dificultad del tema, Sommerfeld se lo propone como un reto que el talentoso Werner abordó con decisión. El resultado, que sólo pudo ser una aproximación a la solución del problema, confirmó sobradamente las expectativas de su maestro. Su trabajo fue admitido como tesis y posteriormente publicado. A pesar de las discusiones que suscitó, años después se comprobó que la aproximación de Heisenberg era correcta.

Pero en el sistema alemán, además del trabajo se debía pasar un examen. Un tribunal, formado por cuatro miembros interrogaba a los candidatos sobre diferentes aspectos de la Física y las Matemáticas. En el tribunal de Heisenberg el presidente resultó ser Wilhelm Wien, premio Nobel 1911, y un extraordinario físico experimental, además del propio Sommerfeld y dos profesores más. Vale la pena comentar que por aquel entonces la Física Teórica carecía del estatus del que sí gozaba la experimental. Y, lamen-

tablemente, Heisenberg nunca desarrolló habilidades en los laboratorios, a los que acudía sólo cuando eran obligatorios.

Después de contestar con facilidad todas las preguntas teóricas y matemáticas que le propuso Sommerfeld, le tocó el turno a Wien. Éste preguntó a Werner por el poder de resolución (la capacidad de distinguir) de un interferómetro Fabry-Perot. Heisenberg falla lastimosamente en su respuesta y un malhumorado Wien comprueba con desagrado que es incapaz, incluso, de responder a preguntas similares sobre aparatos tan simples como un microscopio o un telescopio. Cuando el tribunal se retira a deliberar Sommerfeld y Wien discuten acaloradamente. Wien no veía razones para otorgar el doctorado a Heisenberg por muchas que fueran sus capacidades para la teoría. Sommerfeld argumenta sobre las extraordinarias capacidades de su discípulo. Al final se llega a un compromiso y Heisenberg es calificado con un "aprobado raspado". Acostumbrado como estaba a las máximas calificaciones Werner pasa algunos de los peores momentos de su vida. Aquella misma noche, con profundas dudas sobre su futuro marcha a Gotinga, donde un Max Born tras repasar las preguntas del examen concluye que no hay razones para no ofrecerle un empleo junto a él.

Unos días después el padre de Heisenberg escribe a James Franck, un brillante físico experimental catedrático de Gotinga, pidiéndole que ayude a su hijo a formarse en los laboratorios. Franck le contesta con notable claridad: Werner no tiene ningún interés en los laboratorios y sería una pérdida de tiempo. Si quiere sobrevivir como físico deberá ser sólo como teórico.



Heisenberg

Supongo que la historia tiene muchas moralejas, entre las que, eso sí, espero que no esté el descuidar el trabajo experimental en Física.