

Werner Heisenberg, padre de la mecánica cuántica y catedrático más joven de Alemania



Los padres de Heisenberg con él y su hermano mayor Erwin en 1907



Werner y Erwin jugando con pompas



August Heisenberg con sus hijos

amigo del padre de este). A este respecto es divertido leer lo que el propio Heisenberg escribió en sus memorias³.

Werner Karl Heisenberg nació el 5 de diciembre de 1901 en Würzburgo (*Würzburg*) en Baviera y era el hijo menor de dos hermanos. Su padre August era profesor de lenguas clásicas en un instituto (*Gymnasium*) y muy poco después de la propia Universidad de Würzburg¹, su madre Anna Wecklein. Los dos hermanos, pese a que su padre era catedrático de latín y griego, estudiaron ciencias, Werner, Física teórica y Erwin, Química².

La I Guerra Mundial pilló a Werner en Múnich (vivían allí desde 1910 al ser su padre nombrado catedrático en la Universidad de Múnich) estudiando en el *Gymnasium*, pero dado que éste pasó a ser ocupado por tropas del ejército alemán, las clases se dispersaron, lo que ayudó a Werner a centrarse en la física y las matemáticas, pero sin dejar de participar en actividades voluntarias como trabajar en granjas, entre otras. En 1919, su último año en el *Gymnasium*, entró a formar parte del Movimiento de la Juventud (una especie de Boy Scouts), llegando a ser el líder de uno de sus grupos.

El 1911 Heisenberg empezó sus estudios en el Maximilian Gymnasium de Munich. En esta escuela se preparaba a los alumnos para sus futuros estudios universitarios. Los principales temas de estudio eran las lenguas clásicas, latín y griego, en los que Heisenberg obtuvo las más altas calificaciones. Esta preparación humanística se reflejó, más adelante, en su forma de abordar los problemas físicos y su preocupación por las implicaciones filosóficas de la nueva mecánica cuántica. Al mismo tiempo estudió música, piano clásico, afición que mantuvo a lo largo de toda su vida.

Tras la guerra entró en la Universidad de Múnich. Su intención original era estudiar matemáticas con Lindemann, toda una celebridad en teoría de números, pero este no lo aceptó como estudiante (hay varias historias al respecto siendo la más probable que a Lindemann no le interesara tener un estudiante de primero y solo había accedido a entrevistar a Werner pues era

¹ Parece ser que su padre era una figura tremendamente autoritaria, muy severo y rígido con sus dos hijos, a los que, entre otras cosas, les exigía un alto nivel académico y una disciplina férrea. August era además extremadamente competitivo, competitividad que obligó practicar a sus dos hijos. Werner era tímido y retraído lo contrario de su hermano mayor, que era el favorito del padre. A los 5 años estuvo a punto de morir por una infección pulmonar.

² Como curiosidad cabe decir que Erwin, el hermano mayor de Werner, solía ganar en todo, excepto en matemáticas, y eso hizo que Heisenberg se concentrara en ellas especialmente, algo que, como se verá, acabaría por servirle de mucho años después.

³ *Visité a Lindemann, que también trabajaba en la administración universitaria, en la primera planta del edificio de la Universidad, en un despacho oscuro amueblado de modo extrañamente anticuado, que por la rigidez de su instalación despertó en mí un sentimiento de cierta retracción. Antes de hablar con el profesor, que no se levantó sino lentamente, observé que sobre el escritorio, junto a él, estaba agazapado un perrito de pelo negro, que en este entorno me recordó inmediatamente al perro del laboratorio de Fausto. El oscuro bicho me miró hostilmente por considerarme, sin duda, como un intruso dispuesto a perturbar la paz de su amo. Algo confundido por esto, expuse mi asunto balbuceando, y, justo cuando hablaba, me di cuenta de la poca modestia de mi ruego. Lindemann, un anciano de barba blanca, ya con aspecto algo cansado, notó también, sin duda, esta inmodestia, y la ligera excitación que le sobrecogió puede haber sido la causa de que el perrito comenzara de improviso a ladrar terriblemente sobre el escritorio. En vano trató su amo de calmarlo. El animalito tradujo su ira hacia mí en furiosos ladridos, que repetía en sucesivas oleadas, de modo que resultó cada vez más difícil entenderse. Lindemann me preguntó qué libros había estudiado últimamente. Yo cité la obra de Weyl Espacio-tiempo-materia. Entre la furia incontenida del pequeño guardián negro, Lindemann terminó la conversación, diciendo: «Entonces usted ya está, en todo caso, perdido para las matemáticas». Con esto quedé despedido.*

Para suerte de todos, Heisenberg terminó bajo la tutela de uno de los grandes físico-matemáticos de la época, Arnold Sommerfeld. Así, en octubre de 1920 empezó sus estudios en física teórica⁴, pero sin descuidar las matemáticas (por si se torcían las cosas). Allí conoció y entabló amistad con otro de los discípulos de Sommerfeld, Wolfgang Pauli, que fue quien lo condujo irremediablemente al mundo de la física cuántica.

En 1922 asistió al famoso curso de Bohr en Gotinga, donde conoció a otro de los grandes físicos del momento, Max Born. Gracias a ello, durante una estancia de Sommerfeld en los Estados Unidos, Heisenberg aceptó la invitación de Born de ir a trabajar con su equipo en Gotinga. Ese viaje sin duda le cambió la vida en todos los sentidos, ya que allí se dedicó a investigar en la todavía “misteriosa” física cuántica. Regresó a Múnich a defender su tesis doctoral sobre mecánica de fluidos (problemas de turbulencia)⁵ en 1923.

En la primavera de 1924 Werner Heisenberg embarcó en Warnemünde, dirección a Dinamarca⁶ para trabajar con Niels Bohr en Copenhague⁷. En 1924 se apreciaban ya las dificultades del modelo atómico de Bohr y las limitaciones de la que ahora conocemos como vieja teoría cuántica. Se intuía la necesidad de construir un nuevo marco teórico, con el que reemplazar las reglas de cuantificación⁸.



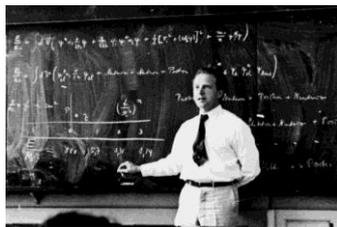
Heisenberg en 1925



Heisenberg en 1926

Convencido de que las limitaciones del modelo de Bohr procedían del hecho de basarse en la existencia de unas órbitas electrónicas definidas, que no era posible observar, cuando lo que realmente se medía era solamente la diferencia de energía entre ellas -en forma de luz emitida en una transición de una órbita a otra⁹. Si el modelo de Bohr era una imagen semiclásica y muy intuitiva, la nueva formulación de Heisenberg, al prescindir de esta imagen, se convertía en una

formulación esencialmente matemática. Si por una parte no le disgustaba por otra le alarmaba tener que trabajar con unas técnicas matemáticas sobre las que no tenía experiencia previa. Fue Max Born quien poco después se aperció de que los cálculos de Heisenberg se podían expresar en términos de matrices, y de aquí el nombre de mecánica de matrices a la versión de Heisenberg de la mecánica cuántica.



Heisenberg dando clase

⁴ Antes había hecho el Abitur (examen de ingreso en la Universidad) Enel cual obtuvo la mejor nota.

⁵ La Tesis tenía por título : "Über Stabilität und Turbulenz von Flüssigkeitsströmen (Sobre la estabilidad y la turbulencia de los flujos de líquidos)". La defensa de su tesis le proporcionó sin duda una de sus primeras frustraciones. Era obligatorio que el candidato a doctor, tras explicar sus aportaciones originales, se enfrentara a un examen oral por parte de los principales catedráticos, uno de los cuales era Wilhelm Wien, uno de los más importantes físicos experimentales, que para desgracia de Heisenberg era contrario a la teoría cuántica y por tanto desdeñaba el trabajo de Sommerfeld en dicha área. Que Werner pasara tan abiertamente de la física experimental no ayudaba, así que tras un desastroso examen (Heisenberg no fue capaz de responder a casi ninguna pregunta de las formuladas por Wein) al final aprobó por los pelos, pues Wein lo aprobó con la calificación mínima (aprobado, I), que tras presiones de Sommerfeld se quedó en una media de *cum laude* (II), lejos de la máxima *summa cum laude* (IV). Esto fue una humillación para alguien como Heisenberg pero, como contaremos en otra ocasión, este aprendió la lección, pues estudió las preguntas de Wein que le ayudaron luego a preparar un experimento mental que le condujo al famoso principio de incertidumbre que hoy lleva su nombre.

⁶ Según sus propias palabras, los primeros días en el Instituto de Bohr no resultaron fáciles: "me vi de repente ante un gran número de jóvenes, espléndidamente dotados, de todos los países del mundo, que me superaban con mucho en el dominio de las lenguas y en la habilidad cosmopolita y que en nuestra ciencia poseían un conocimiento mucho más profundo que el mío". No obstante, Bohr se fijó en este joven alemán y se iniciaría una relación que pronto iba a resultar muy fructífera.

⁷ Gracias a una beca de la fundación Rockefeller

⁸ Comentó en su autobiografía: "En la física atómica habíamos llegado claramente en el invierno de 1924 a 1925 a esa zona en la que la niebla es todavía con frecuencia impenetrablemente densa, pero en la que, por así decirlo, se adivinaban ya los claros sobre nosotros".

⁹ "Vi con claridad creciente que en una física semejante, en lugar de las condiciones cuánticas de Bohr y Sommerfeld, debían jugar su papel solamente las magnitudes observables."



Placa conmemorativa del nacimiento de la Mecánica Cuántica

En mayo de 1925 se puso enfermo y pidió una excedencia de su trabajo en el instituto Bohr. Se marchó a la isla de Helgoland, donde alquiló una habitación en una casa con vistas al mar.¹⁰ De esa forma, el 29 de julio de 1925, llegó a la revista *Zeitschrift für Physik*, el trabajo: “*Über die quantentheoretische Umdeutung kinematischer und mechanischer Beziehungen (Sobre una reinterpretación cunántica de las relaciones cinemáticas y mecánicas)*”. Sería el primer artículo sobre mecánica cuántica, que se drá recordado con una placa conmemorativa en en la isla de Helgoland¹¹. A partir de aquí y en ese mismo año aparecerán varios artículos sobre la nueva Mecánica Cuántica; La Mecánica cuántica matricial. Una de cuyas consecuencias fue el enunciado del llamado Principio de incertidumbre: El **principio de incertidumbre** afirma que es imposible medir al mismo tiempo de forma precisa la posición y el momento lineal de una partícula.

En principio sus teorías encontraron la oposición de Bohr, mas en conformidad con las ideas ondulatorias de Schrödinger, pero en el congreso celebrado en la ciudad italiana de Como, en septiembre de 1927, Heisenberg agradeció a Bohr, el esclarecimiento del principio de incertidumbre. Se originaba así la llamada “*interpretación de Copenhague de la física atómica*”. Ese mismo mes, Werner Heisenberg fue nombrado profesor de física teórica y jefe del departamento de física en 1927 en la Universität Leipzig (el catedrático mas joven de Alemania). El 1 de febrero de 1928 dio su conferencia inaugural y publicó su primer artículo de Leipzig. Usó el "Principio de exclusión de Pauli" para descubrir cómo funciona el ferromagnetismo.

En 1929, junto con Dirac, impartieron una serie de conferencias en Norteamérica. En 1932, poco antes de cumplir los 31 años, fue nominado al Nobel de Física por “*La creación de la mecánica cuántica, cuyo uso ha conducido, entre otras cosas, al descubrimiento de las formas alotrópicas del hidrógeno*”.



Heisenberg en 1933

En 1932, publica un primer artículo sobre el modelo del núcleo atómico compuesto por protones y neutrones: “*Los nucleones y la simetría del isospín*”

¹⁰ Allí, entre paseos y excursiones, tenía el tiempo necesario para concentrarse en su trabajo. Una vez obtenida la solución, para convencerse de la viabilidad de los nuevos métodos quiso comprobar si la formulación era compatible con el principio de conservación de la energía: “...eran las tres de la madrugada cuando el resultado definitivo del cálculo estuvo completo ante mis ojos. La vigencia del principio de conservación de la energía se había demostrado en todos los términos [...] Tenía el presentimiento de que a través de la superficie de los fenómenos atómicos miraba hacia un fondo subyacente de belleza interior fascinante, y casi perdí el sentido al pensar que ahora tenía que ir tras esta multitud de estructuras matemáticas que la naturaleza había abierto ante mí”. Heisenberg acabó la noche de su principal descubrimiento esperando la salida del Sol desde lo alto de una roca solitaria que penetraba en el mar.

¹¹ En ella se puede leer: “*En junio de 1925, Werner Heisenberg, de 23 años, aquí en Helgoland, hizo un avance en la formulación de la mecánica cuántica, la teoría básica de las leyes naturales en el campo atómico, que ha influenciado el pensamiento humano más allá de la física*”.



Heisenberg y Bohr en 1934

En 1933, asciende Hitler al poder. Los científicos alemanes de rigen judío, se exilaron. Heisenberg, ni judío ni nazi, pero muy patriota se quedó en Alemania, aunque muy interconectado por Bohr en Copenhague

En 1935, intenta reemplazar a Sommerfeld, que se jubila como profesor en Munich, pero el gobierno se opone por no ser nazi¹²



Boda de Heisenberg



Werner y sus gemelos



El matrimonio Heisenberg

En 1937, Heisenberg conoce a Elisabeth Shumacher en Leipzig, durante una velada de música de cámara. Werner interpretaba el trío para piano en sol mayor de Beethoven y Elisabeth asistía como espectadora, formando parte de un selecto grupo de invitados en casa del editor Bücking.

Elisabeth era hija del profesor de economía política de la Universidad de Bonn Hermann Shumacher. Tres meses después se casaban en Berlín. Heisenberg tenía 35 años y su esposa 22. A los 9 meses fue padre de 2 gemelos, Wolfgang y María¹³.

En julio de 1939 viajó a Estados Unidos, donde se intentó persuadir para que se quedara allí, ya que la guerra era inminente; su patriotismo y su familia le hicieron quedarse en Alemania.

En 1941, pasó a ocupar la cátedra de Física de la universidad de Berlín y la dirección del Instituto Kaiser Wilhem de Química Física.



Heisenberg en Munich

Al final de la guerra fue capturado en la operación Epsilon, y encarcelado en Inglaterra¹⁴.

En 1957, puso en marcha el primer reactor nuclear alemán. En 1958, la cátedra en la universidad de Gotinga, y después en la de Munich donde se jubilaría en 1976¹⁵. En 1970, le fue concedido el premio Sigmund Freud de Prosa académica.

Fallece por un cáncer de riñón y vesícula en Munich, el 1 de febrero de 1976.

¹² A partir de 1936 Heisenberg fue atacado porque decían que sus conocimientos eran “judíos”. Gracias a la mediación de su familia con Himmler, el 21 de julio de 1938, sería exonerado de todos los cargos apuntados por las SS. Solo un miembro de los colaboradores de Heisenberg se hizo nazi.

¹³ Pauli felicitó a Heisenberg por la “creación de pares” (en alusión a las partículas elementales). La pareja tendría 5 hijos mas en los 12 años siguientes (Bárbara, Cristina, Jochen, Martín y Verena)

¹⁴ Junto con otros científicos alemanes, como Otto Hahn, Weizsäcker y von Laue, fueron internados en una casa de campo *Farm Hall*, en la campiña inglesas, con micrófonos ocultos para enterarse de sus conversaciones.

¹⁵ En los últimos años se dedicó al teoría del campo unificado, sin encontrar resultados concretos.

