

**Ciencia, Humanismo y Sociedad**  
**Seminarios sobre Ciencia**

*Historias del quantum. Entender la Física Cuántica*  
**Seminario 3**  
*Sociología de la FC - Protagonistas*

ATENEO de Badajoz

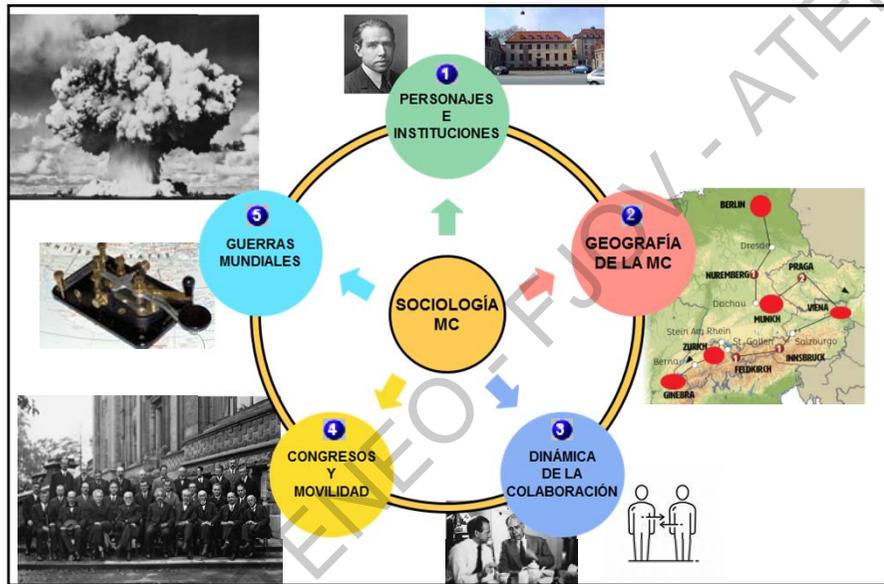
Francisco J. Olivares del Valle  
 Viernes, **xx** de Noviembre de 2024  
**19:30 h**

Doctrinas cuánticas (1925-1930)

**Mecánica Ondulatoria**  
 De Broglie, Schrödinger

**Mecánica de Matrices**  
 Heisenberg, Bohr, Born

**Mecánica Cuántica**  
 Schrödinger, Dirac, Heisenberg, Bohr, Jordan, Born, Pauli, .....



**DRAMATIS PERSONAE**

**La vieja generación**



Planck 1858-1947      Sommerfeld 1868-1951

**La generación intermedia**

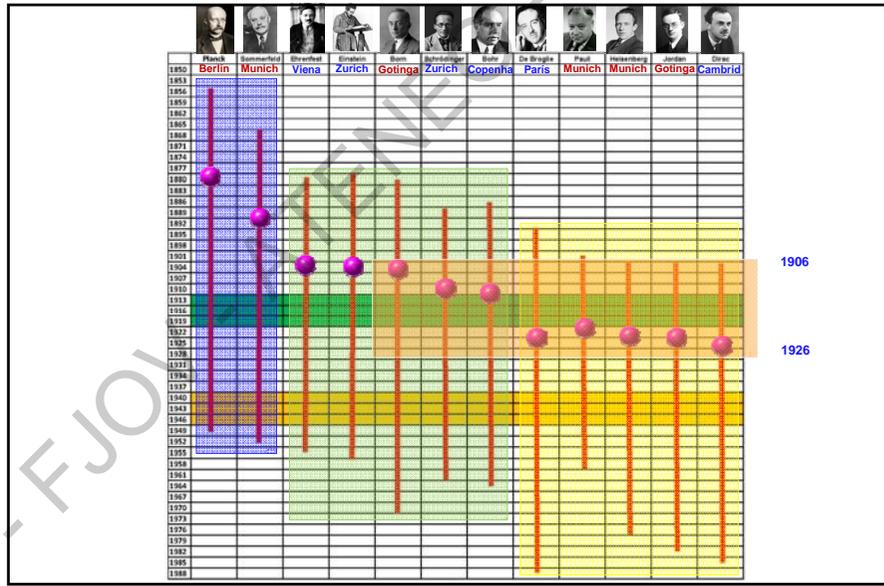


Ehrenfest 1880-1933      Einstein 1879-1955      Born 1882-1970      Schrödinger 1887-1961      Bohr 1885-1962

**La nueva generación**



De Broglie 1892-1987      Pauli 1900-1958      Heisenberg 1901-1976      Jordan 1902-1980      Dirac 1902-1984



**PERSONALIDADES**

**LA VIEJA GENERACIÓN**

**1858** Kiel (A)

**1879** Tesis

**1914** Firma el «*Manifiesto al Mundo Civilizado*», que defendía el militarismo alemán. Más tarde se opone a Hitler.

**1947**

Estudió en el Maximilian-Gymnasium de **Munich** y en las Universidades de **Munich** y **Berlín**, física experimental y matemáticas

Significado de la 2ª ley de la termodinámica basada en el principio del incremento de la entropía

Planck creía en la existencia de un mundo físico objetivo y que era posible comprender el mundo real

Condenó todos los intentos de abandonar la causalidad

causa → efecto

La validez del principio de indeterminación «había inducido a algunos indeterministas a ver la ley de la causalidad como decisivamente refutada en física. Sin embargo, un examen más minucioso demuestra que esta conclusión es, cuando menos, precipitada»

**Estudiantes:**  
 1897 Max Abraham (1875–1922)  
 1904 Moritz Schlick (1882–1936), **Fundador del Círculo de Viena**  
 1906 Walther Meißner (1882–1974), **Premio Nobel de Física de 1914**  
 1907 Fritz Reiche (1883–1960), **Premio Nobel de Física de 1914**  
 1907 Lise Meitner (1878–1968)  
 1912 Walter Schottky (1886–1976)  
 1914 Walther Bothe (1891–1957), **Premio Nobel de Física del 1954**

**1868** Königsberg (P)

**1891** Tesis

**1894** Felix Klein, **Ayudante de Klein**

**1906** «Las funciones arbitrarias en la física matemática»

**1906** Teoría del movimiento de electrones en campos electromagnéticos

**1914** Munich, **Cátedra**

**1951**

En **1893**, se trasladó a **Gotinga**. Trabajó como ayudante en el **Instituto Mineralógico**, aunque su interés real se dirigía hacia las matemáticas y la física matemática

Estudió en la Universidad de Königsberg, bajo la dirección de matemáticos brillantes

Discípulos: Debye, Landé, Heisenberg y Pauli, H.A. Bethe, P.S. Epstein, P.P. Ewald, W. Lenz, G. Wentze, W. Heitler...

«Es muy difícil averiguar lo que Sommerfeld pensaba de la realidad física, de su comprensibilidad y de la causalidad. Esos asuntos no le interesaban y dedicó toda su producción científica a las...»

El libro de Sommerfeld «*Atombau und Spektrallinien*» fue muy famoso e influyente y en él ha quedado reflejado, a lo largo de sus seis ediciones, el...

«Aceptó con entusiasmo la formulación que hizo Schrödinger con su ecuación de onda y sus valores propios»

## LA GENERACIÓN INTERMEDIA

**1880** Viena (A)

**1904** Tesis

**1903** Holanda, Lorentz

**1933** Ehrenfest se suicidó en 1933

Después de casarse con una matemática rusa se trasladó a San Petersburgo (Rusia) en **1907**, permaneciendo allí hasta **1912**

Discípulos: Hermann Weyl, Emmy Noether, Felix Bloch, Karl Przibram, George Uhlenbeck,...

Contribuciones: Teoría de la Estadística Cuántica; Relatividad y Dinámicas Cuánticas: Introdujo conceptos en la relatividad que más tarde fueron fundamentales para el desarrollo de la MC.

Einstein le escribió: «Eres uno de los pocos teóricos que no ha sido privado de su inteligencia innata por la epidemia matemática»

«No sólo era el mejor maestro que yo haya conocido en nuestra profesión, también estaba apasionadamente preocupado por el desenvolvimiento y destino de los hombres, en especial de sus alumnos.»

En relación con su suicidio Einstein escribió que, a menudo, Ehrenfest se había sentido incapaz para las tareas de investigación y que este sentimiento solía deprimirle.

**Milva Marie**

Intento estudiar en el **Instituto Federal de Tecnología (ETH)**, de Zurich, pero suspendió los exámenes de zoología, botánica e idiomas. Finalmente fue admitido, donde estudió de **1897 a 1900**.

**Ulm (AI)** 1879

En su tiempo libre realizó investigación, ayudado por su primera mujer, publicando en ese periodo cerca de **30** artículos, entre los que se encuentran los **inmortales de 1905** sobre el **movimiento browniano**, el **efecto fotoeléctrico** y la **TER**.

**Zurich**  
Tesis Kleiner 1905  
Cátedra Praga 1912  
Cátedra en Berlín hasta 1933

**EEUU** 1955

En el verano de 1920 se constituyó una organización para oponerse a las teorías de Einstein. En una reunión pública de este grupo (la liga **anti-Einstein**), a la que él asistía, fue agredido y «denunciado como vil publicidad, plagio, charlatán y científico dadaista».

Desde el punto de vista epistemológico, era un **realista**. Einstein nunca aceptó la **formulación acausal** de la MC. No aceptó nunca la **complementariedad** de Bohr.

Estudiantes: **Nathan Rosen, Boris Podolsky, Leo Szilard, Hermann Weyl, Kurt Gödel, Theodore von Kármán, Wolfgang Pauli, Satyendra Nath Bose, Georges Lemaitre, Banesh Hoffmann.** Aunque no tuvo discípulos en el sentido tradicional, su **influencia y colaboraciones científicas** moldearon a una generación de físicos y matemáticos teóricos.

Permaneció en la Oficina de Patentes de Berna desde 1900 a 1909.

1921

**LA CIENCIA** «no es una mera colección de leyes, un catálogo de hechos sin relación mutua. Es una creación de la mente humana, con sus ideas y conceptos libremente inventados. Las teorías físicas tratan de dar una imagen de la realidad y de establecer su conexión con el amplio mundo de las impresiones sensoriales. La única justificación de nuestras estructuras mentales es si esa conexión se logra y de qué modo se hace».

**Breslau (AI)** 1882

Estudió en la **Universidad de Breslau** desde 1904, pasando dos semestres en **Heidelberg** y **Zurich**. De 1904 a 1906 permaneció en **Gotinga** donde fue alumno de los famosos matemáticos **Felix Klein, Hilbert** y **Minkowski**.

En esa época trabajaron en **Gotinga** muchos físicos famosos: **K.T. Compton, Góndon, Blackett, von Hippel, Houtermans, Rabinowitsch,** etc., entre los **experimentales**, y **Pauli, Heisenberg, Fermi, von Neumann, Wigner** y **Dirac** entre los **teóricos**.

Estudiantes: **De los múltiples discípulos de Max Born, los más famosos fueron: Delbrück, Elsassser, Jordan, Maria Goeppert-Mayer, Nordheim, Oppenheimer y Weisskopf.**

**Hilbert** 1906  
**Profesor Gotinga** 1921  
**Profesor Edimburgo** 1939

En 1933 los nazis le destituyeron por motivos raciales y le forzaron a exiliarse de Alemania. Se marchó al Reino Unido, primero a **Cambridge (1933-1936)** y después a **Edimburgo (1936-1952)**. **Born** fue, junto con **Bohr** y **Heisenberg**, uno de los pocos físicos que **construyó la estructura filosófica de la mecánica cuántica**. **Born** aceptó sin reservas el principio de **complementariedad** de Bohr.

Aspectos matemáticos relacionados con la elasticidad y estabilidad de estructuras

1933 Exilio RU

Su principal contribución fue la **interpretación probabilística** de las ondas de **Schrödinger**, una interpretación que deja ampliamente indeterminado el comportamiento de un sistema individual, abriendo así el camino a una descripción **acausal**.

«Hemos llegado al final de nuestro viaje por los abismos de la materia. Buscábamos un suelo firme y no lo hemos encontrado. Cuanto más profundamente penetramos, tanto más inquieto, más incierto y más borroso se vuelve el Universo»

**Zurich**

Se reconoce en Bohr, correctamente, al «padre» de la MC. Su principio de **complementariedad** fue esencial para proporcionar el marco lógico fundamental a todas aquellas contribuciones teóricas distintas que se habían ido presentando desde 1924 hasta 1927.

Numerosos físicos, que procedían de todas las partes del mundo, trabajaron en el Instituto de Bohr: **Kramers** estuvo allí varios años, mientras que **Pauli, Heisenberg, Dirac, Landau** y **Oskar Klein** pasaron en él algunas temporadas.

El **principio de complementariedad** era, básicamente, un postulado acerca de la **imposibilidad de resolver las contradicciones en la física atómica** (onda-partícula) «La evidencia que se obtiene bajo condiciones experimentales diferentes no puede ser incluida en una representación única, sino que ha de considerarse como complementaria, en el sentido de que sólo la totalidad de los fenómenos agota la información posible sobre los objetos»

**Copenhague (D)** 1885

Se entusiasma al leer los libros del filósofo existencialista **Kierkegaard** y perteneció más tarde a un club intelectual llamado **Ecliptica**, en el cual se discutían cuestiones de tipo filosófico y epistemológico. Es muy probable que aquellas discusiones influyesen profundamente en su **actitud hacia la física**, dado que existe un estrecho parecido entre el **principio de complementariedad** y algunas ideas fundamentales de **Kierkegaard**.

En **Cambridge** asistió a las clases de **Larmor, J.J. Thomson** y **Jeans**. En marzo de 1912 se trasladó a **Manchester**, lugar en el cual trabajó, bajo la dirección de **Rutherford**, en la difusión de partículas alfa, tomando como base teórica el modelo atómico de aquél.

Estudiantes y colaboradores: **Werner Heisenberg, Wolfgang Pauli, Leon Rosenfeld, George Gamow, Felix Bloch, Oskar Klein, John Archibald Wheeler, Victor Weisskopf, Hans Kramers, Pascual Jordan, Lise Meitner, Abraham Pais, Lev Landáú, Christian Møller, Rudolf Peierls**

**Copenhague**  
Tesis C. Christiansen 1911 1916  
**Instituto Universitario de Física Teórica** 1921

**Teoría electrónica de los metales** 1ª 1924

El **principio de complementariedad** era, básicamente, un postulado acerca de la **imposibilidad de resolver las contradicciones en la física atómica** (onda-partícula) «La evidencia que se obtiene bajo condiciones experimentales diferentes no puede ser incluida en una representación única, sino que ha de considerarse como complementaria, en el sentido de que sólo la totalidad de los fenómenos agota la información posible sobre los objetos»



## LA NUEVA GENERACIÓN

Con excepción de De Broglie, los físicos de la generación más joven (**De Broglie, Pauli, Heisenberg, Jordan y Dirac**) nacieron en nuestro siglo y se doctoraron entre 1921 y 1926, en algunos de los casos cuando la física cuántica tenía ya **20 años** y los problemas centrales estaban agravándose.



**Dirac** era doctor en **matemáticas** y los físicos del grupo austro-alemán estudiaron con teóricos de una acusada personalidad **matemática** (**Jordan** con **Born**, y **Heisenberg y Pauli** con **Sommerfeld**).

Desde el punto de vista epistemológico estos cuatro últimos físicos tenían una concepción variada, que iba desde la falta de interés en lo que a la realidad física se refiere, hasta una fuerte tendencia para deshacerse de la causalidad e incluso de la realidad misma.

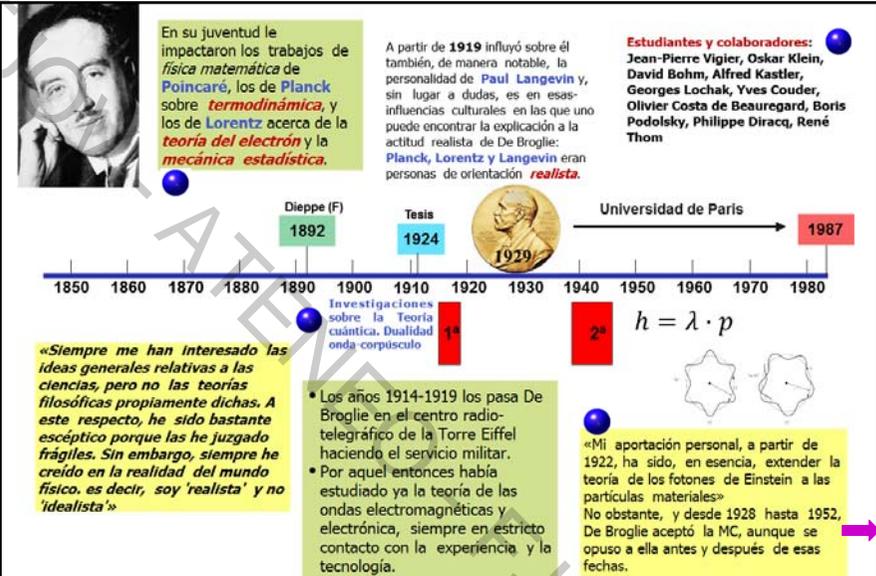
El caso de **De Broglie** era por completo diferente, participando de una perspectiva similar a la de **Einstein**. Su posición epistemológica debería situarse dentro de las corrientes **realistas** por su defensa de la **causalidad**, su creencia en **un mundo real susceptible de ser entendido por el hombre**, que existe objetivamente, y su **rechazo de la complementariedad**.

Parece ser que **Dirac** y **De Broglie** carecían de interés por la política; **Heisenberg** y **Jordan** eran de **derechas**, y muy posiblemente favorables al **nazismo**, al menos en los **años veinte**.



Con relación a las opiniones políticas de **Pauli** no tenemos información. Es más que probable que la política jugase un papel de mayor trascendencia en la formación cultural de los físicos de la nueva generación que en el caso de sus colegas mayores; los físicos que nacieron a comienzo de este siglo formaron su personalidad en unos años marcados por la **Primera Guerra Mundial**, la **Revolución Rusa**, el **establecimiento de democracias parlamentarias** en Europa Central y por una **fuerte lucha de clases** en **Alemania** y otros lugares.

Así no resulta sorprendente encontrarse con gente, como **Heisenberg** y **Jordan**, **fuertemente comprometida en política**, ni extraño que para ellos eso pudiese tener implicaciones filosóficas importantes.





**Pauli** escribió: *«Mi maestro, en lo que a la física teórica se refiere, fue el profesor A. Sommerfeld y las estimulantes sugerencias que recibí de él y de su círculo de discípulos ... influyeron decisivamente en mi visión científica.»*

En **1921-1922** Pauli fue ayudante de **Born** en Gotinga y en **1922-1923** de **Bohr** en Copenhague. La influencia de Bohr sobre Pauli debió ser muy considerable, dado que Rosenfeld, al comparar a los distintos colaboradores de Bohr escribió: *«de todo este grupo, el que se mantuvo más próximo a Bohr fue, sin lugar a dudas, Pauli...»*

**Estudiantes y colaboradores:** Felix Bloch, Victor Weisskopf, Rudolf Peierls, Hermann Levin, Goldstone, Robert Oppenheimer, George Gamow, Kurt Gödel, Paul Dirac, Lev Landau, Isidor Isaac Rabi, Harald Cramér, Hans Bethe, Murray Gell-Mann, Erich Hückel, Res Jost

**1900** Viena (A)

**1921** Múnich Tesis Sommerfeld

**1923** EHT Zurich

**1928** Universidad Hamburgo

**1945**

**1958**

«Wolfgang Pauli era nada atlético, hedonista, indiferente a la naturaleza, adicto a la vida urbana nocturna, sarcástico, cínico; críticamente incisivo, y judío por añadidura.» Su *actitud epistemológica* estaba muy cercana a la de Bohr: renunció a la comprensibilidad y a la causalidad; puso limitaciones al concepto de realidad física; y aceptó, sin reservas, la MC y la complementariedad.

«...el concepto de objeto material, de constitución y naturaleza independientes del observador, es ajeno a la física moderna la que forzada por los hechos ha debido renunciar a esta abstracción»

«Fue la MC la primera en asumir la existencia de probabilidades fundamentales en las leyes de la naturaleza que no podían reducirse por medio de las hipótesis adecuadas a leyes deterministas, tal y como es posible hacer, por ejemplo, con las probabilidades termodinámicas en física clásica. Este desarrollo revolucionario es considerado como definitivo por la mayor parte de los físicos modernos, y en primer lugar por **Born**, **Heisenberg** y **Bohr**. con los cuales estoy de acuerdo.»



Durante el curso académico **1923-1924** fue ayudante de **Born** en Gotinga y al año siguiente trabajó en Copenhague junto con **Bohr** y **Kramers**. En **1925**, en Cambridge, dio una serie de conferencias, regresando a Gotinga como **Privatdozent** (1925-1926).

Los años **1926 y 1927** los pasó, de nuevo, en Copenhague, desde donde se trasladó a la Universidad de **Leipzig** (1927-1941) como **Catedrático de física teórica**. Los años de la guerra los pasó Heisenberg trabajando en el **Instituto Max Planck de Munich**.

**Estudiantes y colaboradores:** Felix Bloch, Edward Teller, C.F. von Weizsäcker, Rudolf Peierls, Hans Bethe, Victor Weisskopf, Robert Oppenheimer, Walter Heitler, Klaus Fuchs, Harald Fritzsche, Julian Schwinger, Pascual Jordan, Herbert Fröhlich, Max Delbrück, Eugene Wigner, Hans-Peter Dürr, Yuval Ne'eman

**1901** Würzburg (AI)

**1923** Múnich Tesis Sommerfeld

**1932**

**1976** Universidad de Múnich

La actitud epistemológica de Heisenberg se caracteriza por su *rechazo tanto de la realidad física, como de la comprensibilidad y de la causalidad*. Por ejemplo, afirma que *«la física atómica ha dado la espalda a la tendencia materialista que tuvo la ciencia en el siglo XIX»* y que *«la partícula elemental de la física moderna es todavía mucho más abstracta que el átomo de los griegos»*

«La cadena de **efecto y causa** podría ser cuantitativamente verificada sólo si se considerase al universo completo como un sistema individual, pero en ese caso la física se desvanece y **únicamente nos queda un esquema matemático**. La partición del mundo en observador y sistema observado *impide una formulación clara de la ley del efecto y la causa.*»

Heisenberg contribuyó con ideas esenciales a la creación de la nueva teoría: suyo es el descubrimiento de la **Mecánica de Matrices**, así como las celebradas **relaciones de indeterminación**.

$$\Delta x \cdot \Delta p \sim \hbar$$

$$\Delta E \cdot \Delta t \sim \hbar$$


Desde **1921** hasta **1922** estudió en el **Instituto de Tecnología de Hannover** y en los años siguientes en Gotinga ayudando, al principio, como matemático a **Courant** y **Hilbert** en la preparación de su famoso libro *Mathematische Methoden der Theoretischen Physik*.

Los años **1924 a 1926** los pasó como ayudante de **Born** y en el curso **1926/27** fue habilitado como **Privatdozent**. Durante esos años hizo una corta visita a Copenhague (verano de 1926), para trabajar con **Bohr**. Aceptó las ideas centrales de **Bohr**, **Born** y de **Heisenberg** e hizo contribuciones de **tipo matemático** al desarrollo de la **nueva teoría**.

**Estudiantes y colaboradores:** Debido a la época en que Jordan trabajó, muchos de los científicos que se le asocian *no fueron discípulos directos en el sentido tradicional*, sino más bien contemporáneos o colegas en la misma área de investigación. Su influencia se extendió a través de sus escritos y contribuciones a la física teórica.

**1902** Hannover (AI)

**1924** Gotinga Tesis Born

**1980** Universidades de Gotinga, Rostock y Hamburgo

La posición de Jordan con relación a la existencia de una **realidad externa** es la típicamente **positivista**: *«Un malentendido frecuente es que, de acuerdo con el enfoque positivista, debería negarse la existencia de un mundo externo real. La negación de una sentencia carente de significado produce otra también carente de significado; la opinión de un 'mundo exterior real' no tiene más significado que la opinión de su existencia. Ninguna de las dos es verdadera o falsa, sino carente de significado...»*

Jordan insistía también en que la MC no permitía una comprensión intuitiva de la realidad: *«La situación que nació a partir de las paradojas de la física cuántica tiene que considerarse como la quiebra de las esperanzas que cultivaron las pasadas generaciones de físicos; puede decirse que se ha introducido la renuncia a una representación clásica de la realidad»*

Al igual que Bohr, Born y Heisenberg, Jordan admitía que las nuevas concepciones podían aplicarse fuera del marco físico



Desde **1918** hasta **1923** estudió **ingeniería electrónica en Bristol** y **matemáticas en Cambridge**, en donde se doctoró con **R.H. Fowler**. A lo largo de esos años leyó los trabajos de **Boltzmann** y **Gibbs**, no gustándole la mecánica estadística del primero y apreciando mucho más el enfoque termodinámico del último.

Los años **1926-1927** los pasó **Dirac, becado, en Copenhague y Gotinga**. **A partir de 1927 permaneció en Cambridge, pasando a catedrático en 1932.**

**Estudiantes y colaboradores:** Su **introversión** y su estilo metódico de enseñanza significaron que tuvo pocos estudiantes formales, pero muchos físicos se vieron profundamente influenciados por su trabajo, y varios de ellos mantuvieron una relación académica o de mentoría con él. Algunos de sus discípulos fueron: Dennis Sciama, Homi J. Bhabha, John Polkinghorne, Behram Kusrunji, R.H. Dalitz y Eugene Wigner

**1901** Bristol (RU)

**1926** Cambridge Tesis G.H. Hardy

**1984** Universidad de Cambridge

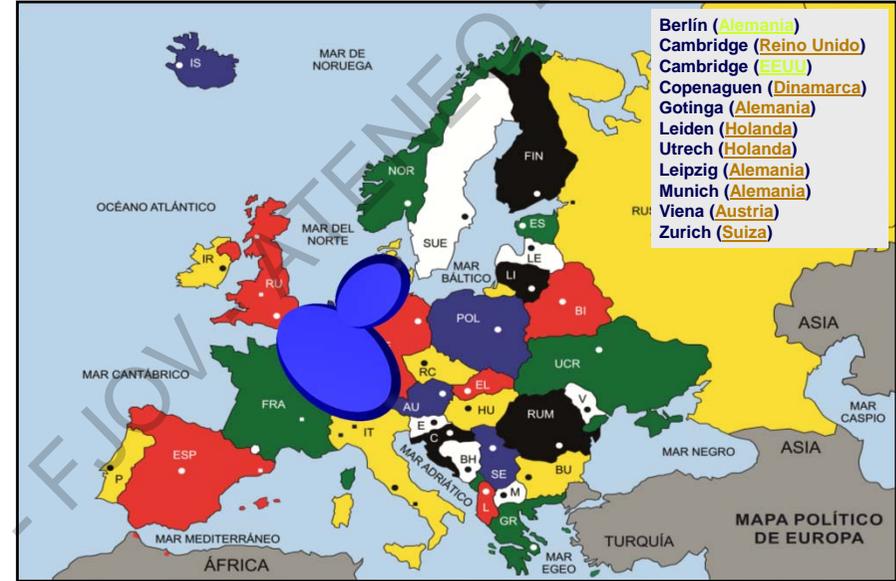
«Nunca fui a los teatros. Pasaba la mayor parte del tiempo solo, sentado y trabajando en distintas cosas, o dando paseos. Solía dedicar los domingos a dar un paseo muy largo, un paseo que me llevaba todo el día, y por ello llevaba mi comida ... Esas ocasiones (paseos) eran los momentos más útiles para elaborar ideas nuevas. Fue en una de esas ocasiones, en uno de esos paseos dominicales, cuando se me ocurrió la posibilidad de que AH-HA correspondiese a un corchete de Poisson.»

La posición epistemológica de Dirac se parece a la de Sommerfeld. Tanto en sus artículos como en sus libros **muestra muy poco interés por las cuestiones filosóficas**, y se concentra en los **aspectos matemáticos**; a pesar de esto, cabe encontrar afirmaciones suyas que están en una **armonía considerable con las ideas de Copenhague-Gotinga**.

$$[q_i, p_j] = \sum_k \left( \frac{\partial q_k}{\partial q_i} \frac{\partial p_j}{\partial p_k} - \frac{\partial q_k}{\partial p_i} \frac{\partial p_j}{\partial q_k} \right) = \delta_{ij} \delta_{jk}$$

Dirac escribió contra la causalidad: *«... debemos revisar nuestras ideas acerca de la causalidad. La relación causal se aplica sólo a sistemas que no hayan sido alterados»*. *«Sólo tienen un significado real las preguntas relativas a los resultados de los experimentos y son sólo esas preguntas las que debe contestar la física teórica.»*

# GEOGRAFÍA DE LA TEORÍA CUÁNTICA



**BERLÍN (Alemania)** Humboldt - Universität zu Berlin. Instituto de Física



**BERLÍN**  
(1880 – 1926)



CAMBRIDGE (Inglaterra). Laboratorio Cavendish



CAMBRIDGE (Inglaterra). Laboratorio Cavendish



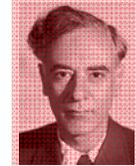
J. C. Maxwell



E. Rutherford



J. Larmor



L. Landau



Lord Rayleigh



R. H. Fowler



A. Eddington



L. Nordheim



J. J. Thomson



P. A. M. Dirac



C. G. Darwin

CAMBRIDGE (EEUU, Massachusetts)



CAMBRIDGE (EEUU, Massachusetts)



Memorial Hall, Universidad de Harvard en Cambridge, Massachusetts, EE.UU. Construido en la década de 1870



Th. Lyman



R. S. Mulliken



H. N. Russell



J. C. Slater



F. A. Saunders



J. H. van Vleck



W. Duane



E. C. Kemble

COPENAGHEN (Dinamarca). Niels Bohr Institut



COPENAGHEN (Dinamarca). Niels Bohr Institut

N. Bohr	<b>D. R. Hartree</b>	
H. A. Kramers	H. C. Urey	
O. Klein	G. Gamow	
W. Heisenberg	L. Landau	
J. Franck	H. G. B. Casimir	
A. Rubinowicz		
<b>G. von Hevesy</b>		
W. Pauli		
J. H. van Vleck		
Y. Nishina		
J. C. Slater		
W. Kuhn		
R. H. Fowler		
L. H. Thomas		
<b>S. Rosseland</b>		
P. Jordan		
D. M. Dennison		
S. Goudsmit		
F. Hund		
W. Heitler		
L. Pauling		
R. Kronig		

GOTINGA (Alemania). Universidad



GOTINGA (Alemania)

C. F. Gauss	<b>F. London</b>	
W. Weber	W. Heisenberg	
D. Hilbert	E. Fermi	
F. Klein	P. Jordan	
A. Sommerfeld	F. Hund	
W. Voigt	L. Nordheim	
W. Nernst	W. Heitler	
Th. Lyman	E. A. Hylleraas	
<b>P. Ehrenfest</b>	J. Frenkel	
H. M. Hansen	<b>R. Kronig</b>	
W. Ritz	V. Fock	
von Laue	W. Elsasser	
J. Stark	P. Dirac	
E. Wiechert	E. U. Condon	
L. Prandtl	J. Oppenheimer	
C. Runge	E. Wigner	
<b>M. Born</b>	L. Rosenfeld	
H. Weyl	M. Göppert	
Th. von Karman	<b>M. Delbrück</b>	
R. Courant	V. Weisskopf	
P. P. Ewald	E. Teller	
P. Debye	J. von Neumann	
W. Pauli		
E. Hückel		

LEIDEN y UTRECHT (Holanda). Universidad



LEIDEN y UTRECHT (Holanda). Universidad

 Utrecht University  
 Universiteit Leiden  
The Netherlands

 H. A. Lorentz	 J. M. Burgers	 S. Goudsmit	 G. Breit
 L. S. Ornstein	 H. A. Kramers	 G. E. Uhlenbeck	 P. Debye
 P. Ehrenfest	 D. Coster	 H. B. G. Casimir	

LEIPZIG (Alemania). Universidad



LEIPZIG (Alemania). Universidad

 UNIVERSITÄT LEIPZIG

 G. Wentzel	
 L. van der Waerden	
 K. F. Bonhoeffer	

MUNICH (Alemania). Universidad



MUNICH (Alemania). Universidad

- A. Sommerfeld
- P. Debye
- A. Landé
- P. S. Epstein
- W. Lenz
- P. P. Ewald
- M. von Laue
- W. Kossel
- A. Rubinowicz
- K. F. Herzfeld
- G. Wentzel
- W. Pauli
- W. Heisenberg
- M. A. Catalán
- K. Bechert
- R. Peierls
- W. Heitler
- H. Hall
- A. Unsöld
- H. Bethe



VIENA (Austria). Universidad



VIENA (Austria). Universidad

- L. Boltzmann
- F. Hasenöhrl
- P. Ehrenfest
- A. E. Haas
- E. Schrödinger

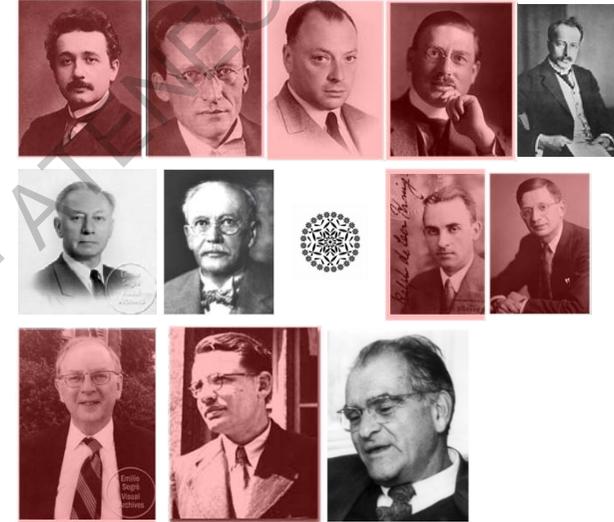


ZURICH (Suiza). Universidad



ZURICH (Suiza). Universidad

A. Einstein  
E. Schrödinger  
W. Pauli  
P. Debye  
Max von Laue  
G. Wentzel  
H. Weyl  
F. Block  
R. Kronig  
R. Peierls  
L. Rosenfeld  
H. B. G. Casimir  
V. Weisskopf



## CONGRESOS Y PUBLICACIONES



Los **diez primeros** artículos de **Max Planck**, en **alemán**, incluyen algunas de sus contribuciones iniciales en la **termodinámica** y la **teoría de la radiación**, que condujeron al desarrollo de la **teoría cuántica**, en particular, sus trabajos en 1900 y 1901 sobre la distribución de energía en el espectro normal.

1. "Über den zweiten Hauptsatz der mechanischen Wärmetheorie" ("**Sobre el segundo principio de la teoría mecánica del calor**"); *Annalen der Physik*, 1, 99-141 (1879).
2. "Über das Princip der Vermehrung der Entropie" ("**Sobre el principio de aumento de la entropía**"); *Annalen der Physik*, 3, 530-563 (1880).
3. "Gleichgewichtszustände isotroper Körper in verschiedenen Temperaturen" ("**Estados de equilibrio de cuerpos isotrópos a diferentes temperaturas**"); *Annalen der Physik*, 6, 561-566 (1882).
4. "Über das Gesetz der Energieverteilung im Normalspectrum" ("**Sobre la ley de distribución de energía en el espectro normal**"); *Annalen der Physik*, 4, 553-563 (1901).
5. "Über irreversible Strahlungsvorgänge" ("**Sobre procesos de radiación irreversible**"); *Sitzungsberichte der Königlich Preussischen Akademie der Wissenschaften zu Berlin*, 440-480 (1899).
6. "Zur Theorie des Gesetzes der Energieverteilung im Normalspectrum" ("**Sobre la teoría de la ley de distribución de energía en el espectro normal**") *Verhandlungen der Deutschen Physikalischen Gesellschaft*, 2, 237-245 (1900).
7. "Über eine Verbesserung der Wienschen Spektralgleichung" ("**Sobre una mejora de la ecuación espectral de Wien**") *Verhandlungen der Deutschen Physikalischen Gesellschaft*, 2, 202-204 (1900).
8. "Über das Gesetz der Energieverteilung im Normalspectrum" ("**Sobre la ley de distribución de energía en el espectro normal**") *Annalen der Physik*, 4, 553-563 (1901).
9. "Zur Theorie der Wärmestrahlung" ("**Sobre la teoría de la radiación térmica**") *Annalen der Physik*, 1, 719-737 (1906).
10. "Die Entropie und Temperatur strahlender Wärme" ("**La entropía y la temperatura del calor radiante**") *Annalen der Physik* 1, 127-142 (1907).



Los **diez primeros** artículos publicados por **Arnold Sommerfeld**, en alemán, fueron sus trabajos en **matemáticas aplicadas** y **física teórica**, incluyendo **funciones analíticas**, **teoría de difracción** y **ondas electromagnéticas**.

1. "Über die willkürlichen Funktionen in der mathematischen Physik" ("**Sobre las funciones arbitrarias en la física matemática**") *Mathematische Annalen*, 45, 417-458 (1894).
2. "Ein Beitrag zur allgemeinen Theorie der analytischen Funktionen von mehreren Veränderlichen" ("**Una contribución a la teoría general de las funciones analíticas de varias variables**") *Mathematische Annalen*, 47, 17-374 (1896).
3. "Zur mathematischen Theorie der Beugungserscheinungen" ("**Sobre la teoría matemática de los fenómenos de difracción**") *Mathematische Annalen*, 47, 317-374 (1896).
4. "Die Greensche Funktion der Schwingungsgleichung" ("**La función de Green de la ecuación de vibración**") *Mathematische Annalen*, 49, 177-243 (1897).
5. "Mathematische Theorie der Beugungserscheinungen" ("**Teoría matemática de los fenómenos de difracción**") *Annalen der Physik*, 306, 497-536 (1900).
6. "Über die Ausbreitung der Wellen in der drahtlosen Telegraphie" ("**Sobre la propagación de ondas en la telegrafía sin hilos**") *Annalen der Physik*, 315, 113-158 (1903).
7. "Zur Theorie der Difraktion" ("**Sobre la teoría de la difracción**") *Annalen der Physik*, 316, 747-807 (1903).
8. "Über verzweigte Potentialflächen" ("**Sobre superficies de potencial ramificadas**") *Mathematische Annalen*, 55, 573-606 (1903).
9. "Über die Fortpflanzung elektrodynamischer Wellen längs eines Drahtes" ("**Sobre la propagación de ondas electromagnéticas a lo largo de un alambre**") *Annalen der Physik*, 318, 749-776 (1904).
10. "Asymptotische Gesetze in der Theorie der Beugung" ("**Leyes asintóticas en la teoría de la difracción**") *Mathematische Annalen*, 59, 401-427 (1904).



Los **diez primeros** artículos publicados por **Paul Ehrenfest**, en alemán, estuvieron dedicados a la **física estadística**, la **mecánica de fluidos** y los **fundamentos termodinámicos**.

1. "Zur Bewegung starrer Körper in Flüssigkeiten und die Mechanik von Hertz" ("**Sobre el movimiento de cuerpos rígidos en líquidos y la mecánica de Hertz**") *Mathematische Annalen*, 57, 324-348 (1903).
2. "Bemerkung über die Möglichkeit einer Erwärmung von Flächen durch Strahlung" ("**Comentario sobre la posibilidad de calentamiento de superficies por radiación**") *Physikalische Zeitschrift*, 5, 708-709 (1904).
3. "Über einige die Eigenbewegung der Moleküle betreffenden Hypothesen" ("**Sobre algunas hipótesis relativas al movimiento propio de las moléculas**") *Annalen der Physik*, 14, 117-132 (1904).
4. "Bemerkung über die Bewegung starrer Körper in Flüssigkeiten und die Mechanik von Hertz" ("**Comentario sobre el movimiento de cuerpos rígidos en líquidos y la mecánica de Hertz**") *Annalen der Physik*, 15, 203-206 (1904).
5. "Zur Frage der Berechnung der thermodynamischen Schwankungen" ("**Sobre la cuestión del cálculo de las fluctuaciones termodinámicas**") *Physikalische Zeitschrift*, 6, 105-107 (1905).
6. "Die Bewegung eines starren Körpers in einer Flüssigkeit und die Mechanik von Hertz" ("**El movimiento de un cuerpo rígido en un líquido y la mecánica de Hertz**") *Physikalische Zeitschrift*, 6, 371-374 (1905).
7. "Zur Frage der thermodynamischen Berechnung der Schwankungen" ("**Sobre la cuestión del cálculo termodinámico de las fluctuaciones**") *Annalen der Physik*, 18, 609-622 (1905).
8. "Über die statistische Bedeutung des zweiten Hauptsatzes der Thermodynamik" ("**Sobre el significado estadístico del segundo principio de la termodinámica**") *Physikalische Zeitschrift*, 7, 230-232 (1906).
9. "Bemerkungen über das thermodynamische Gleichgewicht" ("**Comentarios sobre el equilibrio termodinámico**") *Physikalische Zeitschrift*, 7, 343-346 (1906).
10. "Bemerkungen über das thermodynamische Gleichgewicht und die Boltzmannsche Methode" ("**Comentarios sobre el equilibrio termodinámico y el método de Boltzmann**") *Physikalische Zeitschrift*, 8, 330-332 (1907).



Los **diez primeros** artículos publicados por **Albert Einstein**, en alemán, abarcan desde temas de **mecánica estadística (movimiento browniano)** y **el efecto fotoeléctrico** hasta el desarrollo de su **teoría de la relatividad especial**.

1. "Folgerungen aus den Capillaritätserscheinungen" ("**Conclusiones de los fenómenos de capilaridad**") *Annalen der Physik*, 4, 513-523 (1901).
2. "Eine neue Bestimmung der Moleküldimensionen" ("**Una nueva determinación de las dimensiones moleculares**") *Annalen der Physik*, 19, 289-305 (1902).
3. "Kinetische Theorie des Wärmegleichgewichtes und des zweiten Hauptsatzes der Thermodynamik" ("**Teoría cinética del equilibrio térmico y el segundo principio de la termodinámica**") *Annalen der Physik*, 9, 417-433 (1903).
4. "Eine Theorie der Grundlagen der Thermodynamik" ("**Una teoría de los fundamentos de la termodinámica**") *Annalen der Physik*, 11, 170-187 (1904).
5. "Über einen die Erzeugung und Verwandlung des Lichtes betreffenden heuristischen Gesichtspunkt" ("**Sobre un punto de vista heurístico en la generación y transformación de la luz**") *Annalen der Physik*, 17, 132-148 (1905).
6. "Eine neue Bestimmung der Moleküldimensionen" (revisión de su artículo de 1902) ("**Una nueva determinación de las dimensiones moleculares**") *Annalen der Physik*, 19, 289-305 (1905).
7. "Über die von der molekularkinetischen Theorie der Wärme geforderte Bewegung von in ruhenden Flüssigkeiten suspendierten Teilchen" ("**Sobre el movimiento requerido por la teoría cinético-molecular del calor de las partículas en suspensión en líquidos en reposo**") *Annalen der Physik*, 17, 549-560 (1905).
8. "Zur Elektrodynamik bewegter Körper" ("**Sobre la electrodinámica de los cuerpos en movimiento**") *Annalen der Physik*, 17, 891-921 (1905).
9. "Ist die Trägheit eines Körpers von seinem Energieinhalt abhängig?" ("**¿Depende la inercia de un cuerpo de su contenido de energía?**") *Annalen der Physik*, 18, 639-641 (1905).
10. "Über eine einfache Anwendung des Satzes von Boltzmann auf die Entropie von einatomigen Gasen" ("**Sobre una aplicación simple de la ley de Boltzmann a la entropía de gases monoatómicos**") *Annalen der Physik*, 19, 371-381 (1906).



Los **diez primeros** artículos publicados por **Max Born**, en alemán, abordan diversos temas en física teórica, incluyendo la **estabilidad de estructuras**, **modelos atómicos**, y **fundamentos de la mecánica cuántica**.

1. "Untersuchungen über die Stabilität der elastischen Linie in Ebene und Raum, unter verschiedenen Grenzbedingungen" ("**Investigaciones sobre la estabilidad de la línea elástica en el plano y el espacio, bajo diferentes condiciones de frontera**") *Mathematische Annalen*, 68, 526-567 (1910).
2. "Der Wirkungsquantensatz und seine Anwendung auf die Probleme der Stabilität und Strahlung" ("**La cuantización de la acción y su aplicación a problemas de estabilidad y radiación**") *Notas de la Sociedad de las Ciencias de Göttingen, Matemático-Físico-clasica*, 1-25 (1912).
3. "Über das Thomsonsche Atommodell" ("**Sobre el modelo atómico de Thomson**") *Physikalische Zeitschrift*, 13, 85-95 (1912).
4. "Dynamik der Kristallgitter" ("**Dinámica de las redes cristalinas**") *Annalen der Physik*, 39, 1-56 (1912).
5. "Einige Bemerkungen zur Quantentheorie" ("**Algunas observaciones sobre la teoría cuántica**") *Zeitschrift für Physik*, 2, 141-158 (1920).
6. "Über Quantenmechanik" ("**Sobre mecánica cuántica**") *Zeitschrift für Physik*, 26, 379-395 (1924).
7. "Zur Quantenmechanik der Stoßvorgänge" (con **Werner Heisenberg**) ("**Sobre la mecánica cuántica de los procesos de colisión**") *Zeitschrift für Physik*, 34, 858-888 (1925).
8. "Über die Deutung des Termschemas in der Quantenmechanik" ("**Sobre la interpretación de los términos en la mecánica cuántica**") *Zeitschrift für Physik*, 37, 863-867 (1926).
9. "Zur Quantenmechanik der Molekeln" (con **Robert Oppenheimer**) ("**Sobre la mecánica cuántica de las moléculas**") *Annalen der Physik*, 84, 457-484 (1927).
10. "Zur statistischen Deutung der Quantenmechanik" ("**Sobre la interpretación estadística de la mecánica cuántica**") *Zeitschrift für Physik*, 37, 863-867 (1926).

Los **diez primeros** artículos publicados por **Erwin Schrödinger**, en alemán, abordan diversos temas en física teórica, incluyendo **mecánica cuántica**, **teoría de ondas** y **fundamentos de la física**.

1. "Zur Theorie der Wärmestrahlung" ("**Sobre la teoría de la radiación térmica**"); **Annalen der Physik**, **35**, 221-226 (**1911**).
2. "Zur Quantentheorie der Wellenbewegung" ("**Sobre la teoría cuántica del movimiento ondulatorio**"); **Annalen der Physik**, **55**, 649-679 (**1918**).
3. "Die gegenwärtige Situation in der Quantenmechanik" ("**La situación actual en la mecánica cuántica**"); **Naturwissenschaften**, **23**, 807-812 (**1935**).
4. "Über das Verhältnis der Quantenmechanik zu den klassischen physikalischen Theorien" ("**Sobre la relación de la mecánica cuántica con las teorías físicas clásicas**"); **Naturwissenschaften**, **23**, 844-849 (**1935**).
5. "Die Grundlagen der Quantenmechanik" ("**Los fundamentos de la mecánica cuántica**"); **Die Naturwissenschaften**, **23**, 807-812 (**1935**).
6. "Quantisierung als Eigenwertproblem" ("**La cuantización como problema de autovalores**"); **Annalen der Physik**, **79**, 361-376 (**1926**).
7. "Die Energieelementarstücke und der Vorschlag zur Quantelung" ("**Las piezas elementales de energía y la propuesta de cuantización**"); **Annalen der Physik**, **80**, 662-664 (**1926**).
8. "Die Wellenmechanik" ("**La mecánica de ondas**"); **Naturwissenschaften**, **14**, 822-826 (**1926**).
9. "Über die Schrödinger Gleichung" ("**Sobre la ecuación de Schrödinger**"); **Annalen der Physik**, **79**, 549-566 (**1926**).
10. "Über den Begriff der Bewegung in der Quantenmechanik" ("**Sobre el concepto de movimiento en la mecánica cuántica**"); **Zeitschrift für Physik**, **38**, 812-818 (**1926**).



Los **diez primeros** artículos publicados por **Niels Bohr**, en danés. Introducen la **teoría cuántica del átomo de hidrógeno**, la **emisión y absorción** de la radiación y los principios de **correspondencia** y **complementariedad**.

1. "On the constitution of atoms and molecules" ("**Sobre la constitución de átomos y moléculas**"); **Philosophical Magazine**, **26**, 1-25 (**1913**).
2. "On the quantum theory of line spectra" ("**Sobre la teoría cuántica de los espectros de líneas**"); **Philosophical Magazine**, **26**, 476-502 (**1913**).
3. "On the structure of the atom" ("**Sobre la estructura del átomo**"); **Philosophical Magazine**, **27**, 447-466 (**1914**).
4. "On the relation between the quantum theory and the theory of radiation" ("**Sobre la relación entre la teoría cuántica y la teoría de la radiación**"); **The Journal of the Optical Society of America**, **1**, 29-38 (**1917**).
5. "The quantum theory of the hydrogen atom" ("**La teoría cuántica del átomo de hidrógeno**"); **The Philosophical Magazine**, **34**, 1-25 (**1917**).
6. "On the theory of the emission and absorption of radiation" ("**Sobre la teoría de la emisión y absorción de radiación**"); **The Philosophical Magazine**, **34**, 481-493 (**1917**).
7. "On the correspondence principle" ("**Sobre el principio de correspondencia**"); **The Philosophical Magazine**, **43**, 525-540 (**1922**).
8. "On the theory of atomic structure" ("**Sobre la teoría de la estructura atómica**"); **The Philosophical Magazine**, **43**, 631-643 (**1922**).
9. "The quantum theory and atomic structure" ("**La teoría cuántica y la estructura atómica**"); **The Journal of Physics**, **1**, 1-30 (**1923**).
10. "On the principle of complementarity" ("**Sobre el principio de complementariedad**"); **Proceedings of the Cambridge Philosophical Society**, **22**, 476-484 (**1924**).



Los **diez primeros** artículos publicados por **Louis De Broglie**, en francés. Algunos contienen temas fundamentales de la **teoría de los cuantos** y de la **mecánica ondulatoria**, con la que sentó las bases de la dualidad onda-partícula.

1. Título en francés: "Recherches sur la théorie des quanta" ("**Investigaciones sobre la teoría de los cuantos**"); **Annales de Physique**, **10**, 22-128 (**1924**).
2. "Ondes et quanta" ("**Ondas y cuantos**"); **Comptes Rendus de l'Académie des Sciences**, **177**, 507-510 (**1923**).
3. "Quanta de lumière, diffraction et interférences" ("**Cuantos de luz, difracción e interferencias**"); **Comptes Rendus**, **177**, 548-550 (**1923**).
4. "Les quanta, la théorie cinétique des gaz et le principe de Fermat" ("**Los cuantos, la teoría cinética de los gases y el principio de Fermat**"); **Comptes Rendus**, **177**, 630-632 (**1923**).
5. "Ondes et mouvements" ("**Ondas y movimientos**"); **Comptes Rendus**, **177**, 1069-1072 (**1923**).
6. "Les quanta et la théorie cinétique des gaz" ("**Los cuantos y la teoría cinética de los gases**"); **Comptes Rendus**, **178**, 433-435 (**1924**).
7. "Un point essentiel de la théorie des quanta" ("**Un punto esencial de la teoría de los cuantos**"); **Comptes Rendus**, **178**, 599-602 (**1924**).
8. "A propos des quanta de lumière" ("**A propósito de los cuantos de luz**"); **Comptes Rendus**, **178**, 1214-1216 (**1924**).
9. "La mécanique ondulatoire et la structure atomique de la matière et du rayonnement" ("**La mecánica ondulatoria y la estructura atómica de la materia y de la radiación**"); **Journal de Physique et le Radium**, **8**, 225-241 (**1927**).
10. "La nouvelle dynamique des quanta" ("**La nueva dinámica de los cuantos**"); **Journal de Physique et le Radium**, **8**, 225-241 (**1929**).

Los **diez primeros** artículos publicados por **Wolfgang Pauli**, en alemán, cubren temas clave en la **mecánica cuántica**, la **estructura atómica** y la **teoría del magnetismo**, anticipando la formulación del **principio de exclusión** y sus contribuciones a la **física de partículas** y la **electrodinámica**.

1. "Über das Wasserstoffspektrum vom Standpunkt der neuen Quantenmechanik" ("**Sobre el espectro del hidrógeno desde el punto de vista de la nueva mecánica cuántica**"); **Zeitschrift für Physik**, **36**, 336-363 (**1926**).
2. "Zur Quantenmechanik des magnetischen Elektrons" ("**Sobre la mecánica cuántica del electrón magnético**"); **Zeitschrift für Physik**, **43**, 601-623 (**1927**).
3. "Über den Zusammenhang des Abschlusses der Elektronengruppen im Atom mit der Komplexstruktur der Spektren" ("**Sobre la conexión entre el cierre de los grupos de electrones en el átomo y la estructura compleja de los espectros**"); **Zeitschrift für Physik**, **31**, 765-783 (**1925**).
4. "Über das Gesetz der Verteilung der Hauptvalenzen unter die Atome" ("**Sobre la ley de distribución de las valencias principales entre los átomos**"); **Physikalische Zeitschrift**, **21**, 742-746 (**1920**).
5. "Über ein früher geäußertes Bedenken gegen die Einsteinsche Relativitätstheorie" ("**Sobre una objeción anterior a la teoría de la relatividad de Einstein**"); **Physikalische Zeitschrift**, **21**, 441-444 (**1920**).
6. "Über die Einwirkung der Strahlung auf Atome" ("**Sobre la interacción de la radiación con los átomos**"); **Zeitschrift für Physik**, **12**, 155-165 (**1922**).
7. "Zur Frage der Gültigkeitsgrenzen des zweiten Hauptsatzes der Thermodynamik" ("**Sobre los límites de validez del segundo principio de la termodinámica**"); **Physikalische Zeitschrift**, **20**, 99-102 (**1919**).
8. "Relativitätstheorie und Wellengleichungen der Elektronen" ("**Teoría de la relatividad y ecuaciones de onda de los electrones**"); **Physikalische Zeitschrift**, **28**, 117-128 (**1927**).
9. "Über die Form des Atomkerns" ("**Sobre la forma del núcleo atómico**"); **Zeitschrift für Physik**, **42**, 91-106 (**1927**).
10. "Zur Theorie der Linienstruktur im Magnetfeld" ("**Sobre la teoría de la estructura de líneas en el campo magnético**"); **Zeitschrift für Physik**, **34**, 129-143 (**1926**).



Los **diez primeros** artículos publicados por **Werner Heisenberg**, en **alemán**, reflejan el desarrollo temprano de la carrera de Heisenberg y su contribución fundamental a la **mecánica cuántica** y otras áreas de la **física teórica**.

1. "Über Stabilität und Turbulenz von Flüssigkeitsströmen" ("**Sobre la estabilidad y la turbulencia de los flujos de fluidos**"); **Annalen der Physik**, **74**, 577-627 (**1922**).
2. "Über die Spektren der Wasserstoff- und der Wasserstoff-ähnlichen Atome" ("**Sobre los espectros del hidrógeno y de los átomos similares al hidrógeno**"); **Zeitschrift für Physik**, **25**, 269-286 (**1924**).
3. "Über eine Anwendung des Korrespondenzprinzips auf die Frage nach der Polarisation des Fluoreszenzlichtes" ("**Sobre una aplicación del principio de correspondencia a la pregunta sobre la polarización de la luz de fluorescencia**"); **Zeitschrift für Physik**, **31**, 617-626 (**1925**).
4. "Über quantentheoretische Umdeutung kinematischer und mechanischer Beziehungen" ("**Sobre la reinterpretación cuántica de las relaciones cinemáticas y mecánicas**"); **Zeitschrift für Physik**, **33**, 879-893 (**1925**).
5. "Mehrkörperproblem und Resonanz in der Quantenmechanik" ("**El problema de muchos cuerpos y la resonancia en la mecánica cuántica**"); **Zeitschrift für Physik**, **38**, 411-426 (**1926**).
6. "Zur Theorie des Ferromagnetismus" ("**Sobre la teoría del ferromagnetismo**"); **Zeitschrift für Physik**, **39**, 619-636 (**1926**).
7. "Über das Wasserstoffspektrum vom Standpunkt der neuen Quantenmechanik" ("**Sobre el espectro del hidrógeno desde el punto de vista de la nueva mecánica cuántica**"); **Zeitschrift für Physik**, **40**, 501-519 (**1927**).
8. "Über den anschaulichen Inhalt der quantentheoretischen Kinematik und Mechanik" ("**Sobre el contenido intuitivo de la cinemática y la mecánica cuánticas**"); **Zeitschrift für Physik**, **43**, 172-198 (**1927**).
9. "Zur Deutung der Multiplettstruktur der Wasserstoff- und Alkalispektren" ("**Sobre la interpretación de la estructura múltiple de los espectros de hidrógeno y álcali**"); **Zeitschrift für Physik**, **44**, 1-24 (**1927**).
10. "Die Selbstenergie des Elektrons" ("**La autoenergía del electrón**"); **Zeitschrift für Physik**, **48**, 1-27 (**1928**).



Los **diez primeros** artículos publicados por **Pascual Jordan**, en **alemán**, reflejan la contribución fundamental de Jordan en la **formulación de la mecánica cuántica**, en particular en la **formulación matricial** de la teoría, la **electrodinámica cuántica**, y el **principio de exclusión**.

1. "Über eine neue Begründung der Quantenmechanik" ("**Sobre una nueva fundamentación de la mecánica cuántica**"); **Zeitschrift für Physik**, **40**, 809-838 (**1926**).
2. "Zur Quantenmechanik II" (con Max Born y Werner Heisenberg) ("**Sobre la mecánica cuántica II**"); **Zeitschrift für Physik**, **35**, 557-615 (**1926**).
3. "Über eine neue Grundlage der Quantenmechanik" (con Max Born) ("**Sobre una nueva base para la mecánica cuántica**"); **Zeitschrift für Physik**, **34**, 858-888 (**1925**).
4. "Zur Quantenmechanik III" ("**Sobre la mecánica cuántica III**"); **Zeitschrift für Physik**, **36**, 336-363 (**1926**).
5. "Über das Paulische Äquivalenzverbot" ("**Sobre el principio de exclusión de Pauli**"); **Zeitschrift für Physik**, **37**, 383-386 (**1926**).
6. "Über die Multiplikation quantenmechanischer Größen" ("**Sobre la multiplicación de magnitudes en mecánica cuántica**"); **Zeitschrift für Physik**, **41**, 797-804 (**1927**).
7. "Bemerkung zur Quantenelektrodynamik" ("**Comentario sobre la electrodinámica cuántica**"); **Zeitschrift für Physik**, **38**, 513-517 (**1926**).
8. "Über Wellen und Korpuskeln in der Quantenmechanik" ("**Sobre ondas y corpúsculos en la mecánica cuántica**"); **Zeitschrift für Physik**, **40**, 809-838 (**1927**).
9. "Zur Quantenmechanik der Gasentartung" ("**Sobre la mecánica cuántica de la degeneración de gases**"); **Zeitschrift für Physik**, **43**, 532-546 (**1927**).
10. "Über die quantentheoretische Umdeutung kinematischer und mechanischer Beziehungen" (con Max Born y Werner Heisenberg) ("**Sobre la reinterpretación cuántica de las relaciones cinemáticas y mecánicas**"); **Zeitschrift für Physik**, **33**, 879-893 (**1925**).



Los **diez primeros** artículos publicados por **P.A.M. Dirac**, en **inglés**, reflejan el papel pionero de Dirac en la **creación y desarrollo de la mecánica cuántica**, su famosa **ecuación para el electrón**, la teoría de la **antimateria** y el concepto de la **aniquilación de partículas**.

1. "The Fundamental Equations of Quantum Mechanics" ("**Las ecuaciones fundamentales de la mecánica cuántica**"); **Proceedings of the Royal Society A**, **109**, 642-653 (**1925**).
2. "Quantum Mechanics and a Preliminary Investigation of the Hydrogen Atom" ("**Mecánica cuántica y una investigación preliminar del átomo de hidrógeno**"); **Proceedings of the Royal Society A**, **110**, 561-579 (**1926**).
3. "On the Theory of Quantum Mechanics" ("**Sobre la teoría de la mecánica cuántica**"); **Proceedings of the Royal Society A**, **112**, 661-677 (**1926**).
4. "The Elimination of Nodes in Quantum Mechanics" ("**La eliminación de nodos en mecánica cuántica**"); **Proceedings of the Royal Society A**, **111**, 281-305 (**1926**).
5. "On the Quantum Theory of the Emission and Absorption of Radiation" ("**Sobre la teoría cuántica de la emisión y absorción de radiación**"); **Proceedings of the Royal Society A**, **114**, 243-265 (**1927**).
6. "The Quantum Theory of Dispersion" ("**La teoría cuántica de la dispersión**"); **Proceedings of the Royal Society A**, **114**, 710-728 (**1927**).
7. "A Quantum Theory of the Electron" ("**Una teoría cuántica del electrón**"); **Proceedings of the Royal Society A**, **117**, 610-624 (**1928**).
8. "The Quantum Theory of the Electron. Part II" ("**La teoría cuántica del electrón. Parte II**"); **Proceedings of the Royal Society A**, **118**, 351-361 (**1928**).
9. "On the Annihilation of Electrons and Protons" ("**Sobre la aniquilación de electrones y protones**"); **Mathematical Proceedings of the Cambridge Philosophical Society**, **26**, 361-375 (**1930**).
10. "A Theory of Electrons and Protons" ("**Una teoría de electrones y protones**"); **Proceedings of the Royal Society A**, **126**, 360-365 (**1930**).

Las **conferencias Solvay** son una serie de conferencias científicas que vienen celebrándose desde **1911**.

Al comienzo del **siglo XX**, estos congresos reunían a los más grandes científicos de la época, permitiendo avances muy importantes en la Física y en la Química.

Pudieron ser organizados gracias al **mecenazgo** de **Ernest Solvay**, químico e industrial **belga**.

Las conferencias Solvay fueron dedicadas a problemas abiertos, tanto en la Física como en la Química.

Suceden cada tres años.

La 28.<sup>a</sup> conferencia Solvay tuvo lugar en **Bruselas** en **2022**, sobre el tema: **La física de la información cuántica**.



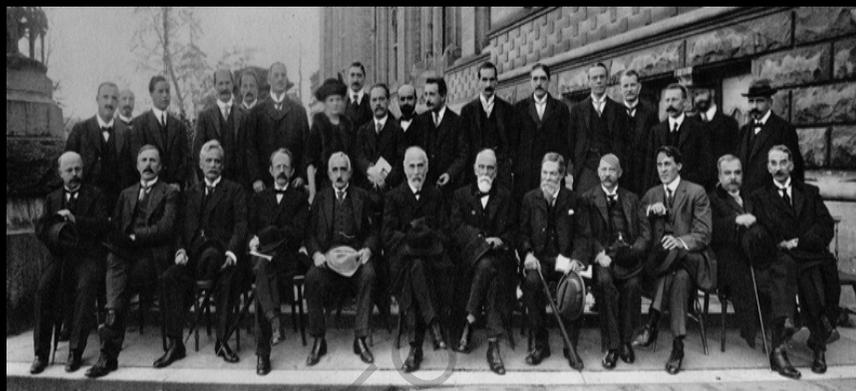
**Walther Nernst**, iniciador de los congresos Solvay, 1906.

### La radiación y los cuantos, 1911



Walther Nernst, Robert Goldschmidt, Max Planck, Marcel Brillouin, Heinrich Rubens, Ernest Solvay, Arnold Sommerfeld, Hendrik Antoon Lorentz, Frederick Lindemann, Maurice de Broglie, Martin Knudsen, Emil Warburg, Jean Perrin, Friedrich Hasenöhrl, Georges Hostelet, Edouard Herzen, James Hopwood Jeans, Wilhelm Wien, Ernest Rutherford, Marie Curie, Henri Poincaré, Heike Kamerlingh Onnes, Albert Einstein, Paul Langevin

### La Estructura de la materia, 1913



VERSCHAFFELT LAUE RUBENS GOLDSCHMIDT HERZEN LINDEMANN de BROGLIE POPE GRUNEISEN HOSTELET  
 HASENOHRL JEANS BRAGG Mme CURIE SOMMERFELD EINSTEIN KNUDSEN LANGEVIN  
 NERNST RUTHERFORD WIEN J.J. THOMSON WARBURG LORENTZ BRILLOUIN BARLOW KAMERLINGH ONNES WOOD GOUY WEISS

### Átomos y electrones, 1921

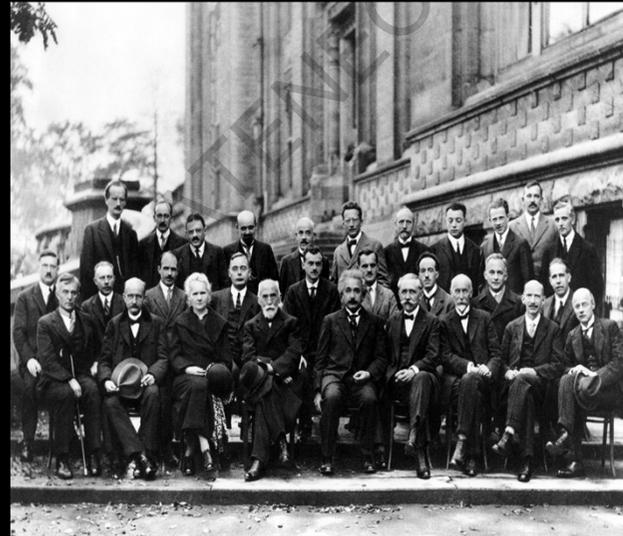


W. L. BRAGG E. VAN AUBEL W. J. DE HAAR E. HERZEN C. O. BARCKLA M. SIEGBAHN L. BRILLOUIN  
 M. KNUDSEN J. PERRIN P. LANGEVIN O. W. RICHARDSON J. LANBORN H. KAMERLINGH ONNES P. ZEEMAN M. DE BROGLIE  
 A. A. MICHELSON P. WEISS M. BRILLOUIN E. SOLVAY H. A. LORENTZ E. RUTHERFORD R. A. MILLIKAN MADAME CURIE

Conducción eléctrica de los metales, 1924

Sentados: E. Rutherford, M. Curie, E. H. Hall, Hendrik Antoon Lorentz (presidente), W. H. Bragg, M. Brillouin, W. Hendrik Keesom, Edmond van Aubel.  
 Segunda Fila: Peter Debye, Abram Ioffe, Owen Willans Richardson, Witold Broniewski, Walter Rosenhain, Paul Langevin, George de Hevesy.  
 Tercera Fila: L. Brillouin, É. Henriot, Théophile de Donder, E. Bauer, E. Herzen, A. Piccard, E. Schrödinger, P. W. Bridgman, Jules-Emile Verschaffelt.

Electrones y fotones, 1927



Peter Debye  
 Irving Langmuir  
 Martin Knudsen  
 Auguste Piccard  
 Max Planck  
 William L. Bragg  
 Émile Henriot  
 Paul Ehrenfest  
 Marie Curie  
 Hendrik A. Kramers  
 Édouard Herzen  
 Hendrik Antoon Lorentz  
 Théophile de Donder  
 Paul A. M. Dirac  
 Albert Einstein  
 Erwin Schrödinger  
 Arthur Holly Compton  
 Jules-É. Verschaffelt  
 Paul Langevin  
 Louis-Victor de Broglie  
 Charles-Eugène Guye  
 Wolfgang Pauli  
 Werner Heisenberg  
 Max Born  
 Charles T. Rees Wilson  
 Ralph Howard Fowler  
 Léon Brillouin  
 Niels Bohr  
 Owen W. Richardson

Solvay 1927 - Grandes de la "vieja" y de la "nueva" Cuántica



PLANCK - LORENTZ - EINSTEIN - BOHR - DE BROGLIE - DIRAC  
 - BORN - SCHRÖDINGER - HEISEMBERG - PAULI - KRAMERS -  
 COMPTON - BRILLOUIN - EHRENFEST y otros.

6º 1930

Magnetismo

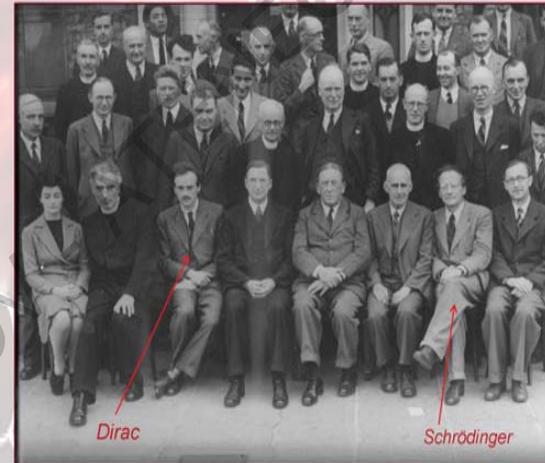


De pie: E. Herzen, É. Henriot, J. É. Verschaffelt, C. Manneback, A. Cotton, J. Errera, O. Stern, A. Piccard, W. Gerlach, C. G. Darwin, P. Dirac, E. Bauer, P. L. Kapitsa, L. Brillouin, H. A. Kramers, P. Debye, W. Pauli, J. Dorfman, J. H. van Vleck, E. Fermi, W. Heisenberg.  
 Sentados: T. de Donder, P. Zeeman, P. E. Weiss, A. Sommerfeld, M. Curie, P. Langevin, A. Einstein, O. W. Richardson, B. Cabrera, N. Bohr, W. J. de Haas.

7º 1933

**Estructura del núcleo atómico**

H. A. KRAMERS    K. F. WITT    G. GANDU    P. BLACKETT    M. COVINO    AUG. PÉDARD  
 E. STAHEL    P. A. M. DIRAC    J. ERREDA    G. D. ELLIS    E. O. LAWRENCE  
 E. HENRIOT    F. JULIOT W. HEISENBERG    E. T. S. WALTON    P. DEBYE    B. CARRERA    W. BOTHE    EG. BAUER    J. E. VERSCHAFFELT    J. D. COCKROFT    L. ROSENFELD  
 F. PERRIN    E. FERMI    M. S. ROSENBLUM    W. PAULI    E. HERZEN    R. PEIERLS  
 E. SCHRODINGER    M. I. JULIOT    N. BOHR    A. JOFFE    M. CURIE    G. W. RICHARDSON    LEWIS RUTHERFORD    M. AN BRODLIE    M. L. MEITNER    J. CHADWICK  
 P. LANGEVIN    TH. DE DONDER    L. DE BROGLIE

**En plena II Guerra Mundial**

Dublin 1942 - algunos grandes de la Cuántica

8º 1948

**Partículas elementales y sus interacciones**

Sentados: J. Cockcroft, M.-A. Tonnelat, E. Schrödinger, O. W. Richardson, N. Bohr, W. Pauli, Bragg, L. Meitner, P. A. M. Dirac, Kramers, T. de Donder, W. Heitler, J. E. Verschaaffelt.  
 Segunda fila: P. Scherrer, Stahel, Kelin, Blackett, Dee, F. Bloch, Frisch, R. Peierls, H. J. Bhabha, R. Oppenheimer, G. Occhialini, Powell, H. Casimir, M. de Hemptinne.  
 Tercera fila: Kipfer, P. V. Auger, Perrin, Serber, L. Rosenfeld, Ferretti, Moller, L. M. E. Leprince-Ringuet.  
 Cuarta fila: Balasse, Flamache, Groves, Goche, Demeur, Ferrera, Vanisacker, VanHove, E. Teller, Goldschmidt, Marton, Dilworth, I. Prigogine, J. Géhéniau, Henriot, Vanstyvendael.

9º 1951

**El estado sólido**

Sentados: Crussaro, N. P. Allen, Y. Cauchois, Borelius, W. L. Bragg, C. Møller, Sietz, J. H. Hollomon, Frank  
 Segunda fila: G. Rathenau, Koster, E. Rudberg, Flamache, Goche, Groven, E. Orowan, W. G. Burgers, W. B. Shockley, A. Guinier, C. S. Smith, U. Dehlinger, Laval, É. Henriot.  
 Tercera fila: Gaspard, Lomer, A. Cottrell, G. Homes, H. Curien.

10 1954

**Electrones en los metales**

Sentados: Mendelssohn, Frohlich, Pines, Moller, W. Pauli, Bragg, N. F. Mott, Neel, Meissner, MacDonald, Shull, Friedel.  
Segunda fila: Gorter, Kittel, Matthias, I. Prigogine, L. Onsager, Pippard, Smit, Fumi, Jones, J. H. van Vleck, Lowdin, Seeger, Kipfer, Goche, Balasse, J. Géhéniau.

11 1958

**Estructura y evolución del universo**

Sentados: W. McCrea, J. H. Oort, G. Lemaître, Gorter, W. Pauli, Bragg, R. Oppenheimer, Moller, H. Shapley, O. Heckmann.  
De pie: O. Klein, W. W. Morgan, F. Hoyle, Kukaskin, V. Hambardsumjan, H. C. van de Hulst, Fierz, A. R. Sandage, W. Baade, Schatzman, J. A. Wheeler, H. Bondi, T. Gold, H. Zanstra, L. Rosenfeld, Ledoux, B. Lovell, J. Géhéniau.

11 1958

**Estructura y evolución del universo**

Sentados: W. McCrea, J. H. Oort, G. Lemaître, Gorter, W. Pauli, Bragg, R. Oppenheimer, Moller, H. Shapley, O. Heckmann.  
De pie: O. Klein, W. W. Morgan, F. Hoyle, Kukaskin, V. Hambardsumjan, H. C. van de Hulst, Fierz, A. R. Sandage, W. Baade, Schatzman, J. A. Wheeler, H. Bondi, T. Gold, H. Zanstra, L. Rosenfeld, Ledoux, B. Lovell, J. Géhéniau.

11 1961

**Teoría Cuántica de los campos**

<b>1911</b> 1st - <b>La théorie du rayonnement et les quanta</b> Chair: Hendrik Lorentz (Leyden)	<b>1951</b> 9th - <b>L'état solide</b> Chair: Sir Lawrence Bragg (Cambridge)
<b>1913</b> 2nd - <b>La structure de la matière</b> Chair: Hendrik Lorentz (Leyden)	<b>1954</b> 10th - <b>Les électrons dans les métaux</b> Chair: Sir Lawrence Bragg (Cambridge)
<b>1921</b> 3rd - <b>Atomes et électrons</b> Chair: Hendrik Lorentz (Leyden)	<b>1958</b> 11th - <b>La structure et l'évolution de l'univers</b> Chair: Sir Lawrence Bragg (Cambridge)
<b>1924</b> 4th - <b>Conductibilité électrique des métaux et problèmes connexes</b> Chair: Hendrik Lorentz (Leyden)	<b>1961</b> 12th - <b>La théorie quantique des champs</b> Chair: Sir Lawrence Bragg (Cambridge)
<b>1927</b> 5th - <b>Electrons et photons</b> Chair: Hendrik Lorentz (Leyden)	<b>1964</b> 13th - <b>The Structure and Evolution of Galaxies</b> Chair: Robert Oppenheimer (Princeton)
<b>1930</b> 6th - <b>Le magnétisme</b> Chair: Paul Langevin (Paris)	<b>1967</b> 14th - <b>Fundamental Problems in Elementary Particle Physics</b> Chair: Christian Møller (Copenhagen)
<b>1933</b> 7th - <b>Structure et propriétés des noyaux atomiques</b> Chair: Paul Langevin (Paris)	<b>1970</b> 15th - <b>Symmetry Properties of Nuclei</b> Chair: Edoardo Amaldi (Rome)
<b>1948</b> 8th - <b>Les particules élémentaires</b> Chair: Sir Lawrence Bragg (Cambridge)	<b>1973</b> 16th - <b>Astrophysics and Gravitation</b> Chair: Edoardo Amaldi (Rome)

<b>1978</b> 17th - <b>Order and Fluctuations in Equilibrium and Nonequilibrium Statistical Mechanics</b> Chair: Léon Van Hove (CERN)	<b>2011</b> 25th - <b>The Theory of the Quantum World</b> Chair: David Gross (Santa Barbara)
<b>1982</b> 18th - <b>Higher Energy Physics</b> Chair: Léon Van Hove (CERN)	<b>2014</b> 26th - <b>Astrophysics and Cosmology</b> Chair: Roger Blandford (Stanford)
<b>1987</b> 19th - <b>Surface Science</b> Chair: F.W. de Wette (Austin)	<b>2017</b> 27th - <b>The Physics of Living Matter: Space, Time and Information in Biology</b> Chair: Boris Shraiman (Santa Barbara)
<b>1991</b> 20th - <b>Quantum Optics</b> Chair: Paul Mandel (Brussels)	<b>2022</b> 28th - <b>The Physics of Quantum Information</b> Chairs: David Gross (Santa Barbara) and Peter Zoller (Innsbruck U.)
<b>1998</b> 21st - <b>Dynamical Systems and Irreversibility</b> Organized by Ioannis Antoniou (Brussels)	<b>2023</b> 29th - <b>The Structure and Dynamics of Disordered Systems</b> Chairs: David Gross (Santa Barbara), Marc Mézard (Bocconi U.) and Giorgio Parisi (Sapienza U.)
<b>2001</b> 22nd - <b>The Physics of Communication</b> Organized by Ioannis Antoniou (Brussels)	
<b>2005</b> 23rd - <b>The Quantum Structure of Space and Time</b> Chair: David Gross (Santa Barbara)	
<b>2008</b> 24th - <b>Quantum Theory of Condensed Matter</b> Chair: Bertrand Halperin (Harvard)	

## DISCÍPULOS E INTERACCIONES INFLUENCIAS CONTEMPORÁNEAS



**Max Planck**, considerado el *padre de la teoría cuántica*, fue una figura central para el **desarrollo de la física moderna** y tuvo una notable influencia en muchos físicos importantes de su época.

A diferencia de Bohr, **Planck no dirigió un instituto internacional**, pero fue **mentor e inspirador** de una generación de físicos que transformaron la ciencia. Algunos de los discípulos y colaboradores más destacados de Planck fueron:

1. **Albert Einstein**: Aunque **no fue discípulo directo**, Planck apoyó y promovió el trabajo de Einstein, especialmente su **teoría de la relatividad**. Ambos mantuvieron una estrecha **relación científica y personal**, y Planck fue uno de los primeros en reconocer la importancia del trabajo de Einstein.

2. **Max von Laue**: Físico alemán, **discípulo de Planck**, ganó el **Premio Nobel de Física** en 1914 por su descubrimiento de la difracción de rayos X en cristales.

3. **Walther Bothe**: Fue **alumno** de Planck y desarrolló métodos experimentales en física nuclear y física de partículas. Ganó el **Premio Nobel de Física** en 1954.

4. **Walter Schottky**: Fue **alumno** de Planck. Trabajos en física del estado sólido y electrónica, las superficies metálicas y la emisión termoiónica.

5. **Gustav Ludwig Hertz**: **Colaborador y protegido** de Planck. **Premio Nobel** en 1925, junto con **James Franck** por sus experimentos que confirmaron la teoría cuántica.

6. **Erwin Schrödinger**: **No fue discípulo directo de Planck**. **Premio Nobel**, 1933. La teoría cuántica de Planck influyó enormemente en Schrödinger y su desarrollo de la **mecánica ondulatoria**.

7. **Fritz Reiche**: **Estudiante de doctorado** de Planck. Contribuyó a la teoría cuántica y trabajó en física atómica y teoría de ondas.





8. **Lise Meitner** **estudió bajo la influencia de Planck en Berlín** y fue colaboradora de Otto Hahn en el descubrimiento de la fisión nuclear.

9. **Hans Geiger**: Físico experimental que **estudió bajo la dirección Planck** en la Universidad de Berlín.

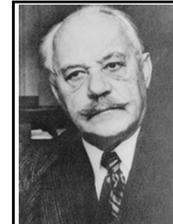
10. **James Franck**: **Colaborador de Gustav Hertz**, Franck desarrolló el experimento Franck-Hertz, que fue una confirmación experimental de la cuantización de la energía propuesta por Planck.

11. **Otto Hahn**: Químico y físico que **trabajó en radioquímica**. Pionero en la fisión nuclear, por la que recibió el **Premio Nobel de Química** en 1944.

12. **Peter Debye**: Trabajó bajo la **influencia de Planck** y desarrolló importantes teorías en termodinámica y estructura molecular, por las que recibió el **Premio Nobel** en 1936.

13. **Arnold Sommerfeld**: Aunque **no fue un discípulo directo**, Sommerfeld trabajó en el círculo de Planck y fue uno de los principales difusores de la teoría cuántica en Alemania.

14. **Wolfgang Pauli**: Aunque no fue directamente discípulo de Planck, su trabajo y el de otros en mecánica cuántica se desarrollaron a partir de los principios que Planck estableció.



**Arnold Sommerfeld**, fue uno de los profesores más prolíficos e influyentes en el desarrollo de la física moderna, especialmente en mecánica cuántica y teoría del magnetismo.

Enseñó en la **Universidad de Múnich**, donde formó a una gran cantidad de físicos que luego realizarían contribuciones revolucionarias en diversas áreas. Muchos de sus discípulos ganaron el **Premio Nobel** y se convirtieron en **pioneros de la física en el siglo XX**.

Los **discípulos** más destacados de Sommerfeld fueron:

1. **Werner Heisenberg**: Físico alemán que desarrolló la Mecánica Matricial y formuló el principio de indeterminación. **Premio Nobel de Física** en 1932.

2. **Wolfgang Pauli**: Famoso por el Principio de Exclusión de Pauli, que es fundamental en la teoría cuántica. **Premio Nobel de Física** en 1945, realizó importantes contribuciones a la física de partículas y la teoría cuántica.

3. **Peter Debye**: Realizó contribuciones fundamentales en física y química, como la teoría de Debye-Hückel sobre los iones en solución. **Premio Nobel de Química** en 1936.

4. **Hans Bethe**: Conocido por su trabajo en la astrofísica y el desarrollo de la teoría de reacciones nucleares en estrellas. **Premio Nobel de Física** en 1967.

5. **Felix Bloch**: Hizo grandes contribuciones en física de sólidos y física de partículas, incluyendo el desarrollo de la teoría de los electrones en sólidos y el descubrimiento de la resonancia magnética nuclear. **Premio Nobel de Física** en 1952.

6. **Isidor Isaac Rabi**: Desarrolló la técnica de resonancia magnética nuclear, fundamental para la física y la medicina. **Premio Nobel de Física** en 1944 por su método de detección de los momentos magnéticos nucleares.

7. **Otto Stern**: El experimento de Stern-Gerlach, fue crucial para el desarrollo de la teoría cuántica del momento angular. **Premio Nobel de Física** en 1943.



8. **Eugene Wigner**: Físico teórico que contribuyó a la **teoría de grupos** aplicada a la MC y a la **física nuclear**. **Premio Nobel de Física** en 1963 por su trabajo en teoría de simetrías.

9. **Linus Pauling**: Uno de los químicos más influyentes, realizó contribuciones importantes a la teoría de **enlaces químicos** y a la **biología molecular**. **Premio Nobel de Química** en 1954 y el **Premio Nobel de la Paz** en 1962.

10. **Herbert Fröhlich**: Conocido por sus contribuciones a la teoría de **superconductividad** y física de la **materia condensada**.

11. **Lothar Wolfgang Nordheim**: Pionero en física de **estado sólido**, realizó estudios importantes en teoría de campos eléctricos y en física de semiconductores.

12. **Alfred Landé**: Físico teórico que desarrolló el **factor de Landé**, que describe el desdoblamiento de líneas espectrales en presencia de un campo magnético.

13. **Rudolf Peierls**: Conocido por sus trabajos en **física de partículas** y **física nuclear**, y un miembro clave en el desarrollo del **Proyecto Manhattan**.

14. **Karl Becher**: Contribuyó a la MC y **física de partículas**.

15. **Adolf Kratzer**: Trabajó en **espectroscopia molecular** y en MC de átomos y moléculas.

16. **Gregor Wentzel**: desarrolló la **aproximación WKB** (Wentzel-Kramers-Brillouin), que es útil en MC para aproximar soluciones a la ecuación de Schrödinger.

17. **Walter Heitler**: Contribuyó a la MC y a la TCC, especialmente en la teoría del **enlace químico**.

18. **Walter Kohn**: Trabajó en física de la **materia condensada**, especialmente en teoría funcional de la densidad. **Premio Nobel de Química** en 1998.

La influencia de Sommerfeld fue fundamental para el desarrollo de la física moderna, y su "escuela" de Múnich fue un semillero de grandes mentes.



**Paul Ehrenfest** fue un físico teórico austriaco que tuvo un impacto significativo en la física del siglo XX. Su **trabajo y su enfoque pedagógico** influyeron en muchos estudiantes y colegas.

Algunos de los discípulos y científicos que fueron influenciados por Ehrenfest son:

1. **Albert Einstein**. Aunque **la relación no fue de profesor a alumno**, Ehrenfest y Einstein eran amigos cercanos y colaboradores. Ehrenfest apoyó a Einstein en sus desarrollos sobre la relatividad y fue el primero en comprender la profundidad de su trabajo.

2. **Niels Bohr**. Se benefició del ambiente intelectual que Ehrenfest fomentó. Ehrenfest discutió con Bohr sobre la MC, lo cual le ayudó a desarrollar su modelo atómico.

3. **Werner Heisenberg**. Fue influenciado por el trabajo de Ehrenfest, que contribuyó a la formación del pensamiento en torno a la teoría cuántica.

4. **Hermann Weyl**. **Fue estudiante de Ehrenfest** y trabajó en varios aspectos de la física matemática. Su trabajo sobre grupos de simetría y teoría de representaciones se vio influenciado por el enfoque de Ehrenfest en la matemática aplicada a la física.

5. **Emmy Noether**. Las ideas de conservación y simetría de Noether resonaron con las discusiones que Ehrenfest tuvo en su círculo.

6. **Felix Bloch**. Físico que **estudió bajo la influencia del trabajo de Ehrenfest**, especialmente en su investigación en la física del estado sólido y la resonancia magnética nuclear.

7. **Robert Oppenheimer**. **No fue un estudiante directo de Ehrenfest**, pero su trabajo en la MC y la teoría de campos fue influenciado por la escuela de pensamiento que Ehrenfest ayudó a establecer.

8. **Karl Przibram**. **Discípulo directo de Ehrenfest** que se centró en la física cuántica y la teoría de la relatividad.





9. **George Uhlenbeck** fue influenciado por Ehrenfest durante su tiempo en los Países Bajos. Conocido por su trabajo en *mecánica estadística* y el *principio de exclusión* de Pauli, Uhlenbeck asumió ideas sobre la teoría cuántica de Ehrenfest.



10. **Julius von Neumann**. Aunque *no fue un estudiante directo*, von Neumann se vio influenciado por el enfoque de Ehrenfest en la matemática aplicada. Su trabajo en MC y teoría de juegos refleja algunas de las ideas fundamentales que Ehrenfest discutió.



#### Contribuciones de Paul Ehrenfest

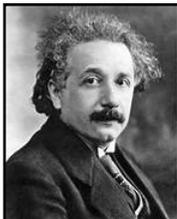
Teoría de la **Estadística Cuántica**: Ehrenfest fue pionero en la vinculación de la mecánica clásica y cuántica, contribuyendo a la comprensión de la teoría cuántica a través de sus trabajos en estadísticas.

**Relatividad y Dinámicas Cuánticas**: Introdujo conceptos en la relatividad que más tarde fueron fundamentales para el desarrollo de la MC.

**Ehrenfest Paradox**: Enuncia un importante dilema en la teoría de la relatividad que muestra las diferencias en la percepción del movimiento en sistemas giratorios.

El legado de Paul Ehrenfest trasciende sus propias publicaciones. Su capacidad para inspirar y guiar a futuros científicos ayudó a modelar el desarrollo de la física en el siglo XX.

La interconexión en su círculo académico no solo facilitó la investigación en diversas disciplinas, sino que también promovió el diálogo entre diferentes áreas de la física, creando una sinergia que benefició a muchos.



5. **John Archibald Wheeler**: Inspirado por los trabajos de Einstein sobre la gravedad y la teoría de la relatividad, Wheeler se convirtió en uno de los principales teóricos en gravitación y física de partículas. Popularizó el término "*agujero negro*".



6. **Erwin Schrödinger**: Aunque *no fue discípulo directo*, Schrödinger tuvo una fuerte influencia de la teoría de la relatividad de Einstein, lo que le ayudó a desarrollar la mecánica ondulatoria. Mantuvo correspondencia con Einstein sobre varios temas científicos y filosóficos.



7. **Kurt Gödel**: Conocido por sus teoremas de incompletitud en lógica matemática, fue amigo de Einstein en el Instituto de Estudios Avanzados en Princeton. Gödel trabajó en soluciones para la teoría de la relatividad que implicaban universos rotativos, lo que introdujo nuevas ideas sobre el tiempo y el espacio.

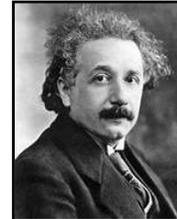


8. **Theodore von Kármán**: Aunque más conocido por su trabajo en aerodinámica, von Kármán fue influenciado por las ideas de Einstein sobre dinámica y relatividad.



9. **Wolfgang Pauli**: Aunque *no fue discípulo directo*, Pauli estaba muy influenciado por las ideas de Einstein sobre física teórica. Ambos mantuvieron una profunda correspondencia sobre temas fundamentales de la MC y relatividad.

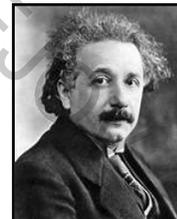
10. **Satyendra Nath Bose**: Físico indio cuyo trabajo en MC llevó a la estadística de Bose-Einstein. Aunque no trabajaron juntos, Einstein valoró tanto su trabajo que colaboró con él, resultando en la teoría de los bosones y el estado de Bose-Einstein.



**Albert Einstein**, aunque no fue un profesor con un grupo de discípulos al estilo de Arnold Sommerfeld o Niels Bohr, influyó en muchos científicos jóvenes que trabajaron en la física teórica durante el siglo XX. Además, varios científicos colaboraron estrechamente con él o se inspiraron profundamente en su trabajo, y algunos de ellos lo consideraban su mentor.

A continuación, se presenta una lista de algunos científicos que *trabajaron estrechamente con Einstein, aprendieron* de él, o *fueron influenciados* de manera significativa por su obra:

1. **Nathan Rosen**: Colaborador de Einstein, es conocido por su trabajo en el "*punto de Einstein-Rosen*", que es una solución teórica que describe un agujero de gusano. Su trabajo con Einstein ayudó a explorar los conceptos de agujeros negros y conexiones espaciales.
2. **Boris Podolsky**: Colaboró con Einstein en el famoso artículo de EPR (Einstein-Podolsky-Rosen), que discutió la "incompletitud" de la MC y planteó cuestiones filosóficas sobre la naturaleza de la *realidad cuántica*.
3. **Leo Szilard**: Aunque no fue discípulo directo, trabajó con Einstein en una patente de refrigerador sin partes móviles. Szilard también fue influenciado por las ideas de Einstein y fue pionero en física nuclear.
4. **Hermann Weyl**: Trabajó junto a Einstein en la teoría unificada de la gravitación y el electromagnetismo y contribuyó significativamente a la teoría cuántica y la teoría de grupos en física. Fue un matemático y físico que trabajó para integrar las teorías de Einstein en modelos matemáticos más completos.



11. **Georges Lemaître**: Inspirado en las ideas de la relatividad general de Einstein, Lemaître desarrolló la *teoría de la expansión del universo* y propuso lo que más tarde se conocería como la teoría del *Big Bang*.



12. **Max Born**: Colaborador de Einstein y uno de los padres de la MC. Aunque tuvieron desacuerdos sobre la interpretación de la física cuántica, Born consideraba a Einstein una gran influencia.



13. **Pascual Jordan**: Influenciado por las teorías de Einstein, contribuyó al desarrollo de la TCC y a la teoría de partículas.



14. **David Bohm**: Aunque *no fue discípulo directo*, Bohm se inspiró en las críticas de Einstein a la MC para desarrollar su interpretación causal, conocida como la interpretación de Bohm de la MC.



15. **Leopold Infeld**: Trabajó con Einstein en la teoría de campos y fue coautor de varios artículos importantes sobre la TGR. Juntos desarrollaron el problema de Einstein-Infeld-Hoffmann, sobre el movimiento de cuerpos en relatividad general.



16. **Banesh Hoffmann**: Colaborador de Einstein en su investigación sobre relatividad general, en particular en la teoría del movimiento de partículas. Aunque Einstein *no tuvo discípulos* en el sentido tradicional de un mentor que supervisa directamente, su influencia y colaboraciones científicas moldearon a una generación de físicos y matemáticos teóricos.



Su obra inspiró y retó a los mejores físicos de su tiempo, y muchos de ellos exploraron y expandieron las teorías que él propuso.



**Max Born** fue uno de los fundadores de la mecánica cuántica y un mentor de muchos físicos destacados del siglo XX. Su influencia en la física teórica y en el desarrollo de la teoría cuántica fue profunda, y varios de sus estudiantes y colaboradores se convirtieron en figuras clave en el avance de la física moderna.

Los discípulos y colaboradores más notables de Max Born fueron:

1. **Werner Heisenberg**: Uno de los estudiantes más famosos de Born, desarrolló la **mecánica matricial** y formuló el **principio de indeterminación**. **Premio Nobel de Física** en 1932.
2. **Wolfgang Pauli**: Trabajó con Born en problemas de teoría cuántica y es conocido por el Principio de Exclusión de Pauli, fundamental para la estructura de los átomos. **Premio Nobel** en 1945.
3. **Enrico Fermi**: Aunque **no fue discípulo directo**, Fermi estuvo influenciado por el trabajo de Born y asistió a algunos de sus seminarios. Fermi hizo contribuciones fundamentales en física nuclear y MC. **Premio Nobel** en 1938.
4. **Paul Dirac**: Fue influenciado por los trabajos de Born en MC, especialmente en mecánica matricial. Dirac desarrolló la **ecuación de Dirac** para el electrón. **Premio Nobel** en 1933.
5. **J. Robert Oppenheimer**: Estudió bajo la supervisión de Born en Gotinga. Posteriormente, se convirtió en el director científico del **Proyecto Manhattan**, que desarrolló la primera bomba atómica.
6. **Maria Goeppert-Mayer**: Fue estudiante de doctorado de Born. **Premio Nobel de Física** en 1963 por su modelo de capas nucleares, que describe la estructura del **núcleo atómico**.



7. **Victor Weisskopf**: Trabajó en física nuclear y física de partículas y fue uno de los discípulos de Born en la Universidad de Gotinga. Posteriormente, se convirtió en director del CERN y en un destacado defensor de la responsabilidad social en la ciencia.

8. **Pascual Jordan**: Colaborador cercano de Born, trabajó en el desarrollo de la **teoría de matrices** en MC y realizó contribuciones importantes en la TCC.

9. **Friedrich Hund**: Trabajó junto a Born en MC y es conocido por el **Regla de Hund**, que explica la configuración de electrones en átomos y moléculas.

10. **Eugene Wigner**: Estudió bajo la supervisión de Born. **Premio Nobel** en 1963 por su aplicación de la teoría de grupos en física cuántica, lo que ayudó a explicar las simetrías en la física de partículas.

11. **Hermann Weyl**: Colaborador de Born en Gotinga, desarrolló aplicaciones matemáticas en la teoría cuántica, incluyendo la teoría de grupos y la teoría de representaciones.

12. **Harald Bohr**: Matemático y hermano de Niels Bohr, trabajó con Born en la formulación matemática de la teoría cuántica.

13. **Walter Heitler**: Estudió bajo la supervisión de Born y realizó importantes investigaciones en química cuántica, particularmente en el estudio de **enlaces químicos**.

14. **Kurt Gottfried**: Físico teórico que estudió bajo la influencia de Born y contribuyó a la MC y la teoría de partículas.



15. **Max Delbrück**: Inicialmente discípulo de Born en física, se convirtió en pionero en biología molecular, ganando el **Premio Nobel** en 1969.

16. **Hedwig Kohn**: Fue una de las pocas **mujeres** que trabajaron con Born y realizó contribuciones importantes en física experimental y espectroscopía.

17. **Hertha Sponer**: Estudiante de Born que trabajó en espectroscopía molecular y física cuántica. Fue una de las primeras mujeres en lograr una posición destacada en física.

18. **John von Neumann**: Aunque su colaboración fue más en temas matemáticos, la influencia de Born fue importante en su desarrollo de la teoría cuántica de operadores y la teoría de juegos.

La influencia de Max Born en la física fue tanto directa, a través de su **enseñanza** y **dirección de investigación**, como indirecta, ya que muchos de sus discípulos formaron sus propias generaciones de científicos. Su enfoque en los fundamentos de la MC y su **habilidad para inspirar a otros** fueron esenciales para el avance de la física teórica en el siglo XX.



**Erwin Schrödinger**, uno de los padres de la MC y creador de la famosa **ecuación de onda** de Schrödinger, fue una figura profundamente influyente en la física moderna. Sin embargo, a diferencia de otros físicos como Arnold Sommerfeld o Max Born, Schrödinger **no dirigió un gran número de estudiantes** de doctorado **ni estableció** una "escuela" de discípulos en el sentido tradicional. Su influencia fue **más indirecta**, a través de sus trabajos en física cuántica, filosofía y biología teórica, que inspiraron a una generación de físicos y científicos en otras disciplinas.

Algunos de los científicos que se vieron influenciados por el trabajo y las ideas de Schrödinger, ya sea de manera directa o indirecta, fueron:

1. **Hermann Weyl**

Aunque **no fue discípulo** en el sentido tradicional, Weyl fue un colega cercano de Schrödinger. Ambos colaboraron y discutieron sobre temas de teoría cuántica y relatividad, lo cual influyó en el desarrollo de sus ideas en MC.

2. **Felix Bloch**

Estudió bajo la influencia de Schrödinger en Zúrich y luego realizó importantes contribuciones en física del estado sólido y resonancia magnética nuclear. Fue galardonado con el **Premio Nobel de Física** en 1952.

3. **Hans Thirring**

Thirring fue uno de los primeros en adoptar las ideas de la teoría cuántica y **colaboró** con Schrödinger en el desarrollo de conceptos importantes en física teórica. Thirring también contribuyó a la relatividad general.



**4. Walter Heitler**

Trabajó junto a Schrödinger en MC y realizó contribuciones significativas en la teoría de **enlaces químicos**, particularmente en la teoría de enlace de valencia.

**5. Friedrich Hund**

Aunque Hund trabajó en gran medida bajo Max Born, también se benefició de las ideas de Schrödinger en MC y aplicó la ecuación de onda de Schrödinger en su trabajo sobre configuración electrónica y estructura molecular.

**6. Paul Dirac**

Aunque **no fue un discípulo directo** de Schrödinger, Dirac se inspiró en la mecánica ondulatoria de Schrödinger para desarrollar sus propias teorías en MC, incluyendo la ecuación de Dirac y el concepto de antimateria.

**7. Hugh Everett III**

Everett fue fuertemente influenciado por las ideas de Schrödinger, en particular por la interpretación de la función de onda. Su propuesta de la interpretación de los "muchos mundos" de la MC estuvo inspirada en la ecuación de Schrödinger y en su interpretación de la función de onda.

**8. John von Neumann**

Von Neumann adoptó y desarrolló la formulación matemática rigurosa de la MC a partir de la ecuación de Schrödinger, y su trabajo formalizó los aspectos estadísticos de la teoría cuántica.

**14. David Bohm**

Se inspiró en los trabajos de Schrödinger sobre la función de onda para desarrollar su propia interpretación causal de la MC, conocida como la *interpretación de Bohm*.

**15. Max Delbrück**

Influenciado por el libro de Schrödinger *¿Qué es la vida?*, cambió su carrera de física a biología molecular, lo cual lo llevó a ser uno de los pioneros en el campo de la genética y biología molecular.

**16. Roger Penrose**

Aunque es de una generación posterior, Penrose se inspiró en las ideas de Schrödinger sobre la naturaleza de la realidad cuántica y desarrolló ideas que relacionan la teoría cuántica y la relatividad general. También estudió la paradoja del *gato de Schrödinger* en sus propios trabajos filosóficos y científicos.



Schrödinger **no fue mentor de un gran número de estudiantes** de manera directa, pero su impacto fue enorme y transversal, inspirando tanto a físicos como a científicos en otras disciplinas, incluidos los campos de la química cuántica y la biología teórica.

**9. Edwin C. Kemble**

Profesor de física en Harvard, Kemble fue uno de los primeros en los Estados Unidos en enseñar y promover la MC de Schrödinger. Aunque **no fue discípulo directo**, fue un importante difusor de las ideas de Schrödinger en América.

**10. Linus Pauling**

Aunque Pauling estudió bajo la supervisión de otros físicos, adoptó la ecuación de Schrödinger y las ideas de MC en sus trabajos pioneros en química cuántica y teoría de enlaces. **Premio Nobel de Química** en 1954.

**11. Maurice Pryce**

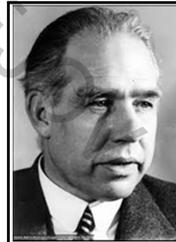
Estudió en la Universidad de Oxford cuando Schrödinger fue profesor allí. Pryce aplicó métodos cuánticos de Schrödinger en su trabajo en física del estado sólido y física teórica.

**12. Pascual Jordan**

Colaboró con Max Born y Werner Heisenberg; también estuvo influenciado por la formulación ondulatoria de Schrödinger en sus propios trabajos sobre MC y teoría de campos.

**13. Louis de Broglie**

Aunque de Broglie **no fue un discípulo en el sentido directo**, su teoría de la dualidad onda-partícula inspiró a Schrödinger a desarrollar la mecánica ondulatoria. La correspondencia y la influencia mutua entre ambos llevaron a avances fundamentales en la MC.



**Niels Bohr**, uno de los padres de la MC y ganador del **Premio Nobel de Física** en 1922, fue mentor de varios físicos que más tarde se convertirían en figuras influyentes en la física moderna. Su **Instituto en Copenhague**, fundado en **1921**, fue un centro de desarrollo científico en la física teórica, y allí trabajaron y se formaron algunos de los científicos más importantes del siglo XX. Algunos de los discípulos y colaboradores más destacados de Bohr fueron:

1. **Werner Heisenberg**: Desarrollador del principio de incertidumbre y uno de los padres de la MC. Heisenberg trabajó estrechamente con Bohr en Copenhague.



2. **Wolfgang Pauli**: Conocido por el **Principio de Exclusión** de Pauli, trabajó con Bohr y desarrolló ideas fundamentales en física de partículas y MC.



3. **Léon Rosenfeld**: Trabajó en la teoría cuántica de campos y en problemas filosóficos de la física. Fue uno de los defensores y colaboradores más cercanos de Bohr en temas filosóficos y de interpretación de la física cuántica.

4. **George Gamow**: Físico y cosmólogo ruso que contribuyó a la teoría del decaimiento alfa y a la nucleosíntesis primordial del **Big Bang**.

5. **Felix Bloch**: Hizo contribuciones significativas en la física del estado sólido y en resonancia magnética nuclear.





6. **Oskar Klein**: Famoso por la teoría de Kaluza-Klein, que trata de unificar el electromagnetismo y la gravedad en una dimensión extra.

7. **John Archibald Wheeler**: Desarrolló la teoría del "agujero negro" y contribuyó a la TCC y la física nuclear.

8. **Victor Weisskopf**: Trabajó en física nuclear y física de partículas y fue director del CERN.

9. **Hans Kramers**: Colaborador cercano de Bohr, desarrolló importantes conceptos en teoría cuántica y física estadística.

10. **Pascual Jordan**: Físico alemán que trabajó en el desarrollo de la teoría de matrices en MC.

11. **Lise Meitner**: Física austriaca-sueca que trabajó en la desintegración radiactiva y contribuyó al descubrimiento de la fisión nuclear.

12. **Abraham Pais**: Físico e historiador de la ciencia que escribió sobre las vidas de Einstein y Bohr y sus teorías.

13. **Lev Landáu**: Contribuyó a la física de la materia condensada y a la TCC.

14. **Christian Møller**: Conocido por sus trabajos en relatividad y TCC.











15. **Rudolf Peierls**: Trabajó en física cuántica y teoría de materiales y fue una figura clave en el desarrollo de la bomba atómica en el Proyecto Manhattan.

La lista anterior incluye a científicos que trabajaron directamente con Bohr o fueron influidos por él en Copenhague.

La influencia de Bohr se extendió por **varias generaciones**, y muchos de estos discípulos hicieron sus propias contribuciones revolucionarias en distintas áreas de la física.





**Louis De Broglie**, famoso por introducir el concepto de dualidad onda-partícula, revolucionó la física cuántica con su teoría de que toda materia tiene una naturaleza tanto ondulatoria como corpuscular. Esta idea sentó las bases para el desarrollo de la MC, y su influencia fue amplia y profunda en la física teórica. Aunque De Broglie no fue un mentor en el sentido tradicional de tener un gran número de discípulos directos, sus ideas influyeron a muchos físicos y varios de ellos se beneficiaron de su orientación.

Algunos de sus discípulos y científicos que fueron influenciados por su obra fueron:

1. **Jean-Pierre Vigier**  
Fue uno de los colaboradores más cercanos de De Broglie y trabajó con él en la interpretación causal de la MC, desarrollando una versión de la teoría cuántica con variables ocultas.

2. **Oskar Klein**  
Aunque **no fue un discípulo directo**, Klein se inspiró en la teoría de De Broglie para desarrollar la ecuación de Klein-Gordon, la cual describe partículas en el marco de la relatividad y MC.

3. **David Bohm**  
Bohm adoptó las ideas de De Broglie sobre la **onda piloto** para desarrollar su propia interpretación causal de la MC, conocida como la **interpretación de Bohm** o mecánica bohmiana.






4. **Alfred Kastler**  
Conocido por su trabajo en óptica y espectroscopía, Kastler fue profundamente influenciado por las teorías de De Broglie. **Premio Nobel** de Física en 1966 por el desarrollo de técnicas ópticas para estudiar la estructura atómica.

5. **Georges Lochak**  
Fue estudiante de De Broglie y trabajó en la teoría de partículas elementales y teorías de campo, colaborando en el *Instituto Henri Poincaré* bajo la supervisión de De Broglie.

6. **Yves Couder**  
Inspirado por las ideas de las ondas piloto de De Broglie, Couder estudió fenómenos de ondas en fluidos macroscópicos, encontrando analogías en sistemas de gotas que imitan el comportamiento ondulatorio de partículas cuánticas.

7. **Olivier Costa de Beauregard**  
Fue alumno de De Broglie y trabajó en temas de relatividad y MC. Costa de Beauregard desarrolló interpretaciones cuánticas relacionadas con el tiempo y la causalidad.

8. **Boris Podolsky**  
Aunque trabajó más estrechamente con Einstein y Schrödinger, Podolsky fue influenciado por la interpretación de onda de De Broglie y su trabajo en la paradoja EPR (Einstein-Podolsky-Rosen).









#### 9. Philippe Dirac

Otro discípulo directo de De Broglie, trabajó en teoría de partículas y colaboró con él en la investigación de mecánica ondulatoria y ondas piloto.

#### 10. René Thom

Matemático y físico influenciado por el enfoque de De Broglie sobre la física cuántica y la teoría ondulatoria, aunque sus trabajos derivaron más hacia la topología y teoría de catástrofes.

#### Influencia Indirecta:

Además de estos discípulos y colaboradores, las ideas de De Broglie inspiraron a otros físicos, aunque no trabajaran directamente bajo su supervisión. Entre ellos están:

**Erwin Schrödinger**, quien desarrolló la mecánica ondulatoria a partir de la idea de ondas de De Broglie.

**Werner Heisenberg** y **Niels Bohr**, que tomaron en cuenta el principio de dualidad de De Broglie para sus propias interpretaciones de la MC.

**Max Born**, quien utilizó la idea de ondas de probabilidad, inspirada en parte por el trabajo de De Broglie, para formular una interpretación probabilística de la función de onda.

**Louis De Broglie** dejó un impacto duradero en la física, y aunque no tuvo una gran cantidad de discípulos en sentido estricto, sus ideas formaron el núcleo de investigaciones y teorías que dieron forma a la MC y a la comprensión moderna de la dualidad onda-partícula.



#### 4. Hermann Levin Goldstine

Aunque *no fue un discípulo directo*, estuvo en contacto cercano con Pauli, quien le influyó en el área de la física matemática.

#### 5. J. Robert Oppenheimer

Aunque *no estudió bajo la supervisión directa* de Pauli, Oppenheimer fue influenciado por las ideas de Pauli sobre MC y física teórica, y valoró sus críticas y orientación intelectual.

#### 6. George Gamow

*Se benefició de las críticas de Pauli* y desarrolló ideas en física nuclear y cosmología. Gamow es conocido por su trabajo sobre el origen del universo y el modelo del **Big Bang**.

#### 7. Kurt Gödel

Aunque Gödel fue un matemático y lógico, tuvo una **fuerte amistad intelectual** con Pauli en el Instituto de Estudios Avanzados en Princeton. Su correspondencia incluyó discusiones profundas sobre física teórica y filosofía.

#### 8. Paul Dirac

Aunque Dirac *no fue discípulo directo* de Pauli, ambos tenían una influencia mutua significativa. Pauli desafió a Dirac en varios puntos y contribuyó a sus ideas sobre la teoría cuántica y la teoría de partículas.

#### 9. Lev Landau

Aunque Landau *no estudió formalmente con Pauli*, ambos tenían correspondencia y Pauli influyó en sus desarrollos teóricos en MC y teoría de partículas.



**Wolfgang Pauli**, uno de los físicos teóricos más influyentes del siglo XX, fue conocido tanto por su profundo trabajo en MC y física de partículas como por su papel de mentor y crítico intelectual para sus colegas y estudiantes. Aunque **no tuvo un gran número de estudiantes formales**, sus ideas y su estilo de enseñanza influyeron en muchos científicos destacados.

Pauli era famoso por su rigor y sus "**efectos Pauli**" que, como sus críticas irónicas y agudas, estimularon a otros físicos a mejorar su trabajo.

Algunos de sus discípulos directos, colaboradores cercanos y científicos que se vieron significativamente influenciados por él fueron:

#### 1. Felix Bloch

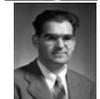
Fue *uno de los estudiantes más cercanos de Pauli* en la Universidad de Zúrich. Contribuyó a la física de partículas y la teoría de sólidos, y ganó el **Premio Nobel de Física** en 1952 por sus trabajos sobre la resonancia magnética nuclear.

#### 2. Victor Weisskopf

Trabajó con Pauli en Zúrich y fue profundamente *influenciado* por él. Weisskopf realizó contribuciones importantes en la TCC y la física de partículas.

#### 3. Rudolf Peierls

*Estudió con Pauli* en Zúrich y trabajó en física nuclear y física de partículas. Peierls fue un pionero en la teoría de la dispersión cuántica y más tarde se involucró en el **Proyecto Manhattan**.



#### 10. Isidor Isaac Rabi

Rabi era un contemporáneo de Pauli, pero sus ideas y críticas recíprocas enriquecieron sus respectivos trabajos en teoría cuántica. Ambos compartieron una estrecha **colaboración** y crítica mutua.

#### 11. Harald Cramér

Matemático y estadístico sueco que, aunque *no fue discípulo* de Pauli en física, mantuvo correspondencia con él y fue influenciado por su rigor y precisión.

#### 12. Hans Bethe

Bethe fue *influenciado* por las ideas de Pauli en física teórica y desarrolló sus propias teorías en física nuclear y teoría de partículas. Fue galardonado con el **Premio Nobel** en 1967.

#### 13. Murray Gell-Mann

Aunque de una generación posterior, Gell-Mann fue *influenciado* por el trabajo de Pauli sobre teoría de partículas y simetría cuántica, que lo inspiró en su desarrollo del concepto de quarks y de la teoría de interacciones fuertes.

#### 14. Erich Hückel

Hückel trabajó en teoría cuántica aplicada a la química y la teoría de enlace químico. *La influencia de Pauli* fue importante en su trabajo sobre **moléculas orgánicas** y el **efecto de los electrones  $\pi$** .





**15. Res Jost**  
Matemático y físico teórico que **fue discípulo de Pauli** y trabajó en teoría de dispersiones y TCC. Fue uno de los alumnos más destacados de Pauli en sus últimos años.

**Influencia Indirecta**  
La **influencia** de Pauli se extendió también a científicos que no trabajaron directamente bajo su supervisión, pero cuyas teorías fueron modeladas por sus principios y críticas:

**Richard Feynman:** Pauli fue una influencia temprana y crítica de Feynman, quien desarrolló la teoría de la **electrodinámica cuántica**.

**Julian Schwinger:** También fue influido por Pauli, especialmente en el rigor matemático de su formulación de electrodinámica cuántica.

**Niels Bohr:** Aunque fue mentor de Pauli, su colaboración fue mutua, y Pauli influyó en Bohr en cuestiones relacionadas con el principio de exclusión y la interpretación de la MC.

**Wolfgang Pauli** dejó una huella significativa en la física a través de su famoso **Principio de Exclusión** de Pauli y su aguda perspicacia, que alentó y guio el trabajo de algunos de los físicos más destacados del siglo XX. Su estilo de enseñanza y crítica ayudó a perfeccionar y profundizar el pensamiento de muchos de estos científicos, y su influencia en la MC y la teoría de partículas sigue siendo fundamental en la física actual.







**Werner Heisenberg**, uno de los físicos teóricos más influyentes del siglo XX y creador del **principio de indeterminación**, tuvo una amplia influencia en la física moderna, especialmente en la mecánica cuántica y la física de partículas.

Como mentor y director del **Instituto Max Planck** de Física en **Múnich**, formó a muchos estudiantes que se convertirían en importantes científicos, aunque su influencia también se extendió a través de colaboraciones y asesoramientos informales.

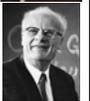
Algunos de los discípulos y colaboradores más destacados de Heisenberg fueron:

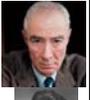
- 1. Felix Bloch**  
**Trabajó** brevemente con Heisenberg y realizó contribuciones significativas en la física de sólidos y en la resonancia magnética nuclear, por la que recibió el **Premio Nobel** en 1952.
- 2. Edward Teller**  
**Estudió** bajo la supervisión de Heisenberg en Leipzig y fue influenciado por su enfoque en la física teórica. Teller se convirtió en una figura clave en el **desarrollo de la bomba de hidrógeno** en **Estados Unidos**.
- 3. Carl Friedrich von Weizsäcker**  
Fue **uno de los discípulos más cercanos** de Heisenberg y colaboró con él en investigaciones sobre física nuclear y cosmología. También trabajaron juntos en el **proyecto alemán de la bomba atómica** durante la Segunda Guerra Mundial.






- 4. Rudolf Peierls**  
**Estudió** con Heisenberg y realizó importantes avances en la teoría de la dispersión cuántica y física nuclear. Más tarde, Peierls se unió al **Proyecto Manhattan** en el Reino Unido.
- 5. Hans Bethe**  
**Trabajó** con Heisenberg en física nuclear y ganó el **Premio Nobel** en 1967 por su teoría de las reacciones nucleares en el interior de las estrellas, incluyendo el proceso de fusión nuclear que alimenta al Sol.
- 6. Victor Weisskopf**  
Fue **estudiante** de Heisenberg y realizó contribuciones en TCC y física de partículas. Weisskopf también trabajó en el **Proyecto Manhattan** y fue director del CERN.
- 7. Robert Oppenheimer**  
Aunque Oppenheimer **no fue un discípulo directo** de Heisenberg, se vieron influenciados mutuamente y mantuvieron correspondencia. Oppenheimer, quien dirigió el **Proyecto Manhattan**, se benefició del enfoque teórico de Heisenberg.
- 8. Walter Heitler**  
**Colaboró** con Heisenberg en la TCC y realizó avances en la teoría de enlaces químicos y en **química cuántica**.
- 9. Klaus Fuchs**  
**Estudió** en Leipzig bajo Heisenberg y trabajó en física teórica y física nuclear. Fuchs fue una figura controvertida por su papel en el espionaje en el **Proyecto Manhattan**.






- 10. Harald Fritzsche**  
**Colaboró** con Heisenberg en sus últimos años y fue coautor de investigaciones en TCC y física de partículas. Fritzsche se convirtió en uno de los pioneros de la **cromodinámica cuántica** (QCD).
- 11. Julian Schwinger**  
Aunque **no fue discípulo directo**, fue influenciado por los principios de Heisenberg en sus desarrollos en electrodinámica cuántica. Schwinger fue galardonado con el Premio Nobel en 1965.
- 12. Pascual Jordan**  
**Colaborador** cercano de Heisenberg, trabajaron juntos en la formulación de la mecánica matricial y en los primeros desarrollos de la TCC.
- 13. Herbert Fröhlich**  
**Estudió** bajo la dirección de Heisenberg y realizó contribuciones importantes en superconductividad, física del estado sólido y teoría de partículas.
- 14. Max Delbrück**  
**Estudió** con Heisenberg en Leipzig y luego cambió de campo hacia la biología molecular, convirtiéndose en pionero en el estudio de la genética y obteniendo el **Premio Nobel** en 1969.
- 15. Eugene Wigner**  
Aunque **no fue un discípulo directo**, Wigner trabajó junto a Heisenberg en varios proyectos y fue influenciado por sus ideas en teoría de simetría y teoría de grupos aplicada a la física cuántica.










#### 16. Hans-Peter Dürr

Fue **uno de los últimos estudiantes** de Heisenberg y trabajó en física cuántica y teoría de partículas. Dürr continuó el legado de Heisenberg en el *Instituto Max Planck* de Física.

#### 17. Yuval Ne'eman

Fue **influenciado** por Heisenberg en sus investigaciones en física teórica. Ne'eman, más tarde, hizo contribuciones significativas a la física de partículas, incluida la clasificación de partículas subatómicas.



#### Influencia Indirecta y Colaboradores Notables

Además de sus estudiantes y discípulos directos, Heisenberg también tuvo una profunda influencia en varios científicos con los que colaboró o a quienes inspiró indirectamente:

**Erwin Schrödinger:** A pesar de sus diferencias conceptuales, Heisenberg y Schrödinger influyeron mutuamente en la formulación de la MC.

**Paul Dirac:** Dirac fue contemporáneo y colaborador de Heisenberg, y ambos contribuyeron al desarrollo de la mecánica cuántica y teoría cuántica de campos.

La influencia de Werner Heisenberg abarcó varias generaciones y ramas de la física, incluyendo la teoría cuántica, física de partículas, física del estado sólido y hasta biología molecular. Su capacidad para inspirar y guiar a otros científicos lo convirtió en una figura central en el desarrollo de la física moderna, y su legado sigue presente en la física teórica actual.



#### 4. Behram Kursunoglu

Fue **uno de los últimos estudiantes** de Dirac y trabajó en teoría de partículas y cosmología. Fundó el **Centro de Física Teórica de Coral Gables** en Estados Unidos y organizó conferencias con la participación de grandes figuras de la física teórica.

#### 5. R.H. Dalitz

Físico británico que **estudió con Dirac** y contribuyó al desarrollo de la física de partículas, específicamente en el análisis de los decaimientos de partículas inestables y en diagramas que llevan su nombre, diagramas de Dalitz.



#### Colaboradores y científicos influenciados por Dirac

##### 6. Richard Feynman

Aunque **no fue alumno directo** de Dirac, Feynman fue fuertemente influenciado por su enfoque matemático y su ecuación. Feynman aplicó estas ideas en el desarrollo de la electrodinámica cuántica y la formulación de integrales de camino.

##### 7. Julian Schwinger

Schwinger también **se vio influido por el trabajo de Dirac**, en particular en la teoría de campos cuánticos. Junto con Feynman y Tomonaga, Schwinger ganó el **Premio Nobel** por sus contribuciones a la electrodinámica cuántica.

##### 8. Abdus Salam

Inspirado por las teorías y el enfoque matemático de Dirac, Salam hizo importantes aportaciones a la física de partículas, en particular a la teoría electrodébil unificada, por la cual ganó el **Premio Nobel** en 1979.



**P.A.M. Dirac**, pionero de la MC y la TCC, tuvo una influencia enorme en la física teórica del siglo XX. Aunque no fue un mentor formal en la misma medida que algunos de sus contemporáneos, como Niels Bohr o Wolfgang Pauli, su obra y enfoque inspiraron a muchos físicos de su época y a generaciones posteriores.

Su **introversión** y su **estilo meticuloso** de enseñanza significaron que tuvo **pocos estudiantes formales**, pero muchos físicos se vieron **profundamente influenciados por su trabajo**, y varios de ellos mantuvieron una relación académica o de mentoría con él.

Algunos de sus discípulos, colaboradores y físicos influidos por su trabajo fueron:

#### Discípulos y estudiantes directos

##### 1. Dennis Sciama

**Estudió** bajo Dirac en Cambridge. Sciama hizo contribuciones significativas a la cosmología y la teoría de la gravitación y fue mentor de físicos como Stephen Hawking y Roger Penrose.

##### 2. Homi J. Bhabha

**Trabajó con Dirac** en el Reino Unido y fue pionero en física de partículas y física nuclear en India. Bhabha ayudó a establecer la investigación nuclear en su país y es conocido como el "padre de la energía nuclear india".

##### 3. John Polkinghorne

Polkinghorne **fue alumno de Dirac** en Cambridge y trabajó en teoría cuántica antes de dedicarse a la teología. Fue reconocido tanto por sus trabajos en física de partículas como por sus escritos sobre la relación entre ciencia y religión.



#### 9. Freeman Dyson

Dyson **nunca estudió directamente con Dirac**, pero fue profundamente influido por sus ideas y se dedicó a formalizar las teorías cuánticas en las que trabajaron Feynman y Schwinger, consolidando la **electrodinámica cuántica**.

#### 10. Eugene Wigner

Wigner compartió muchas ideas e **intercambió correspondencia** con Dirac. Fue influido por su enfoque en la simetría y aplicó sus conceptos a la teoría de grupos en MC. **Premio Nobel** en 1963.



#### Otros científicos influenciados por Dirac

Aunque Dirac era conocido por su estilo de trabajo solitario y reservado, sus escritos y teorías influyeron directamente a la física teórica moderna y a físicos como **Robert Oppenheimer**, **Werner Heisenberg**, y muchos otros.

Dirac también impactó indirectamente a muchos otros físicos teóricos de su época y posteriores:

**Steven Weinberg:** **Premio Nobel** en 1979, se inspiró en la obra de Dirac en el desarrollo de la teoría de partículas y la teoría electrodébil.

**David Bohm:** Aunque desarrolló su interpretación causal de la MC de forma independiente, se vio **influido** por el formalismo y los conceptos planteados por Dirac en MC.





**S. Chandrasekhar:** Conocido por su trabajo en astrofísica, Chandrasekhar fue influido por el rigor y el estilo matemático de Dirac.

**Lev Landau:** Aunque no fue alumno directo de Dirac, su enfoque en la física teórica y sus contribuciones a la física cuántica fueron claramente inspirados por la obra de Dirac.



#### **Influencia en generaciones posteriores**

El impacto de Dirac continúa en las generaciones de físicos que se inspiraron en su obra y en su enfoque matemático preciso.

Dirac no solo transformó la física cuántica, sino que también influyó en matemáticos y físicos que buscaban unir la teoría cuántica con la relatividad.

Aunque su círculo de discípulos fue relativamente pequeño, su obra sigue siendo fundamental en la enseñanza y el desarrollo de la física moderna.

# FIN