

A black and white portrait of J. Robert Oppenheimer, looking directly at the camera with a serious expression. His hand is visible on the left side of the frame, resting near his face.

J. Robert Oppenheimer
*Entre el átomo, la bomba y
las estrellas*

Pablo D. Sisterna

Ben Oppenheimer, abuelo de Robert

*Fue un **hombre de negocios fracasado**, nacido en una choza, realmente, en una villa alemana casi medieval, con un **gusto por la erudición**... estaba claro que uno de los grandes placeres para él en la vida era **leer**, pero difícilmente haya ido a la escuela. Sabía que yo estaba interesado en la **arquitectura**, de modo que me dio... una enciclopedia de arquitectura que aún conservo... También me dio una **colección de minerales**... una caja con quizá dos docenas de ejemplares.*

Entrevista de RO con **Thomas S. Kuhn**, 18 de noviembre de 1963, Archivo Niels Bohr, Copenhague.

Visita de RO a su abuelo (granjero y comerciante de granos) en Alemania cuando tenía siete años.

Julius Oppenheimer

- Nació en 1871 en **Hanau**, entonces perteneciente al Reino de Prusia.
- En 1888, emigró a Nueva York sin recursos, donde se convirtió en un **próspero importador textil**.
- Era un gran lector con un gran gusto por las artes; con el tiempo adquiriría pinturas de **Van Gogh** (tres), **Renoir**, **Vuillard**, etc. (en esa época baratas).

Ella Friedman

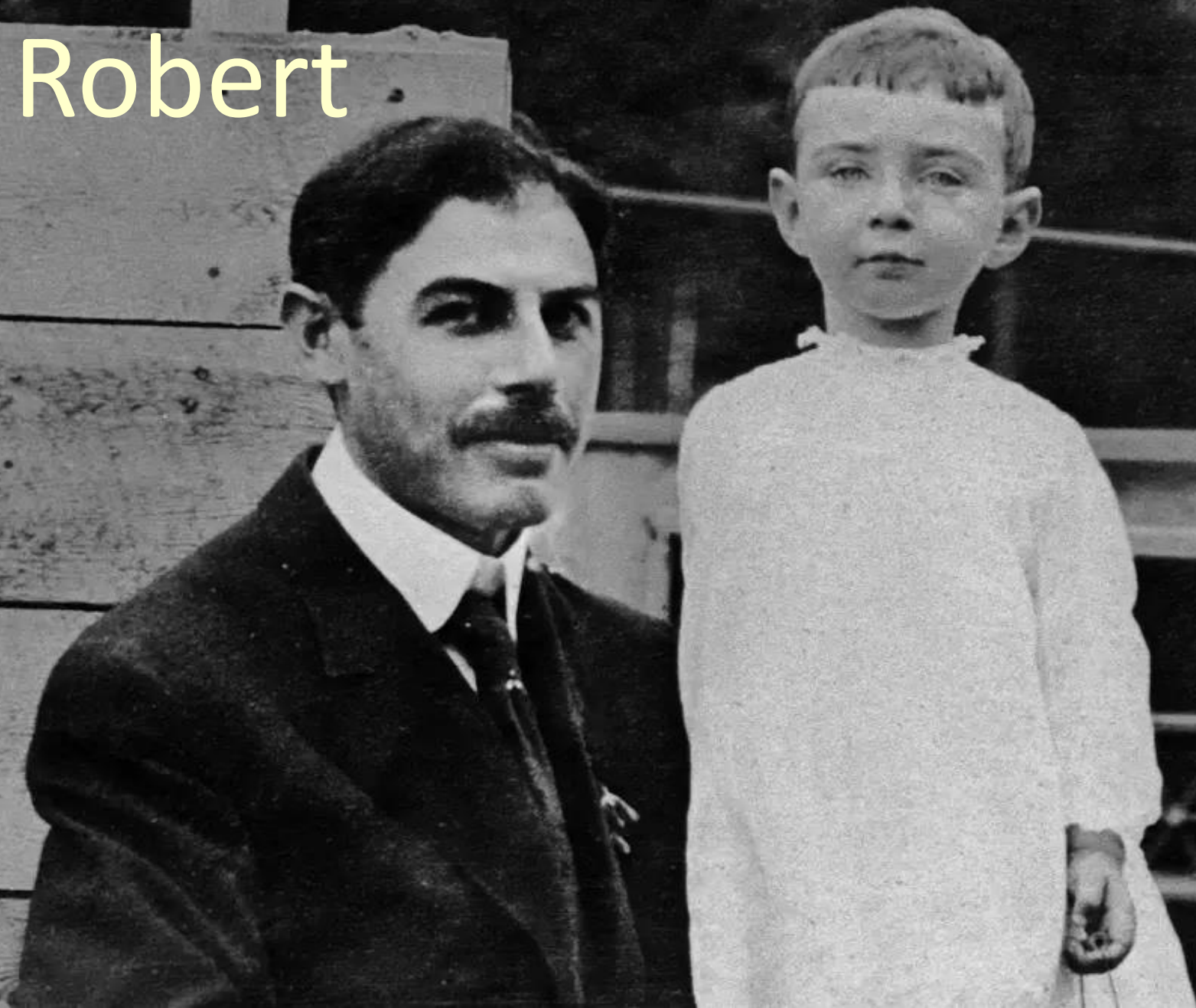
- Talentosa **artista plástica**, cuya familia había vivido por generaciones en la región de **Baltimore-Filadelfia**.
- Nació sin brazo derecho.

Casamiento en 1903. Ambos de **familia judía** pero alejados de la ortodoxia.

Nacimiento de su primer hijo **Robert**: 22 de abril de 1904.

Nacimiento de su segundo hijo **Frank**: 1912.

Julius y Robert



Remembranzas

- *Creo que mi padre era uno de los hombres más tolerantes y humanos. Su idea de qué hacer por las personas era **permitirles descubrir lo que querían**.*
- *Creo que mi madre estaba **especialmente insatisfecha con el limitado interés** que tenía por el juego y la gente de mi edad, y no sé en qué años, pero sé que ella siguió intentando que yo fuera más como los demás chicos, pero con escaso éxito.*

Robert Oppenheimer, *Letters and Recollections*, en donde se cita a Frank Oppenheimer, (A. K. Smith and C. Weiner, eds., Harvard University Press, Cambridge 1980; reimpresso por Stanford University Press, 1995).

Ella Friedman Oppenheimer

Nueva York, 1869 - 1931



Escuela primaria y secundaria

Ethical Culture School, en Central Park West, cerca de la calle 63, desde 1911 a 1921.

*Es característico que **no recuerdo a ninguno** de mis compañeros...*

En **H. Bethe**, *Biographical Memoirs of Fellows of the Royal Society*, F. R. S., **14**, 391, 1968.

*Cuando tenía 10 o 12 años, los minerales, **escribir poemas y construir bloques** fueron las tres actividades que realicé... Yo era un miembro del **Club Mineralógico** desde muy temprana edad (a los 11 años, de lejos el miembro más joven).*

Entrevista de Kuhn, 1963.

La importancia de un buen maestro

*Creo que el cambio más importante se produjo en mi tercer año en la escuela secundaria... **Mi profesor de física y química fue maravilloso**; me emocioné tanto que después de primer año, que era física, arreglé pasar el verano trabajando con él, preparando el equipo para el año siguiente, y luego tomaría química y haría ambas cosas. Debíamos haber pasado juntos cinco días a la semana; de vez en cuando incluso **íbamos de viaje a buscar minerales** como recompensa por ello. Luego me interesé en **electrolitos y conducción**; no sabía nada al respecto, pero hice algunos experimentos [aunque] no recuerdo cuáles eran.*

La química y el corazón de las cosas

*Amaba tanto la química, que ahora respondo automáticamente cuando la gente quiere saber cómo interesar a la gente por la ciencia, diciéndoles: “**Enséñales química elemental.**” En comparación con la física, comienza justo en el corazón de las cosas y **muy pronto tienes esa conexión** entre lo que ves y una visión realmente muy amplia de ideas, que podrían existir en física, pero que es mucho menos probable que sean accesibles. Sé que tenía un **gran sentimiento de deuda** con él.*

Entrevista de T. Kuhn de 1963.

Desafiando al peligro

Egresó de la secundaria con todas A's, y su padre le regaló un balandro de 28 pies, que Robert bautizó **Trimethy**, por “dióxido de trimetileno” (líquido incoloro con olor similar al **arenque en escabeche**).

El barco estaba amarrado en **Bay Shore, Long Island**, donde la familia tenía una casa de verano (además de otro yate de 40 pies).

*Desarrolló un gusto por el peligro. No era un temerario indiferente; de alguna manera necesitaba desafiar alguna **sospechosa debilidad dentro de sí mismo**.*

En **P. Goodchild**, *Robert Oppenheimer: Shatterer of Worlds* (Ariel Books, London, 1980; reimpresso por BBC Books, 1980).



Una cabalgata con augurios nucleares

Oppenheimer fue admitido en la **Universidad de Harvard**, pero antes realizó otras actividades.

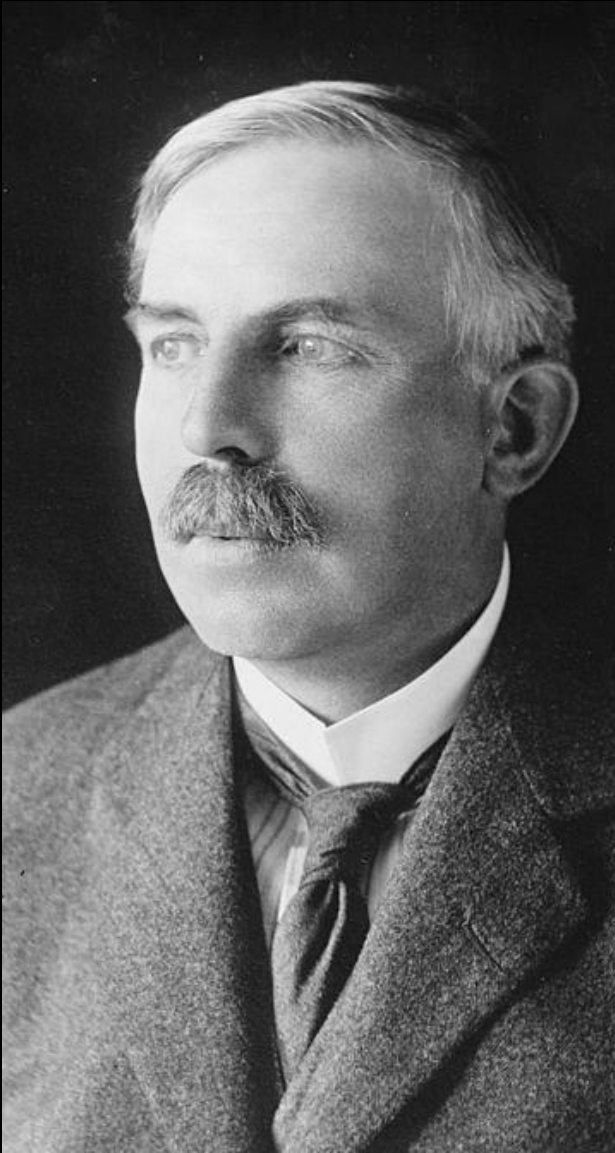
En el **Valle de Pecos de Nuevo México**, en las montañas **Sangre de Cristo** al noreste de **Santa Fe**, se convirtió en un experto jinete.

Su primera cabalgata a través del Río Grande y hasta la **Los Alamos Ranch School**, en la **Meseta de Pajarito**, determinaría el sitio del laboratorio que, 20 años después, pasaría a la historia, junto con el jinete.

Meseta de Pajarito



No Sí

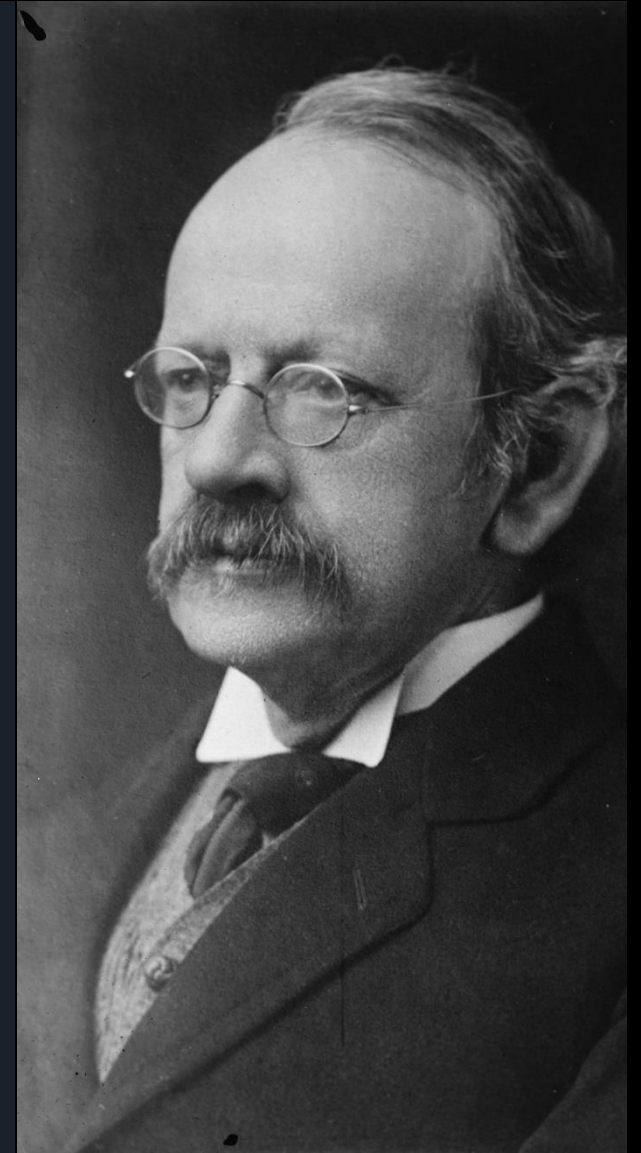


Ernest (Lord) Rutherford

Brightwater, Nueva Zelanda, 1871 -
Cambridge, Reino Unido, 1937)
(descubridor del núcleo atómico)

Joseph John “J.J.” Thomson

Cheetham Hill, Reino Unido, 1856 –
Cambridge, Reino Unido, 1940
(descubridor del electrón)



Europa y la naciente Mecánica Cuántica

En septiembre de 1922 R.O. entró a Harvard, y completó sus estudios de Licenciatura (en química) **en tres años**, a los 21 años.

A pesar de su creciente interés por la **teoría**, aún no estaba lo suficientemente dispuesto a abandonar sus intereses en el **experimento**. Al elegir el lugar para realizar estudios de posgrado, recuerda:

*No sé por qué elegí Cambridge (ingresó en 1925 al **Christ College**), pero quería ir al laboratorio de **Rutherford**...*

*Pero Rutherford no me aceptaría (fue al laboratorio de **Joseph John Thomson**). Mis credenciales eran peculiares y **nada impresionantes**...*

*No aprendí sobre mecánica cuántica hasta que llegué a Europa... Recuerdo que **no me gustó**. ... creo que me interesaba qué diablos estaban haciendo los electrones... No me gustó la **imprecisión de la relación entre las ondas y los eventos**.*

Entrevista con Kuhn de 1963.

Un pionero de 22 años

Para julio de 1926, R.O. ya había escrito dos artículos sobre Mecánica Cuántica, el primero sobre el problema dinámico cuántico de la **molécula diatómica**, y el segundo de ellos pionero en el estudio de las **transiciones al continuo** de átomos de hidrógeno:

1. *On the Quantum Theory of Vibration-Rotation Bands*, Mathematical Proceedings of the Cambridge Philosophical Society, **23**, No. 3, 1926, 327.
2. *On the Quantum Theory of the Problem of the Two Bodies*, *Ibid.* No. 4, 1926, 422.

Esto hizo que **Max Born** lo invitara a **Göttingen**, donde estuvo desde septiembre de 1926 hasta mediados de 1927, y publicó **cinco artículos**.

1927

Nº 20

ANNALEN DER PHYSIK

VIERTE FOLGE. BAND 84

1. *Zur Quantentheorie der Molekeln;*
von M. Born und R. Oppenheimer

Lo bueno, si
breve...

Quantum Theory and Intensity Distribution in Continuous Spectra.

THE undulatory mechanics makes it possible to give a quantum theory of aperiodic phenomena, and, in particular, to compute the intensity distribution for continuous spectra. The theory has recently been applied to the hyperbolic orbits of the hydrogen atom (*Proc. Camb. Phil. Soc.*, Oct. 1926). The results are too complicated to be given here in detail; but they yield an estimate of the intensity distribution in the continuous X-ray absorption spectra. This is, I believe, the first experimental verification of this part of the theory.

According to the theory, absorption sets in discontinuously at the series limit with a finite value, which, for a given n_k electron, is proportional to the wavelength of the limit. For very short waves the absorption coefficient is of the form $f(n, k)Z^{2k+2}\lambda^{2+k}$, where Z is the effective nuclear charge and λ the wavelength of the radiation, and where $k = \frac{1}{2}, \frac{3}{2}, \dots$. The values of $f(n, k)$ give atomic absorption coefficients $Z^{\alpha}\lambda^{\beta}$, where α ranges from 3 to 4.5, and where β , for the shortest waves, is 2.5, and for the customary range varies between 2.5 and 3. This is in agreement with the empirical formulæ.

J. R. OPPENHEIMER.

Institut für Theoretische Physik,
Göttingen, October 30.

Otro menos conocido *modicum annus mirabilis*

Uno de esos cinco artículos, escrito con Born, trataba sobre la teoría cuántica de moléculas, y contiene la famosa **aproximación de Born-Oppenheimer**, donde la función de onda de los electrones se puede separar de la del núcleo, que sigue siendo muy utilizada y se basa en una expansión en términos de la raíz cuarta de $m_e/m_{\text{núcleo}}$.

M. Born & R. Oppenheimer, *Zur Quantentheorie der Molekeln*, Annalen der Physik, **389**, 457, 1927.

- Método para **normalizar funciones** propias en el espectro continuo: *Quantum Theory and Intensity Distribution in Continuous Spectra*, Nature **118**, 771 (1926); *Quantentheorie des kontinuierlichen Absorptionsspektrums*, Naturwissenschaften **14**, 1282 (1926); *Zur Quantentheorie kontinuierlicher Spektren*, Zeitschrift für Physik, **41**, 268.
- Cálculo de varias **probabilidades de transición**.
- **Efecto fotoeléctrico para hidrógeno** y para rayos X → la opacidad del hidrógeno en el Sol, calculada con la ayuda de su teoría, es fundamental para entender los **interiores estelares**.

A black and white portrait of Max Born, a middle-aged man with short, dark hair, wearing a suit and tie. He is looking slightly to the left of the camera with a serious expression.

Max Born: Breslau (Alemania), 1882 – Gotinga, 1970

Decididos pasos al pizarrón

R.O. recibió el doctorado en la primavera de 1927 “con distinción”, luego de... ¡**dos años**!

*Era un hombre de gran talento y era **consciente de su superioridad**, en una forma que era vergonzosa y causaba problemas. En mi seminario ordinario sobre mecánica cuántica, solía interrumpir al orador, **fuera quien fuese**, sin excluirme, y dar un paso hacia el pizarrón, tomando la tiza y declarando: “Esto se puede hacer mucho mejor de la siguiente manera...”. Sentí que a los demás miembros no les gustaban estas **perpetuas interrupciones** y correcciones.*

M. Born, *My Life*, p. 229, Taylor & Francis, London 1978.

Back to the U.S.A.

A mediados de julio de 1927 regresa a EEUU, donde obtiene una **National Research Council Fellowship**.

Pasa unos meses en **Harvard** y publica tres artículos:

- 1) *On the quantum theory of the polarization of impact radiation*, Proc. Nat. Acad. Sci. **13**, 800, 1927 (**polarización** de la luz excitada por el impacto de electrones).
- 2) *Three Notes on the Quantum Theory of Aperiodic Effects*, Phys. Rev. **31**, 66, 1928 (continuación de su trabajo sobre **espectros continuos**).
- 3) *On the Quantum Theory of the Capture of Electrons*, Phys. Rev. **31**, 349, 1928.

Se muda al **California Institute of Technology** (“Caltech”) en Pasadena, donde desarrolla su teoría de la **emisión de campo**, el primer ejemplo de un efecto cuántico debido a la **penetración de una barrera** (previa por varios meses a la explicación del **decaimiento radioactivo α**); ver Opp., *Proc. Nat. Ac. Sci.*, **14**, 261, 363, 1928; *Phys. Rev.* **31**, 914; *On the quantum theory of electronic impacts*, **32**, 361, 1928.

... and then back to Europe

Laboratorio de **Heike Kamerlingh Onnes** (físico holandés, premio Nobel de física 1913) en Leiden, Países Bajos, julio de 1927.

Oppenheimer está en la fila del medio, segundo desde la izquierda.

En el otoño de 1928, Oppenheimer visitó el instituto de **Paul Ehrenfest** en la Universidad de Leiden, donde dio conferencias en holandés a pesar de tener **poca experiencia con el idioma**.





Paul Ehrenfest: Viena, Imperio austrohúngaro, 1880 – Amsterdam, 1933

1928: Leiden y Ehrenfest

[Escribo] sobre un físico (aunque uno bueno), concretamente Oppenheimer. El **pobre diablo** está con nosotros en Leiden... bajo la presión de mi carácter de maestro de escuela. Siempre **tiene ideas muy ingeniosas**... Pero entonces comienza la gran miseria de que no puedo captar cualquier cosa que no pueda ser “visualizada”. Y, aunque luego con imperturbable calma y amabilidad intenta satisfacer mis deseos, el resultado es que **lo molesto más que ayudarlo**. No piensa en quejarse...



Raro y decente

*Estoy realmente convencido de que, para el pleno desarrollo de su (gran) **talento científico**, Oppenheimer todavía necesita “RECHTZEITIG a bisserl (!) LIEBEVOLL zurechtgeprügelt werden sollte” [un pequeño golpe oportuno y cariñoso (mayúsculas de Ehrenfest)]. Él merece totalmente **esta amabilidad** ya que es un tipo bastante raro y decente... Por eso me gustaría mucho que pudiera acudir a usted después de Leiden. Esta idea le atrae mucho (a R.O.).*

Carta de **P. Ehrenfest** a **W. Pauli**, noviembre 26, 1928, en Wolfgang Pauli, *Scientific Correspondence*, Vol. 1, p. 477, (Springer, New York 1979).

Zurich, junio y julio de 1929: momentos fundacionales de la QED

W. Heisenberg & W. Pauli, *Zur quantentheorie der wellenfelder* (On the quantum dynamics of wave fields), *Zeitschr. f. Phys.* **56**, 1, 1929; Parte ii, íbid. **59**, 168, 1930.

*Creo que Oppenheimer se siente bastante cómodo en Zürich, que puede trabajar bien aquí, y que científicamente todavía será posible sacar **muchas cosas buenas** de él. Su punto fuerte es que tiene muchas y buenas ideas, y tiene **mucha imaginación**. Su debilidad es que se contenta demasiado rápido con afirmaciones **pobremente establecidas**, que no responde a sus propias preguntas, a menudo bastante interesantes, por **falta de perseverancia y rigor**, y que deja sus problemas en una etapa a medio digerir de conjetura, creencia o incredulidad.*



Wolfgang Ernst Pauli: Viena, 1900, Zürich, 1958. Premio Nobel de Física (1945)

Demasiada creencia en la autoridad



*Definitivamente creo, sin embargo, que todo esto puede mejorar mucho mediante la **persuasión enérgica**, es de buena voluntad y no testarudo. Desgraciadamente, tiene una característica muy mala: me confronta con una creencia bastante incondicional en la autoridad y **considera todo lo que digo como una verdad final y definitiva**. Conozco los orígenes de esta necesidad de autoridad de los demás. Ellos deben resolver sus problemas y responder a sus preguntas, de modo que no tenga que hacerlo él mismo. **No sé cómo hacer que abandone eso.***

Carta de **W. Pauli** a **P. Ehrenfest**, 15 de febrero de 1929, en Wolfgang Pauli, *Scientific Correspondence*, op.cit.

Entre las estrellas...

*Mi período más largo de estrecha interacción personal con Oppenheimer se produjo en la primavera de 1929, cuando él y yo estábamos en Zürich, en el Instituto Pauli. Oppenheimer trabajó muy duro esa primavera, pero tenía el don de ocultar su asidua aplicación con un aire de **fácil indiferencia**. En realidad, estaba involucrado en un cálculo muy difícil de la **opacidad de las superficies de las estrellas** en relación con su radiación interna, una constante importante en la construcción teórica de modelos estelares.*



Isidor Isaac Rabi

Rymanów, Polonia, 1898 - Manhattan Nueva York, 1988.

Premio Nobel de Física en 1944.

... y el psicoanálisis



*Habló poco de estos problemas y parecía estar mucho más interesado en la literatura, especialmente los **clásicos hindúes** y los escritores occidentales **más esotéricos**. Pauli una vez me comentó que Oppenheimer parecía tratar la física como un pasatiempo y el **psicoanálisis** como vocación. Como compartía muchos de sus intereses, encontré en él un compañero encantador y fascinante. Incluso en ese momento su presencia transmitía una sensación de **excitación y elevación de conciencia**.*

I. Rabi, en *Oppenheimer*, p. 4 (Scribner's, New York, 1969).