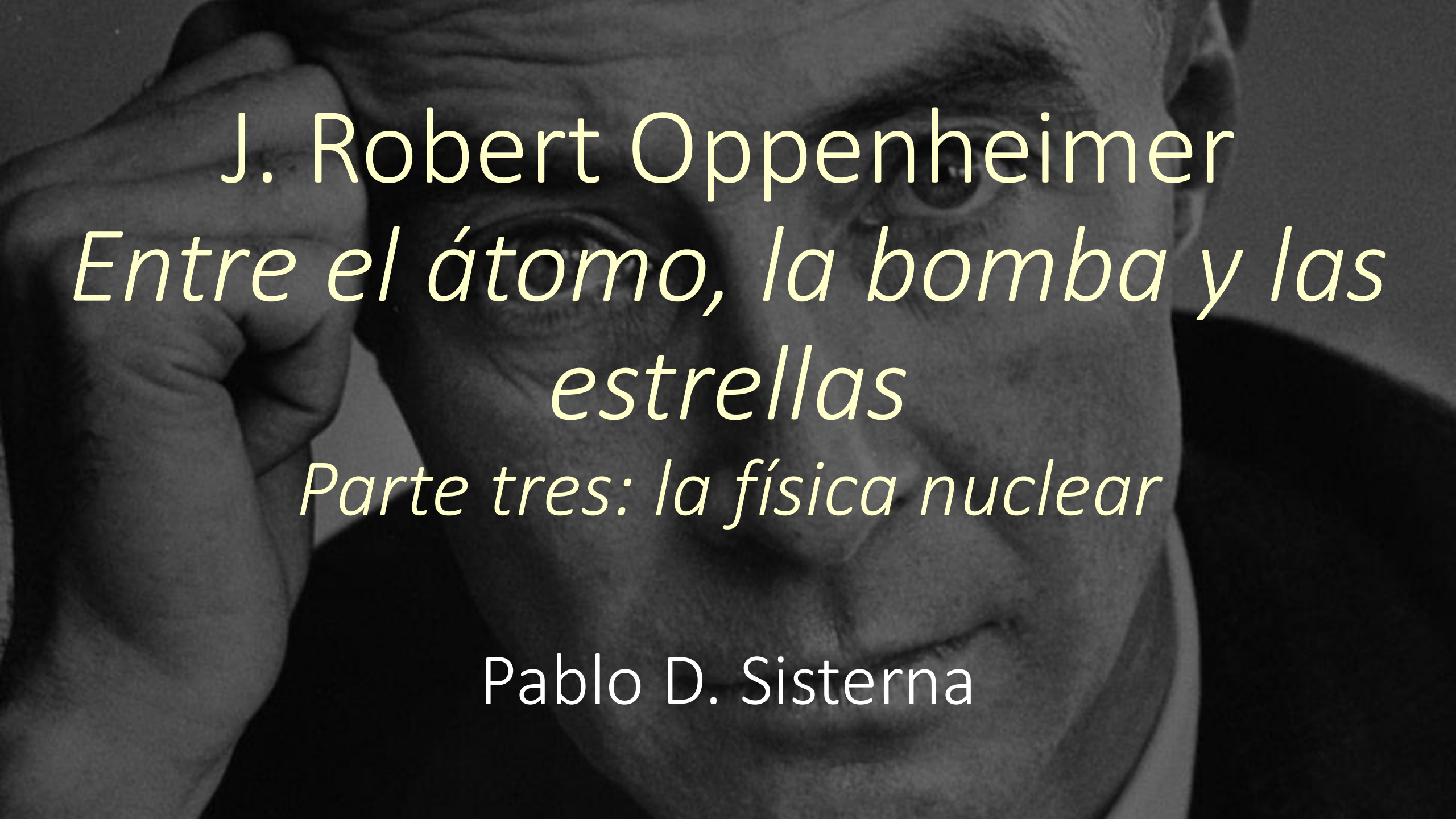




J. Robert Oppenheimer
*Entre el átomo, la bomba y las
estrellas*

Parte tres: la física nuclear

Pablo D. Sisterna

Oppenheimer y la Física Nuclear

En 1933 Oppenheimer hizo su primer aporte a la física nuclear, cuando calculó la dependencia energética de la reacción nuclear producida por el **bombardeo de litio con protones**.

- En R.O., *The Disintegration of the Deuteron by Impact*, *Phys. Rev.* **47**, 845, 1935, establece las bases para su análisis de lo que luego se llamará el **proceso Oppenheimer-Phillips**, en el que un **deuterón**, al entrar en un núcleo pesado, **se divide en un protón más un neutrón**; en general el neutrón es retenido por el núcleo, mientras que el protón es reemitido.
- Ya se sabía entonces que la **energía de ligadura del deuterón** es de ~ 2 MeV; **Chadwick & Goldhaber** habían observado que puede ser desintegrado por los rayos gamma del Th C'' (o ^{220}Rn).

Explorando la gota nuclear

- Ver R.O. & **Melba Phillips***, *Note on the Transmutation Function for Deuterons*, *Phys. Rev.* **48**, 500, 1935 (después de la guerra, este proceso Oppenheimer-Phillips se convertiría en una herramienta importante para el estudio de los **niveles de energía nucleares** y sus propiedades).
- R.O. & **Robert Serber**, *The density of nuclear levels*, *Phys. Rev.* **50**, 391, 1936: basado en el **modelo de gota líquida de Bohr**.



Melba Newell Phillips

(1907, Near Hazleton, Condado de Gibson, Indiana –
2004, Petersburg, Indiana)

*Uno de los primeros estudiantes de R.O. en doctorarse en la Universidad de California en Berkeley, en una época (1933) en que **casi no había mujeres en la ciencia**. También fue **pionera en educación de la ciencia**.

Resonancias nucleares

- G. & L. Nordheim, R.O. & R. Serber, *The Disintegration of High Energy Protons*, *Phys. Rev.* **51**, 1037, 1937: se señala, usando la teoría de Fermi para el decaimiento β , que en las colisiones los protones pueden **transferir una fracción considerable de su energía** a positrones + neutrinos. Proponen que, para protones suficientemente energéticos, podría ocurrir un proceso análogo a la **fotodesintegración**, donde un protón se descompone en un neutrón y un positrón por el campo eléctrico del núcleo.
- F. Kalckar, R.O. & R. Serber, *Note on **Nuclear Photoeffect** at High Energies*, *Phys. Rev.* **52**, 273, 1937.
- F. Kalckar, R.O. & R. Serber, *Note on **Resonances in Transmutations** of Light Nuclei*, *Phys. Rev.* **52**, 279, 1937 (e.g. $B^{11} + H^1 \rightarrow (C_{\Lambda}^{12}) \rightarrow (Be_{\Lambda}^8) + He^4 \rightarrow 3He^4$).
- R.O. & R. Serber, *Note on Boron Plus Proton Reactions*, *Phys. Rev.* **53**, 636, 1938: donde se muestra el primer ejemplo de una **regla de selección de espín isotópico**.

Misceláneas personales en los años '30

- Su madre murió en 1931, y aunque no tenían muchos temas de conversación en común, R.O.: “soy **la persona más sola** en el mundo”.
- En 1937 falleció su padre, quien lo visitaba a menudo a California. Era muy popular entre los amigos de R.O.: “tuvimos una relación cercana e íntima hasta su muerte”. **Legó su herencia** para becas de estudiantes graduados de la Universidad de California.
- Todos los veranos pasaba algunas semanas en su rancho en Nuevo México con su hermano Frank, con quien estaba muy unido, y juntos recibían amigos en el rancho.

Recuerdos de viejos intereses

Mis amigos, tanto en Pasadena como en Berkeley, eran en su mayoría profesores, científicos, classicistas y artistas. Estudié y **leí sánscrito** con Arthur Rider. Leía mucho, principalmente clásicos, novelas, **obras de teatro** y poesía; y leí algo de otras partes de la ciencia. No estaba interesado y no leía sobre economía o política. Estaba casi completamente divorciado de la escena contemporánea de este país. Nunca leí un periódico o una revista de actualidad como **Time** o **Harper's**; **no tenía radio, ni teléfono**; me enteré de la caída del mercado de valores en el otoño de 1929 **sólo mucho después** del acontecimiento; la primera vez que voté fue en las elecciones presidenciales de 1936. Para muchos de mis amigos, mi indiferencia hacia los asuntos temporales parecía extraña y a menudo me reprendían por ser demasiado intelectual. **Me interesaba el hombre y su experiencia**; estaba profundamente interesado en mi ciencia; pero **no entendía las relaciones del hombre con su sociedad**.

En *In the Matter of J. Robert Oppenheimer*, U.S. Government printing office, Washington, D.C. 1954 (reimpreso por MIT Press, 1971).

Interesándose por el mundo

A partir de finales de 1936, mis intereses empezaron a cambiar. Estos cambios no alteraron mis amistades anteriores, mis relaciones con mis alumnos o mi devoción a la física; pero agregaron algo nuevo. Puedo discernir en retrospectiva más de una de las razones de estos cambios. Había sentido una **furia continua y latente** por el tratamiento de los judíos en Alemania. Tenía parientes allí y más tarde ayudaría a sacarlos y traerlos a este país. Vi lo que **la Depresión estaba haciendo con mis alumnos**. A menudo no podían conseguir trabajo, o (conseguían) trabajos que eran totalmente inadecuados. Y a través de ellos comencé a comprender **cuán profundamente** los acontecimientos políticos y económicos podían **afectar la vida de los hombres**. Empecé a sentir la necesidad de **participar más plenamente** en la vida de la comunidad. Pero **no tenía un marco de convicción política** o experiencia que me den perspectiva en estos asuntos.

Íbid.

El amor, el compañerismo...

Parte de la segunda mitad de la década de 1930 R.O. salió con **Jean Tatlock**, doctoranda de psiquiatría en Stanford, miembro del Partido Comunista e hija de un Profesor de literatura medieval con ideas de derecha. Estuvieron a punto de casarse dos veces, pero ella sufría de ataques de depresión. Terminó suicidándose en 1944.

*No debería dar la impresión de que fue enteramente gracias a Jean Tatlock que **hice amigos de izquierda** o sentí simpatía por causas que hasta entonces me habrían parecido tan remotas, como la **causa Lealista** (Republicana) en España, y la organización de trabajadores migratorios. He mencionado algunas de las otras causas que contribuyeron. Me gustó la **nueva sensación de compañerismo** y en ese momento sentí que estaba llegando a ser parte de la vida de mi tiempo y de mi país...*



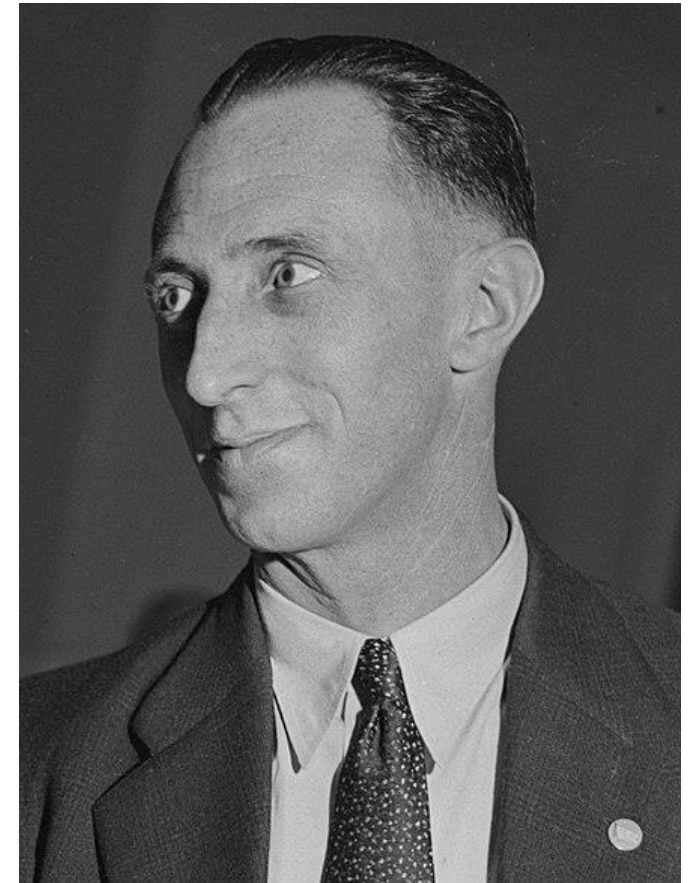
Jean Frances Tatlock

1914, Ann Arbor (EEUU) –

1944, San Francisco

... y la solidaridad

*Esta fue la era de lo que los comunistas llamaban entonces el **Frente Único**, al que se unieron con muchos grupos no comunistas en apoyo de la ayuda a **objetivos humanitarios**. Muchos de estos objetivos despertaron mi interés. Contribuí al fondo de huelga de una de las principales huelgas del **sindicato** (de estibadores) **de** (Harry) **Bridges**; Me suscribí al **People's World**; Contribuí a los diversos comités y organizaciones que estaban destinados a ayudar a la causa Lealista Española. Me invitaron a ayudar a establecer el **sindicato de docentes**, que incluía profesores y asistentes de enseñanza de la universidad, y maestros de escuela de **East Bay**. Fui elegido secretario de actas.*



Alfred Renton Bryant “Harry” Bridges

1901, Kensington, Victoria, Australia –
1990, San Francisco, EEUU

La guerra toca la puerta

*Mi conexión con el **sindicato de docentes** continuó hasta algún momento de 1941, cuando disolvimos nuestros capítulos...*

*El fin de la guerra y la derrota de los Lealistas **me causaron gran pena**...*

*Fui a una gran fiesta de ayuda española la noche anterior a **Pearl Harbor**; y al día siguiente, cuando escuchamos la noticia del estallido de la guerra, decidí que ya había tenido bastante de la causa española y que había **otras y más apremiantes crisis en el mundo**...*

*Nunca fui miembro del Partido Comunista. Nunca acepté el dogma o teoría comunista; de hecho, **nunca tuvo sentido para mí**.*

Íbid.

Kitty

En 1940 R.O. se convirtió en el cuarto marido de la bióloga y botánica **Katherine ("Kitty") Puening** (1910-1972), con quien tendría dos hijos, **Peter** ("Pronto", 1941-) y **Katherine ("Tony")** (1944-1977). La esposa de Frank no nos dejó una buena imagen de ella:

*Kitty era una **manipuladora**. Si Kitty quería algo, siempre lo conseguiría. Recuerdo una vez en la que se le metió en la cabeza hacer un doctorado, y el modo en que se acurrucó **a este pobre Decano de ciencias biológicas** fue vergonzoso. Ella nunca hizo el doctorado. Fue sólo **otro de sus caprichos**. Ella era una falsa. Todas sus convicciones políticas **eran falsas**, todas sus ideas eran prestadas. Honestamente, ella es una de las pocas personas **realmente malvadas** que he conocido en mi vida.*

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

Foto del documentode identificación de Kitty en Los Álamos.



6 de enero de 1939: se descubre la fisión nuclear... en Alemania

Otto Hahn (1879-1968) & **Fritz Strassmann** (1902-1980), *Naturw.* **27**, 11, 1939 (ver también trad. ingl. por H. Graetner, *Am. J. Phys.* **32**, 9, 1964): anunciaron que, entre los subproductos de las colisiones entre neutrones y uranio, habían identificado tres isótopos de bario, que tienen una carga nuclear aproximadamente de ¡**la mitad que el uranio**! Hasta ese momento las reacciones nucleares nunca habían producido cambios en la carga nuclear **mayores a dos unidades**.

Fue la primera observación de **fisión nuclear**.

La primera explicación, y el nombre **fisión**, proviene de **Lise Meitner** (Viena, 1878 – Cambridge, Reino Unido, 1968) y **Otto Frisch** (Viena, 1904 – Cambridge, Reino Unido, 1979).

Lise & Otto

Otto Hahn y Lise Meitner en 1913, en el laboratorio químico del **Instituto de Química Kaiser Wilhelm**.

Cuando un colega al que no reconoció dijo que se habían conocido antes, Meitner respondió: “Probablemente **me confunda** con el profesor Hahn”.



La primera profesora de física

Colaboró con Otto Hahn durante más de treinta años, con quien descubrió el **protactinio** (**Pa**; **Z=91**) en 1918.

Fue **wissenschaftliches Mitglied** (miembro científico) en el **Instituto Kaiser Wilhelm de Química** desde 1913, y entre 1926 y 1933 fue profesora de Física Nuclear Experimental en la **Universidad de Berlín**, la primera profesora de Física en Alemania.

De religión judía, en 1938 tuvo que abandonar Alemania, forzada por las **Leyes de Núremberg** del Gobierno nazi, y se unió al grupo de investigación atómica del premio Nobel de física sueco **Manne Siegbahn** en la Universidad de Estocolmo, donde estaba su sobrino, Otto Frisch.

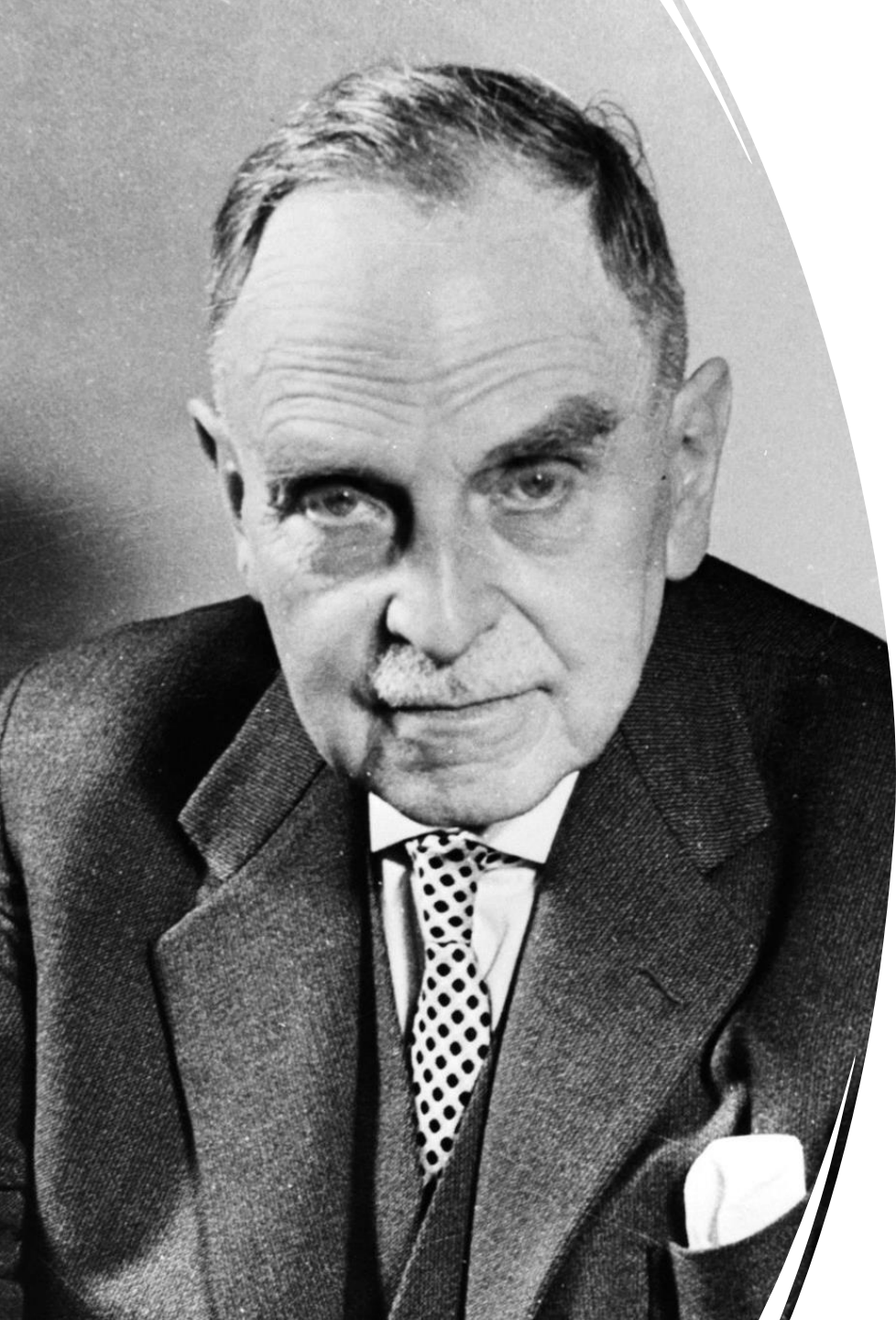
Elise Meitner: 1878, **Viena** (Imperio austrohúngaro) – 1968, **Cambridge** (Reino Unido)



Una mujer para la paz

- En 1939 Hahn publicó su trabajo **sin incluirla a Meitner**, manifestando que el régimen nazi no le habría dejado incluir **una autora judía**.
- Aunque Lise sugirió la posibilidad de la reacción en cadena, estaba **en contra** de que se usaran sus descubrimientos para la bomba atómica.
- El comité Nobel otorgó **sólo a Otto Hahn** el premio Nobel de Química de 1944, excluyendo a Meitner **por no aparecer como coautora**.
- En 1966 le fue concedido el **Premio Enrico Fermi** en Estados Unidos.
- En su honor se nombró **meitnerio** al elemento químico número 109.





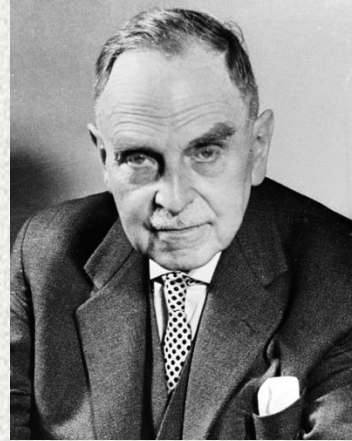
Otto Hahn y la fisión

El 24 de abril de 1939, **Paul Harteck** y su ayudante **Wilhelm Groth**, alertaron al **Ministerio de Guerra del Reich**, de la posibilidad del desarrollo de una bomba atómica.

La Subdivisión de Armamento del Ejército (HWA) creó una sección de física a cargo del físico nuclear **Kurt Diebner**, que pasó a controlar el programa alemán de armas nucleares durante la guerra, del cual participaba **Hahn**.

Después de que el director del **Instituto de Física Kaiser Wilhelm**, **Peter Debye**, se marchara a Estados Unidos en 1940, Diebner fue nombrado su director.

Raza, género y átomos

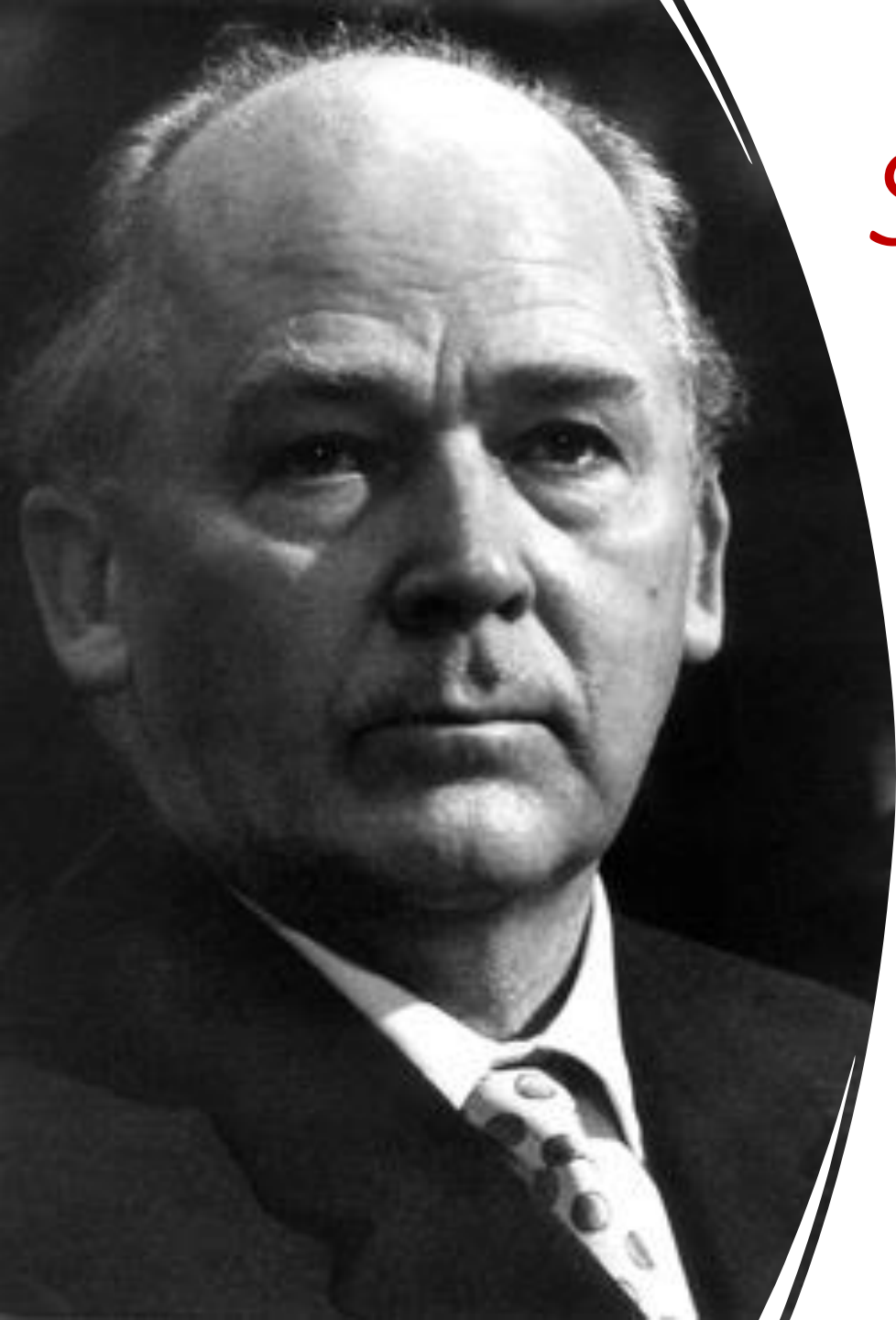


- Hahn informaba a la HWA de los progresos de sus investigaciones.
- Junto con sus ayudantes, **Hans-Joachim Born, Siegfried Flügge, Hans Götte, Walter Seelmann-Eggebert y Strassmann**, catalogó un centenar de isótopos de productos de fisión.
- También investigaron métodos de **separación de isótopos**, la química del **neptunio** (**Np**; **Z=93**) y los métodos de purificación de óxidos y sales de uranio.
- El químico **Philipp Hoernes**, casado con una mujer judía, trabajaba para **Auergesellschaft**, empresa alemana que extraía el mineral de uranio, y fue despedido en 1944.
- Para evitar que Hoernes fuera enviado a hacer trabajos forzados, Hahn y **Nikolaus Riehl** (director científico de la Auergesellschaft) consiguieron que Hoernes trabajara en el **Instituto de Química Kaiser Wilhelm**, alegando que su trabajo **era esencial** para el proyecto del uranio y que éste era muy tóxico, por lo que resultaba difícil encontrar personas que trabajaran con él.

El trabajo os hará libres...

Como dato adicional, había **2000 trabajadoras** del campo de concentración de **Sachsenhausen** que extraían uranio en **Oranienburg** en condiciones de alta contaminación.





Strassmann y los nazis

- En 1933, Strassmann renunció a la **Sociedad de Químicos Alemanes** cuando ésta pasó a estar controlada por los nazis, y luego fue incluido en la lista negra del régimen nazi.
- Consecuentemente no pudo trabajar en la industria química **ni recibir la habilitación** para ser investigador independiente en Alemania.
- **Lise Meitner** le sugirió a Otto Hahn ofrecerle una ayudantía a Strassmann con la **mitad del salario**, por lo que se convirtió en asistente especial de Meitner y Hahn.
- Strassmann estaba agradecido, y dijo: *a pesar de mi afinidad por la química, valoro tanto mi libertad personal que para preservarla me ganaría la vida **rompiendo piedras**.*



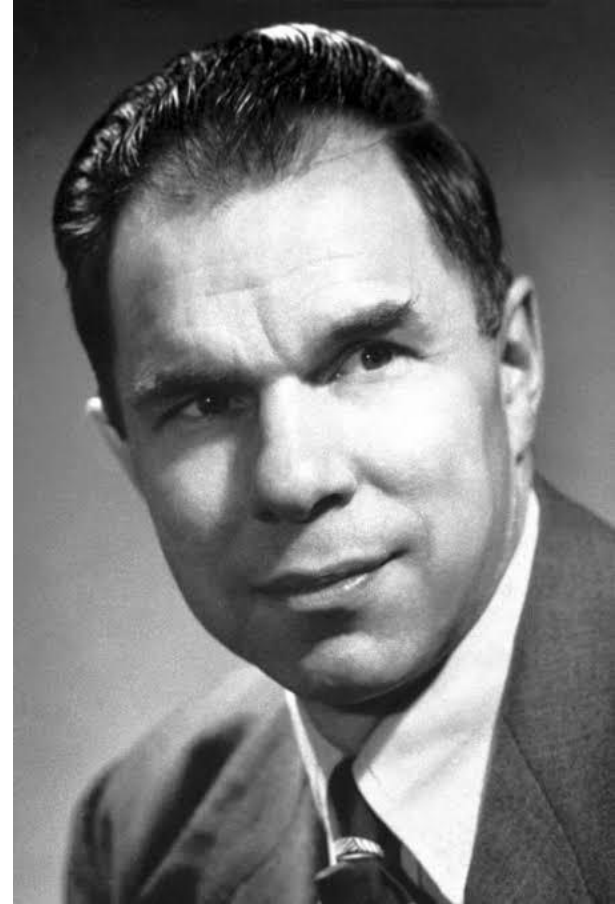
El asteroide *19136 Strassmann*

- Junto con su esposa María ocultaron a la música judía **Andrea Wolfenstein** en su apartamento durante meses.
- Strassmann continuó su investigación en radioquímica durante la Segunda Guerra Mundial, aunque no trabajó en el desarrollo de armas, y se dice que dijo: *Si mi trabajo condujera a que Hitler tuviera una bomba atómica, **me suicidaría**.*
- En 1966, el presidente de los Estados Unidos **Lyndon Johnson** honró a Hahn, Meitner y Strassmann con el **Premio Enrico Fermi**
- En 1985, la Asociación Internacional de Astronomía nombró un asteroide en su honor: ***19136 Strassmann***.
- En 1985, Fritz Strassmann fue reconocido por el **Instituto Yad Vashem** de Jerusalén como **Justo entre las Naciones**.

Lleno de ideas

[recuerdo] *un seminario [en Berkeley] en enero de 1939, cuando se discutió [la fisión] con entusiasmo. no recuerdo nunca ver a **Oppie** tan estimulado y tan lleno de ideas...* [Fue] su primer encuentro con los fenómenos que iban a jugar un papel tan importante en la configuración del **curso futuro de los acontecimientos en su vida**.

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



Glenn Theodore Seaborg

(Ishpeming, Michigan, 1912-Lafayette, California, 1999)

Químico atómico y nuclear - **Premio Nobel de Química** en 1951 por sus “descubrimientos en la química de los elementos transuránicos”.

Descubrió y aisló diez elementos químicos, y desarrolló el concepto de **elemento actínido** y fue el primero en proponer la **serie actínida**, conjunto de 15 elementos metálicos y radiactivos de la serie de los actínidos; se encuentran en el período 7 de la tabla periódica, con números atómicos entre el 89 (actinio) al 103 (lawrencio). Son de color blanco plateado y densos.

1941

- **E. Lawrence** comienza a trabajar en **Berkeley** para separar el **isótopo 235 del uranio**, y R.O. y un grupo de sus estudiantes trabajan directamente con él.
- Junio: se establece la **Oficina de Investigación y Desarrollo Científicos de los Estados Unidos (OSRD)**, para coordinar proyectos científico-militares.
- Diciembre: **Pearl Harbor**.

El **USS Arizona** poco después del ataque



1942: comienza la carrera nuclear con Alemania

- Enero: R.O. es nombrado responsable de la **investigación de neutrones rápidos en Berkeley**, parte de la **Sección S-I** sobre trabajos con uranio de la OSRD, y en mayo es nombrado director de la S-I.
- Comenzó a mantener **archivos de la correspondencia oficial**.
- Verano: organiza una sesión en Berkeley para explorar **aspectos teóricos de las explosiones nucleares**.
- El entonces el **coronel Groves** estaba a cargo de todas las construcciones del ejército, incluyendo las del Pentágono, pero en septiembre se le ordena dejar todo y dedicarse al **Proyecto Y**, nombre en clave de la iniciativa de la bomba atómica.
- En octubre, a poco de ser ascendido a Brigadier General, Groves se entrevista en Berkeley con R.O., quien le dice que en el campo nuclear “no hay expertos; el campo es **demasiado nuevo**”.

El mejor hombre para la tarea

Al cabo de unas semanas se hizo evidente que **no íbamos a encontrar un hombre mejor**; por lo que se pidió a Oppenheimer que asumiera la tarea.

Pero todavía había un inconveniente. Su experiencia incluía muchas cosas que **no eran de ningún modo de nuestro gusto**. La organización de seguridad, que aún no estaba bajo mi control total, no estaba dispuesta a exculparlo **debido a algunas de sus asociaciones**, particularmente en el pasado. Yo estaba completamente familiarizado con todo lo que se había informado sobre Oppenheimer. Como siempre en temas de seguridad de tal importancia, había leído **toda la evidencia original disponible**; no dependí de las conclusiones de los agentes de seguridad.



Leslie Richard Groves

(Albany, EEUU, 1896 - Washington D. C., 1970)

Oppenheimer no fue un error

*Finalmente, debido a que sentí que **su potencial valor superaba cualquier riesgo de seguridad**, y para remover el asunto de una discusión posterior, yo personalmente escribí y firmé las [instrucciones para habilitarlo]...*

***Nunca sentí que fuera un error** el haber seleccionado y habilitado a Oppenheimer para su puesto en tiempos de guerra. Cumplió su misión asignada y lo hizo bien.*

En **L. R. Groves**, *Now It Can Be Told* (Harper & Row, New York, 1962).



“R. Groves vs. M. Damon como Groves”