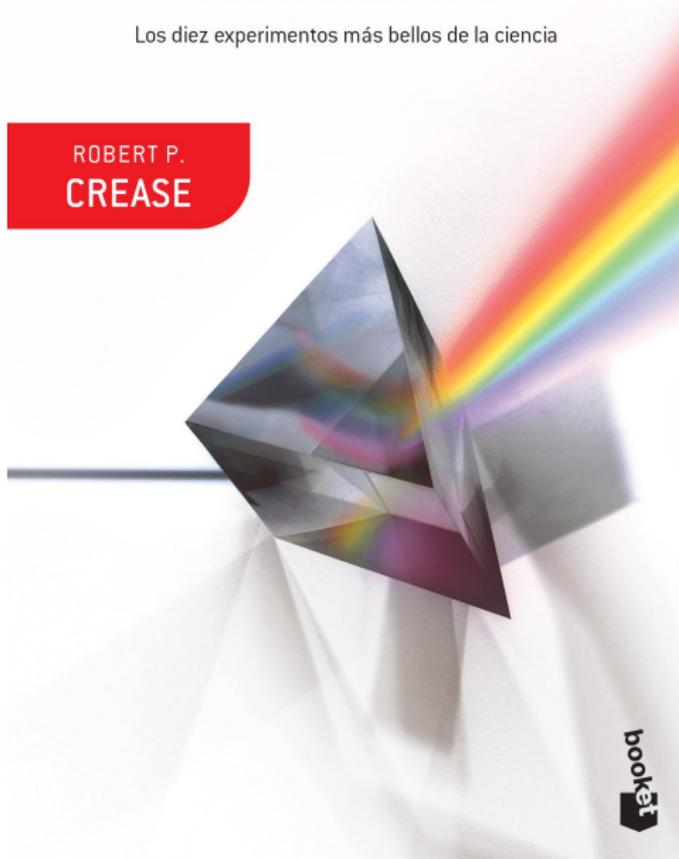


EL PRISMA Y EL PÉNDULO

Los diez experimentos más bellos de la ciencia

ROBERT P.
CREASE



bookar

- Filósofo e historiador de la ciencia.
- Departamento de Filosofía, Stony Brook University.
- Columnista de la revista *Physics World*.
- [Clic para ver charla TEDx](#)



Robert P. Crease (1953)

¿Qué hace que un experimento sea bello?

Un experimento es bello cuando:

- Nos revela algo tan **profundo** que transforma nuestra comprensión del mundo.
- Sus elementos están dispuestos de manera **eficaz**.
- Es **definitivo** y revela sus resultados sin necesidad de mayores generalizaciones o inferencias.

CULTURE, HISTORY AND SOCIETY | OPINION AND REVIEWS

The most beautiful experiment...

02 May 2002 Robert P Crease

What is the most beautiful experiment in physics? Robert P Crease invites your suggestions.

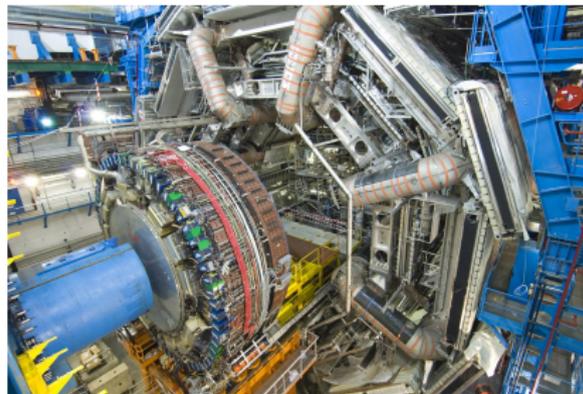
* What is the most beautiful experiment in physics, and what makes it beautiful? Send your answers to Robert P Crease at the address or e-mail given below, or by fax to +1 631 632 7522. You can also enter your response via the Brookhaven National Laboratory Web site at www.bnl.gov/bnlweb/physq/.

Orden de presentación

Propiedades básicas de la Tierra → Propiedades de los átomos

Herramientas simples y caseras → Instrumentación avanzada

Científicos trabajando solos → Equipos de cientos de personas



- 1 Tras la multitud de movimientos cambiantes del mundo y de la bóveda celeste se encuentra un **orden impersonal e inmutable**, una arquitectura cósmica que se puede describir y explicar con ayuda de la geometría.
- 2 Podemos realizar **mediciones corrientes** para comprender el ámbito y dimensiones de esta arquitectura cósmica.

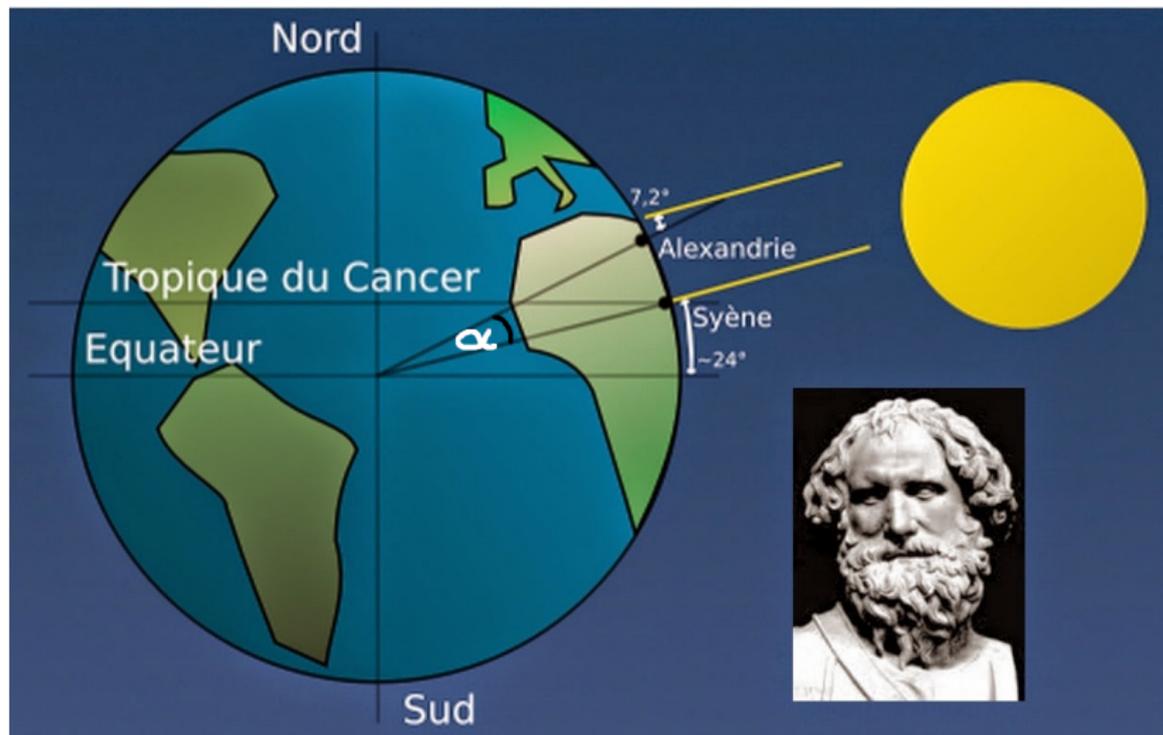


Eratóstenes (c. 276-c. 195 a.C.)

Exp. 1: La medida del mundo

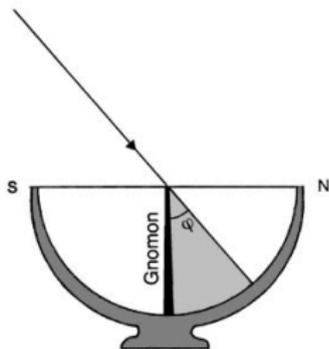
- La Tierra es una esfera pequeña ubicada muy lejos del Sol.
- A medida que el Sol asciende por el cielo, las sombras se hacen más cortas.
- Durante el solsticio de junio, el Sol se ubicaba justo encima en la ciudad de Siena.
- Las ciudades de Siena y Alejandría estaban a unos 5000 estadios de distancia.

Exp. 1: La medida del mundo



Exp. 1: La medida del mundo

- $\frac{7,2^\circ}{5000 \text{ estadios}} = \frac{360^\circ}{\text{circunferencia}_\oplus}$
- El experimento dio un valor para la circunferencia de la Tierra de 40200 km., muy cercano a los 40000 km. aceptados hoy en día.
- Permitted, for example, to determine the distance between two cities of known latitude.



Reloj de sol o *skaphe*.

“La *belleza* de este experimento radica en la forma en que hace posible la determinación de una dimensión de proporciones cósmicas a partir de la sola medición de la longitud de una pequeña sombra”.



Galileo Galilei (1564-1642)

“Galileo ascendió hasta lo más alto de la torre inclinada de Pisa y, en presencia de otros profesores y filósofos y de todos los estudiantes, y mediante repetidos experimentos, demostró que la velocidad de los cuerpos en movimiento con la misma composición pero peso distinto que se desplazan por el mismo medio no alcanza a la proporción de su peso, tal como Aristóteles había decretado, sino que se mueven con la misma velocidad”.

(Clic para ver una recreación del experimento)

“El gran logro de Galileo fue demostrar que la explicación del movimiento debida a Aristóteles estaba inextricablemente ligada a todo un marco científico que afectaba a mucho más que la caída de objetos, y que una explicación del movimiento que diera cuenta del comportamiento de caída de los cuerpos tenía que incluir el fenómeno de la **aceleración**, y esto requería la construcción de un **marco teórico nuevo**”.

Exp. 3: Galileo y el plano inclinado



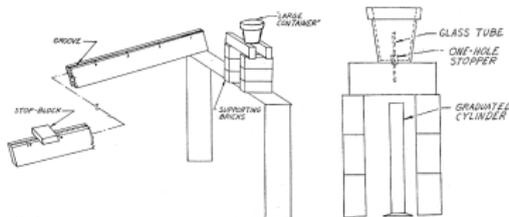
Plano del siglo XVIII conservado en el Museo de la Ciencia de Florencia.

Exp. 3: Galileo y el plano inclinado

La distancia recorrida desde su punto de partida por un cuerpo que se mueve con aceleración uniforme, es proporcional al cuadrado del intervalo de tiempo transcurrido desde el inicio del desplazamiento:

Intervalo de tiempo	Distancia recorrida
0 - 1	1
1 - 2	3
2 - 3	5
3 - 4	7

$$d = \frac{1}{2}at^2$$

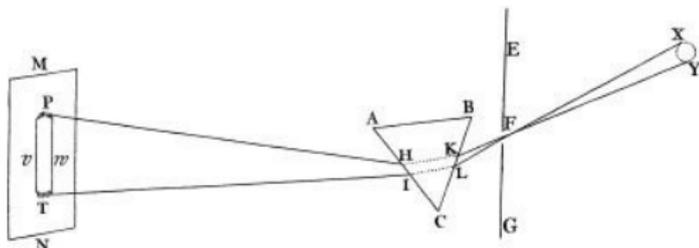
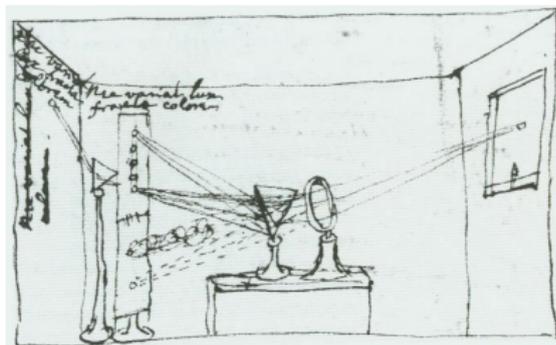
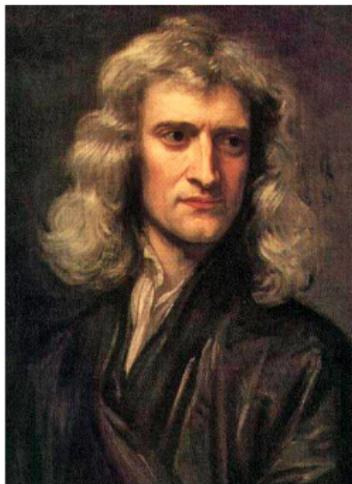


(Left) General layout of the experimental apparatus. (Right) The timing apparatus.

Recreación del experimento en 1961 ([clic para ver artículo](#)).

“Su *belleza* reside en el modo como permite que **emerja una pauta**, en la forma dramática en que un aparato relativamente simple permite que un **principio fundamental de la naturaleza** se manifieste en lo que a primera vista es una serie caótica y desordenada de eventos: unas bolas que ruedan por una rampa”.

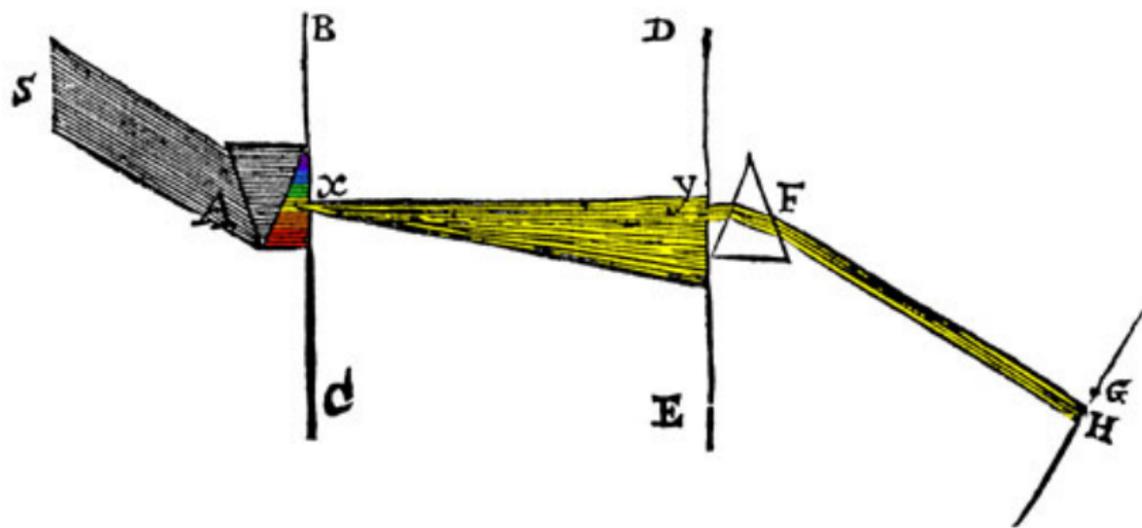
Exp. 4: *Experimentum crucis*



Isaac Newton (1643 - 1727)

“Es en mi juicio la más singular, sino la más considerable revelación hasta hoy realizada sobre el funcionamiento de la naturaleza”.

Exp. 4: *Experimentum crucis*



Exp. 4: *Experimentum crucis*

- Permitted understanding many disconcerting phenomena of light and provided techniques to separate light of different colors and to construct better telescopes.
- “This is the way to proceed to understand a phenomenon. One must experiment with tenacity and confidence, choose the demonstration most striking and simple that can be found, indicate in what way it can go wrong and point out what new connections it makes possible”.

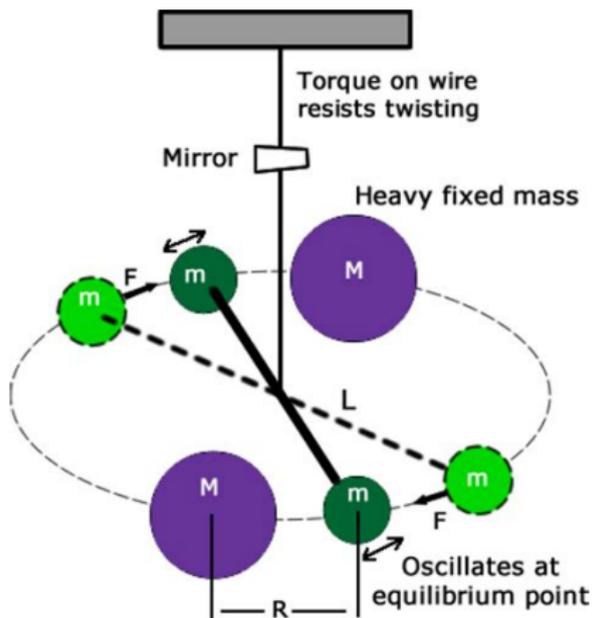


Exp. 5: El peso del mundo



H. Cavendish

Henry Cavendish (1731 - 1810)

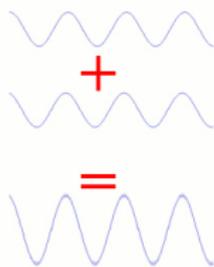
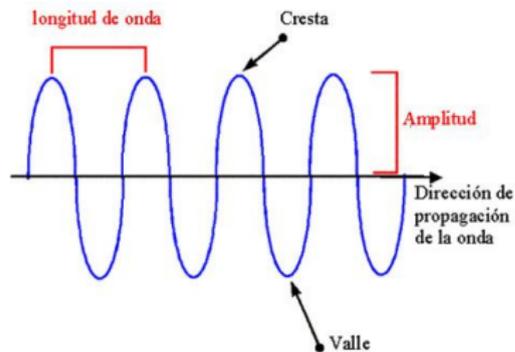


“La *belleza* que Cavendish creó era de un orden muy distinto. El instrumento que utilizó era desgarrado; el proceso, tedioso; las matemáticas, complejas. Aún así, gracias a su **rigor metodológico**, al modo en que fue acorralando las **fuentes de error** y reemplazando las piezas no esenciales hasta por fin tener a tiro su presa, el experimento Cavendish sigue destacando por su belleza metódica, austera y descarnada”.

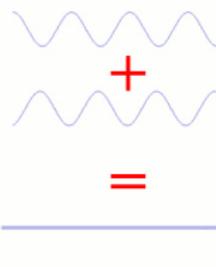
Exp. 6: La lúcida analogía de Young



Thomas Young (1773 - 1829)



Constructive Interference



Destructive Interference

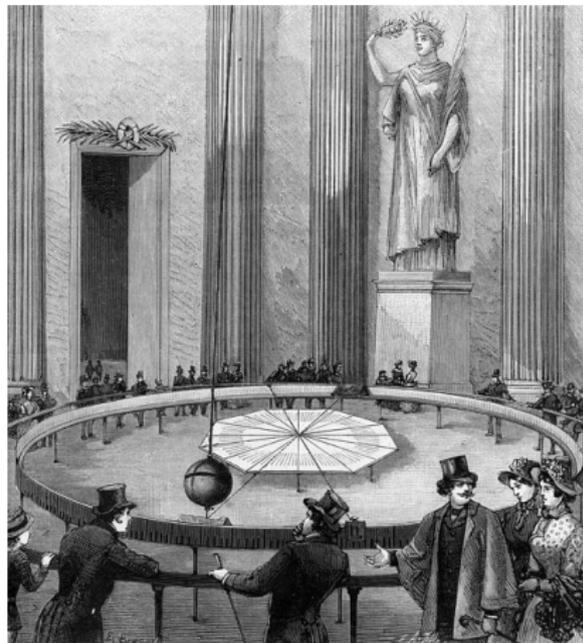
(Clic para ver video)

“El fenómeno de la interferencia no sólo estableció la teoría ondulatoria de la luz, sino que proporcionó, en la forma del **patrón de interferencia**, simple y fácil de reconocer, una herramienta muy útil para la investigación científica. Si mediante experimentación se logra que un fenómeno exhiba un patrón de interferencia, puede inferirse que ese fenómeno es de **naturaleza ondulatoria**”.

Exp. 7: Ver cómo gira la Tierra



Léon Foucault (1819 - 1868)



Péndulo de Foucault en el Panteón de París.

Exp. 7: Ver cómo gira la Tierra

- Clic para ver: animación 1, animación 2
- En una ubicación dada del planeta, el péndulo completará una vuelta en aproximadamente $T = \frac{23h56'}{\sin\phi}$, donde ϕ es la latitud de aquel lugar.

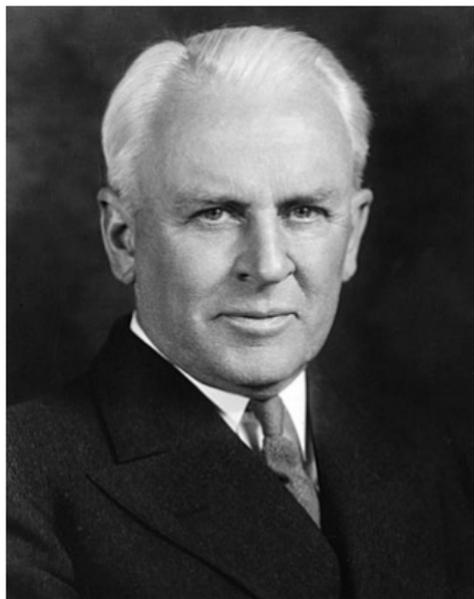


Centro de Estudios Científicos,
Valdivia.



Facultad de Ciencias Físicas y
Matemáticas, Universidad de Chile.

“El péndulo de Foucault posee una *belleza* que podríamos llamar **sublime**. Frente a la belleza que nos ofrece su visión clara y nos integra en la naturaleza haciendo que nos sintamos más a gusto en el mundo, lo sublime nos desconcierta porque nos enfrenta a un poder terrible. En lo sublime, nuestra existencia se nos aparece significativa, y la naturaleza incomprensible y sobrecogedora como un poder extraño a nosotros”.

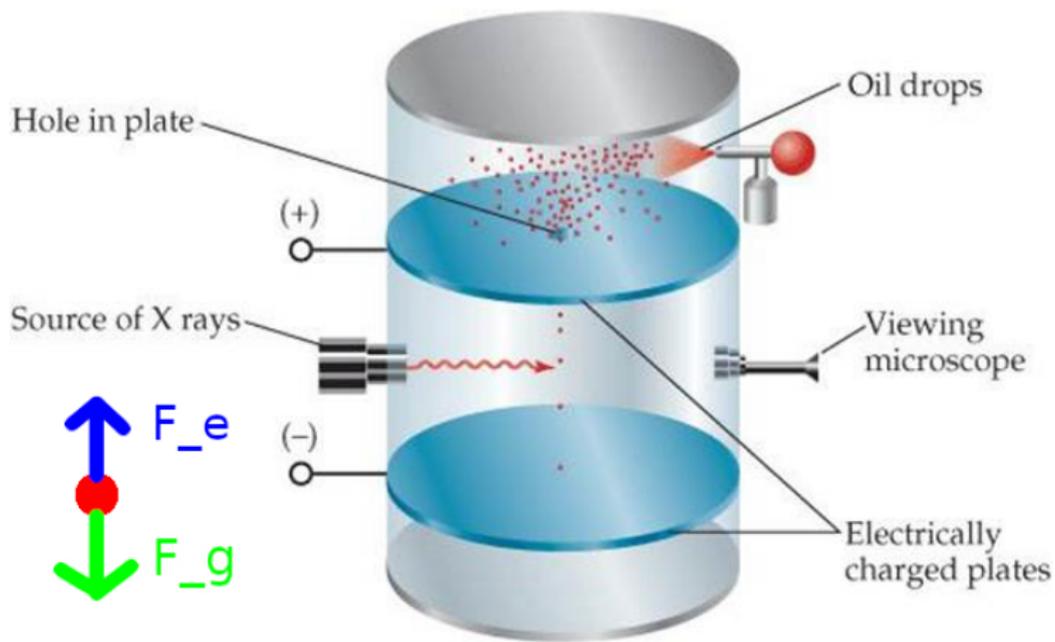


Robert Millikan (1868 - 1953)

- J. J. Thomson descubrió el electrón en 1897 y había logrado calcular la relación entre su carga y su masa.
- Millikan ganó el premio Nobel en 1923 por determinar su carga.

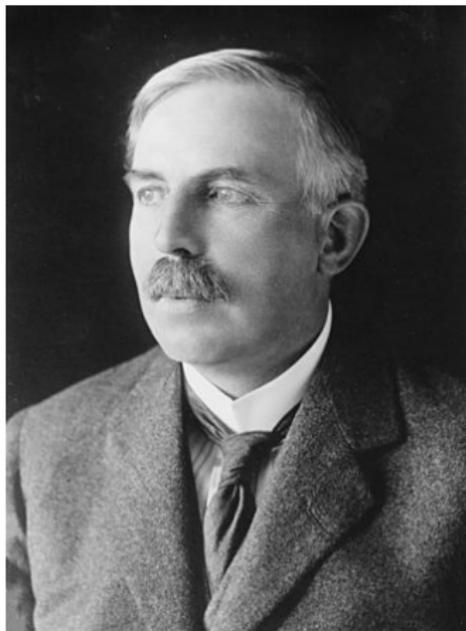


Exp. 8: Ver el electrón



Esquema del experimento de las gotas de aceite de Millikan.

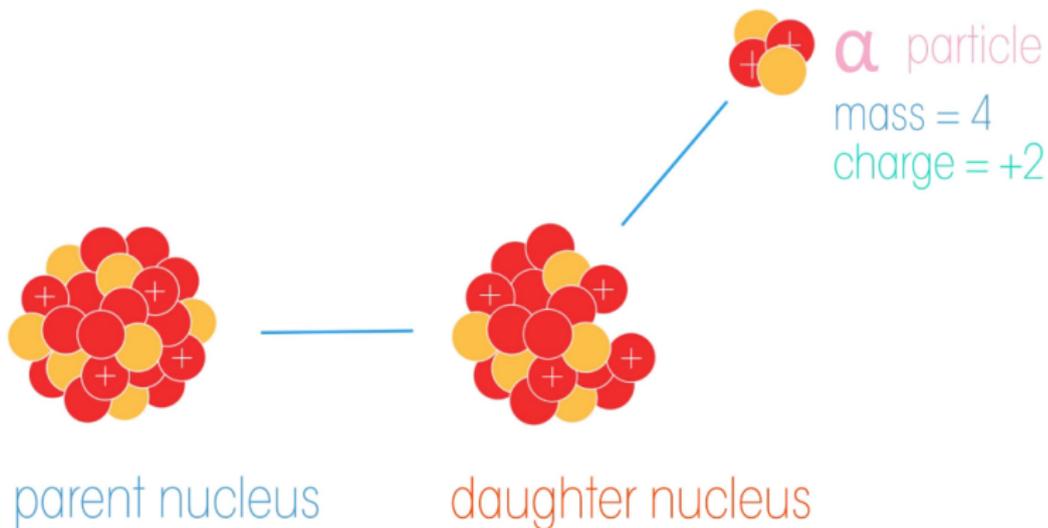
“En su interior había un mundo particular con el que el científico estadounidense llegó a familiarizarse íntimamente. Conocía sus leyes y perturbaciones. Reconocía los comportamientos y situaciones típicos de este mundo y, por tanto, también los atípicos, cuando entendía que no sabía todo lo que pasaba. Por esta razón, puede decirse que podía *ver* cosas en ese mundo”.



Ernest Rutherford (1871 - 1937)

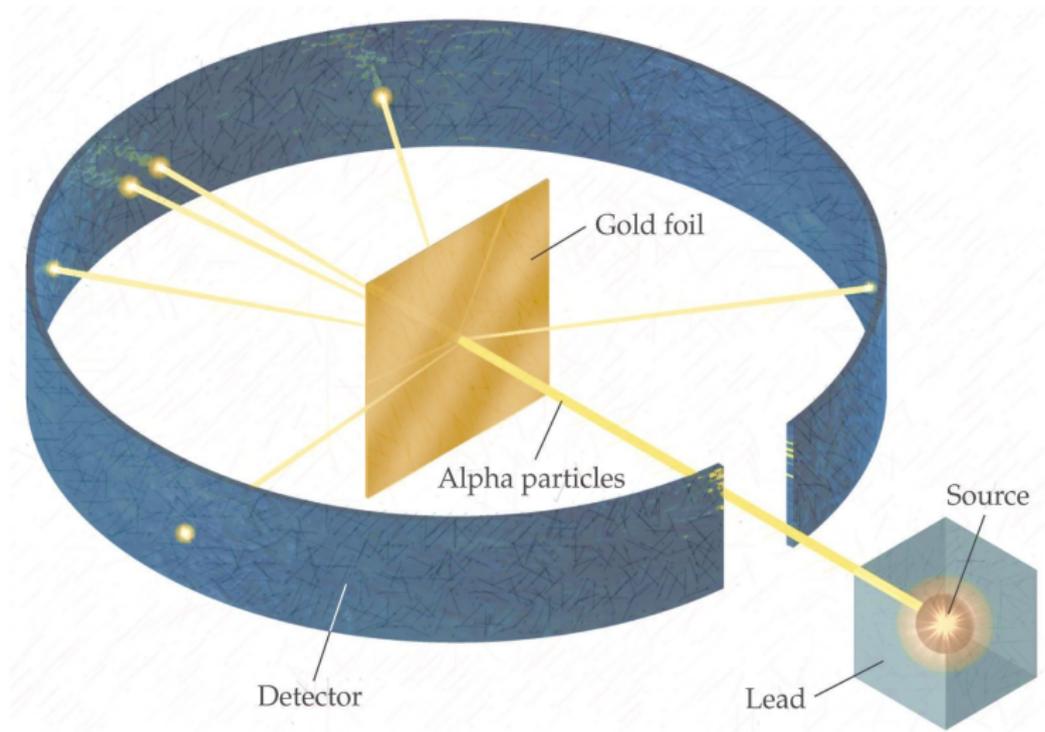
- En 1896, Henri Becquerel descubrió la radiación del uranio.
- Unos pocos años después, Rutherford descubrió que el uranio emite dos tipos de radiación: los rayos α y los rayos β .

ALPHA (α) DECAY



(Clic para ver explicación completa)

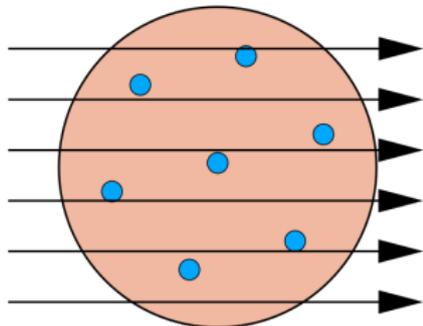
Exp. 9: El amanecer de la belleza



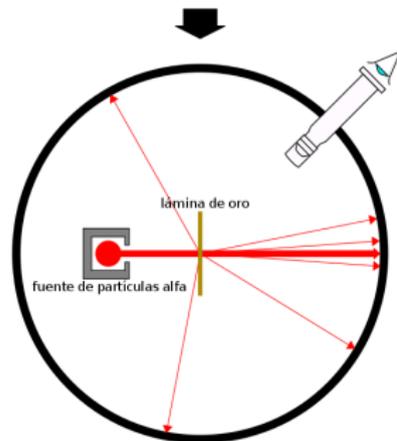
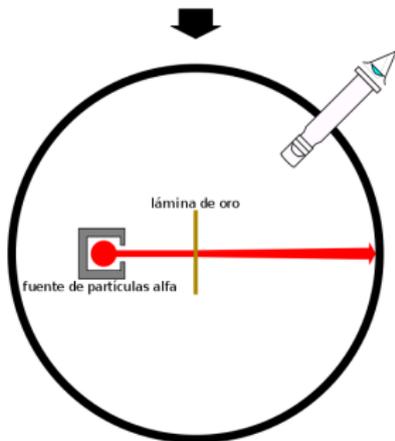
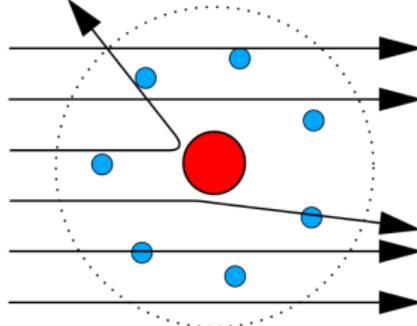
Experimento de Geiger, Mardsen y Rutherford.

Exp. 9: El amanecer de la belleza

MODELO THOMSON



MODELO RUTHERFORD



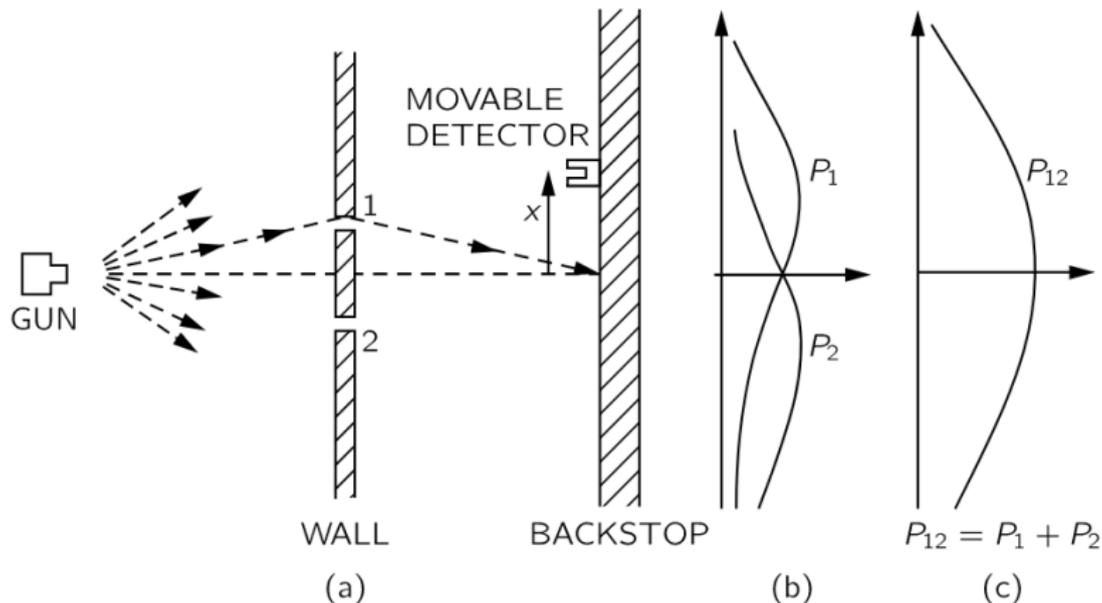
RESULTADO OBSERVADO

- “Es por su **sencillez, profundidad** y por lo **definitivo** de sus resultados por lo que los experimentos de Rutherford se cuentan entre los más bellos de la ciencia”.
- “Los átomos se consideraban las piezas básicas de la materia, pero Rutherford presentaba una descripción de sus partes y estructura”.

“Decidimos examinar un fenómeno que es imposible, absolutamente imposible de explicar por medios clásicos y que contiene en sí el alma de la mecánica cuántica. Contiene, en realidad, el único misterio”.

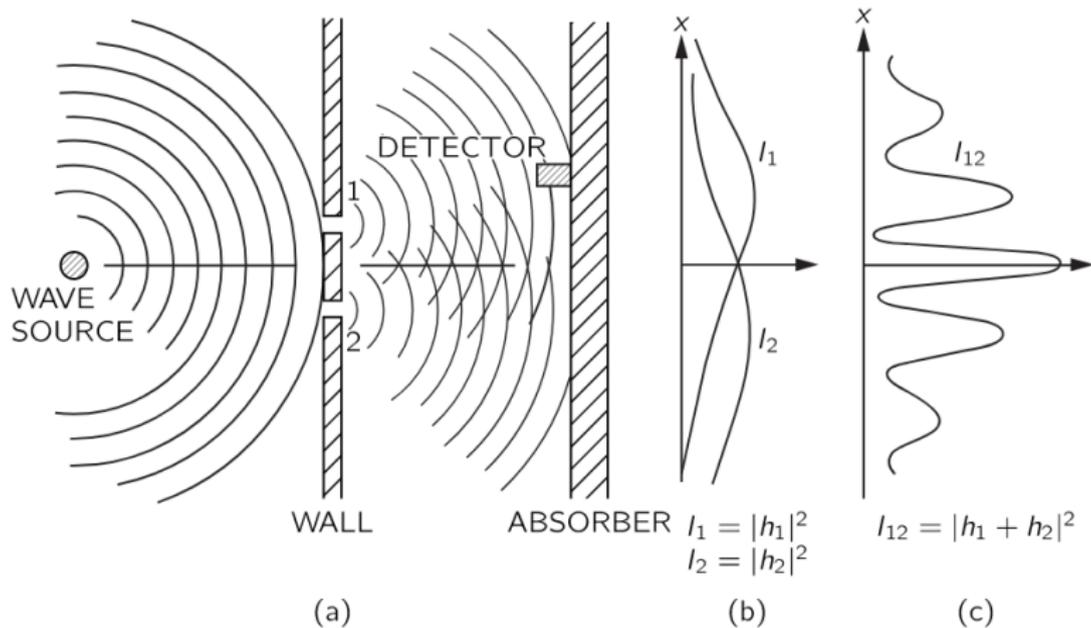
- Richard Feynman

Exp. 10: El único misterio



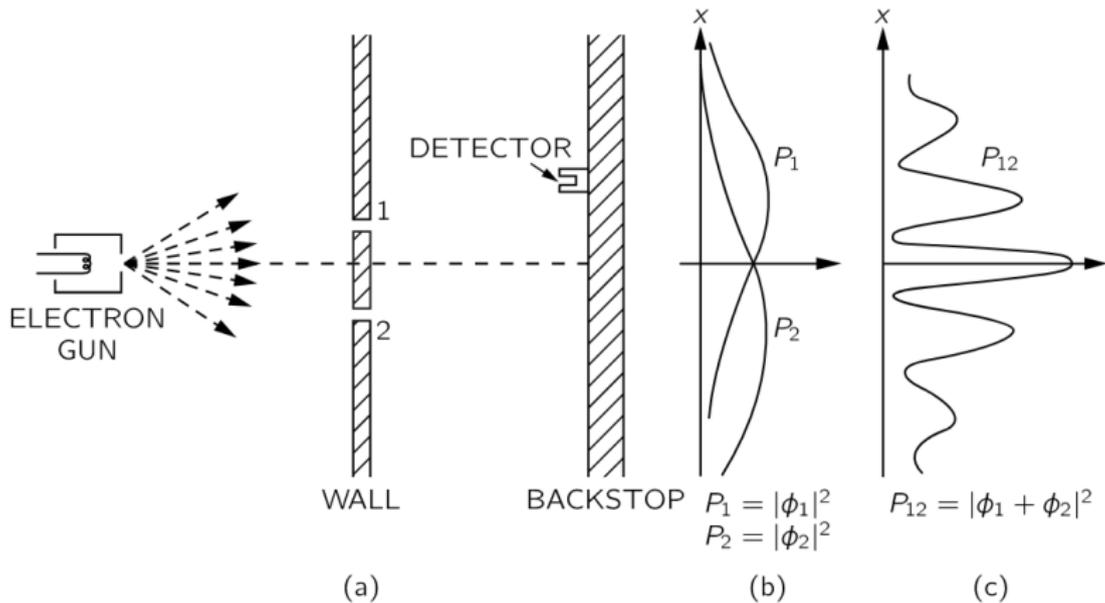
Experimento de la doble rendija con balas.

Exp. 10: El único misterio



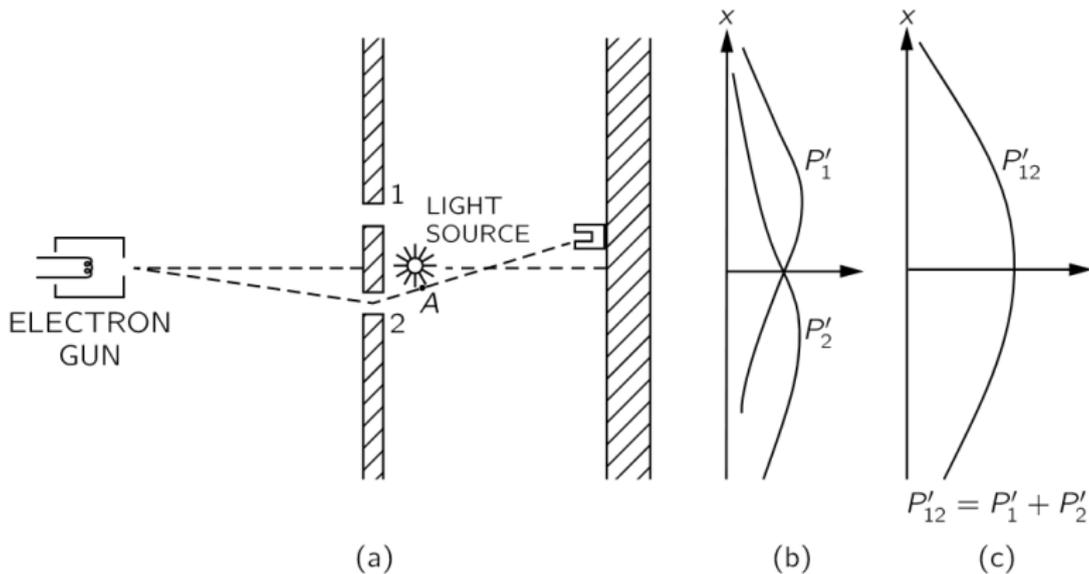
Experimento de la doble rendija con agua.

Exp. 10: El único misterio



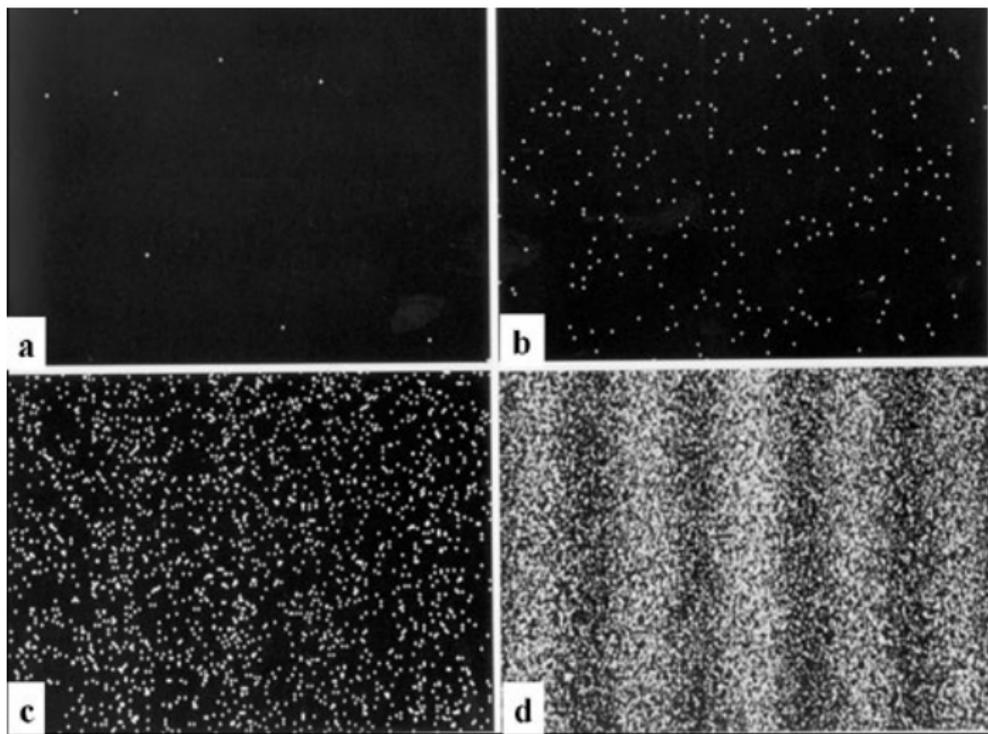
Experimento de la doble rendija con electrones.

Exp. 10: El único misterio



Experimento de la doble rendija con electrones y un detector.

Exp. 10: El único misterio

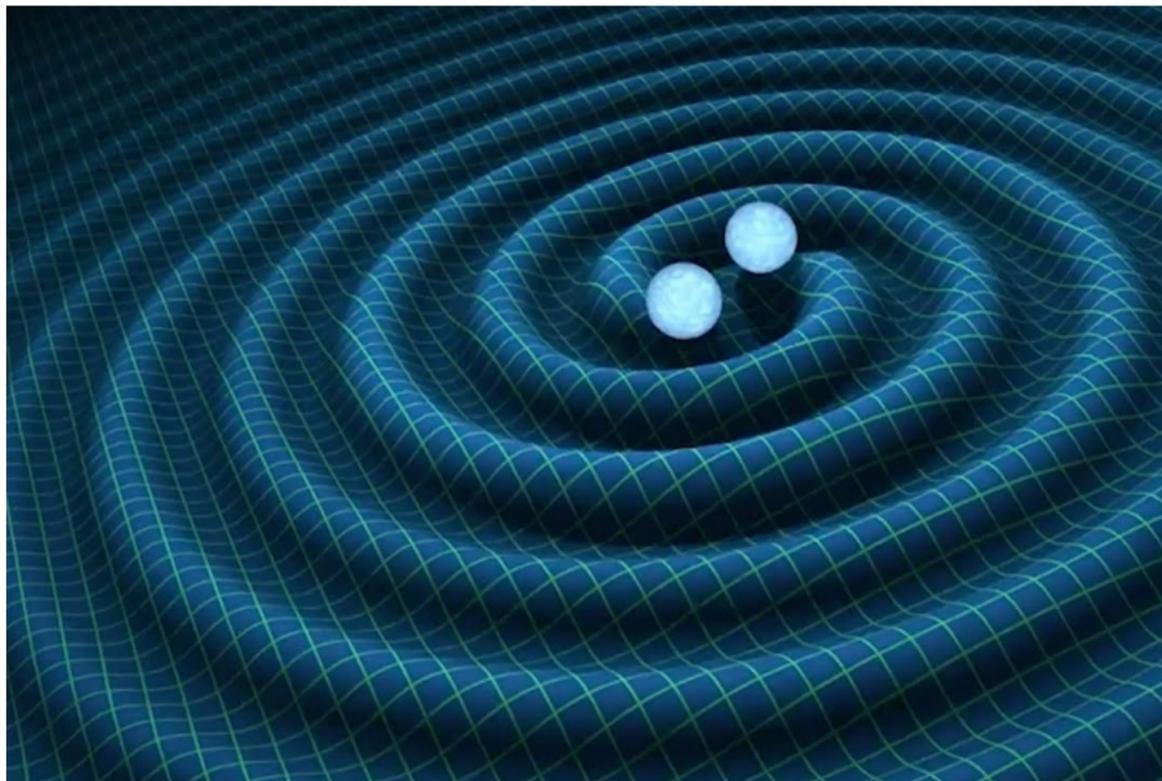


Patrón de interferencia obtenido por el equipo de Hitachi en 1989 (clic para ver video).

El experimento de interferencia cuántica de electrones individuales es:

- **fundamental**, en el sentido de que exhibe el comportamiento extraño y contrario a la intuición que presenta la materia a los niveles más bajos.
- **económico**, porque a pesar de sus revolucionarias implicaciones, los equipos utilizados están en la actualidad al alcance de nuestra tecnología y los conceptos básicos son fácilmente comprensibles.
- **convinciente**, capaz de persuadir de las verdades de la mecánica cuántica a los más recalcitrantes escépticos.

Bonus: detección de ondas gravitacionales con LIGO



(Clic para ver video)

“Los científicos no estudian la naturaleza porque sea útil; la estudian porque les place, y les place porque es bella. Si la naturaleza no fuese bella, no valdría la pena conocerla, no valdría la pena vivir la vida”.

- Henri Poincaré

- 1 La medida del mundo
- 2 La leyenda de la torre inclinada
- 3 Galileo y el plano inclinado
- 4 *Experimentum crucis*
- 5 El peso del mundo
- 6 La lúcida analogía de Young
- 7 Ver cómo gira la Tierra
- 8 Ver el electrón
- 9 El amanecer de la belleza
- 10 El único misterio

Para dudas, sugerencias o reclamos, escribir a cloyola@dcc.uchile.cl