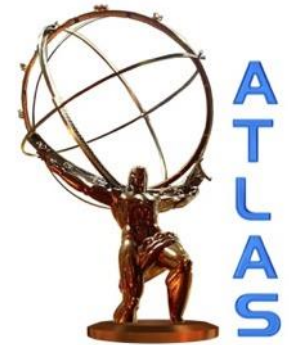


Física y Fronteras: del Proyecto Manhattan al bosón de Higgs



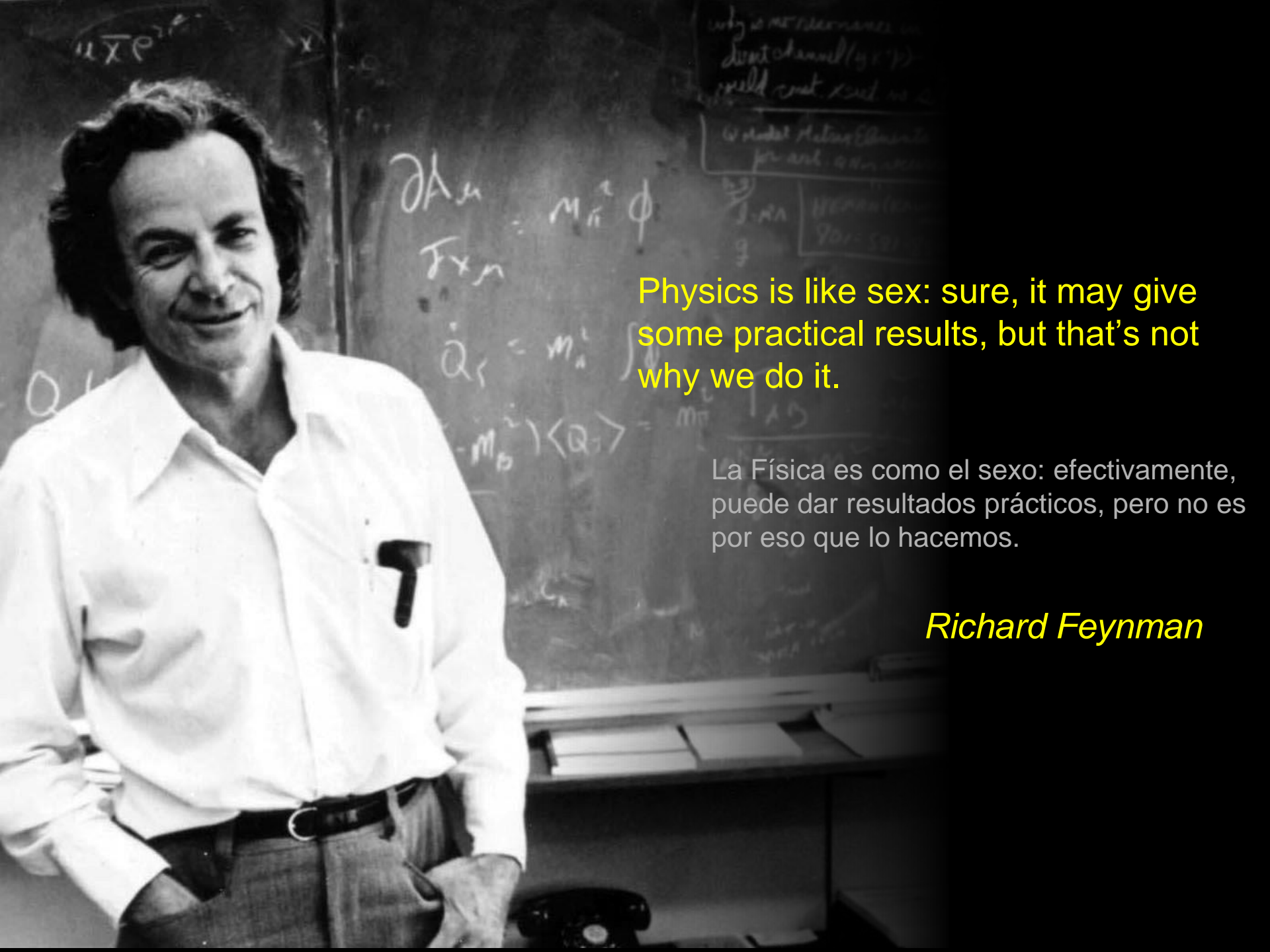
Luis Roberto Flores Castillo
The Chinese University of Hong Kong



Spanish Language Teacher Program

CERN

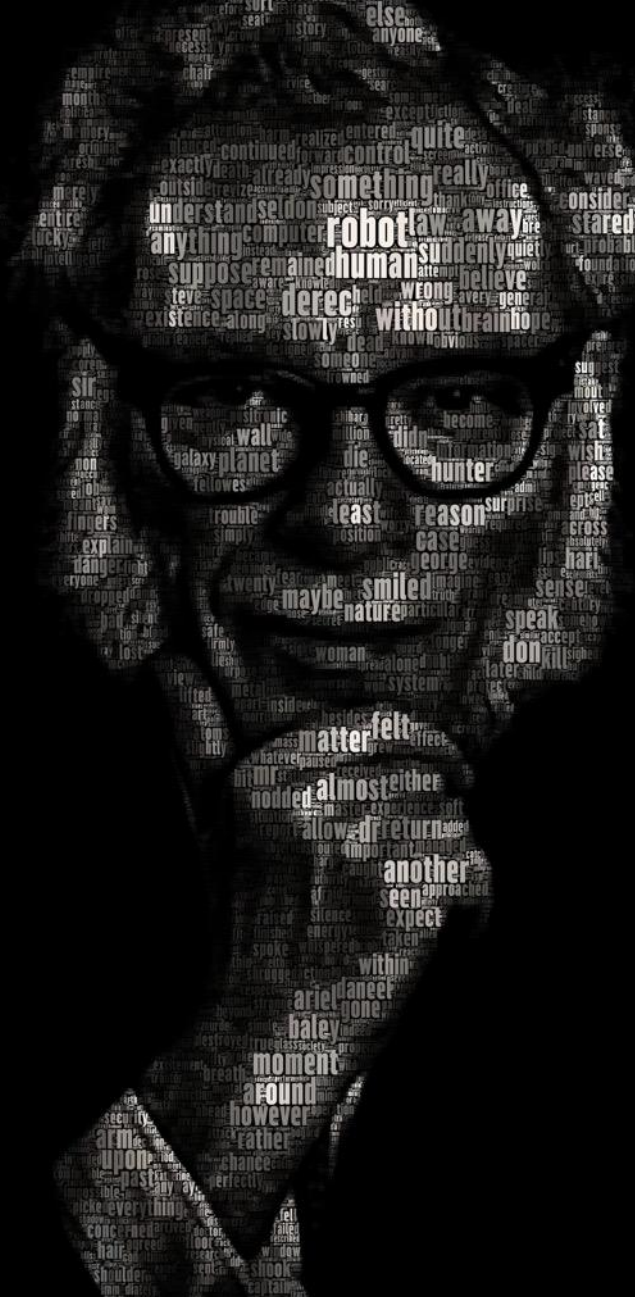
Agosto 2, 2018



Physics is like sex: sure, it may give some practical results, but that's not why we do it.

La Física es como el sexo: efectivamente, puede dar resultados prácticos, pero no es por eso que lo hacemos.

Richard Feynman



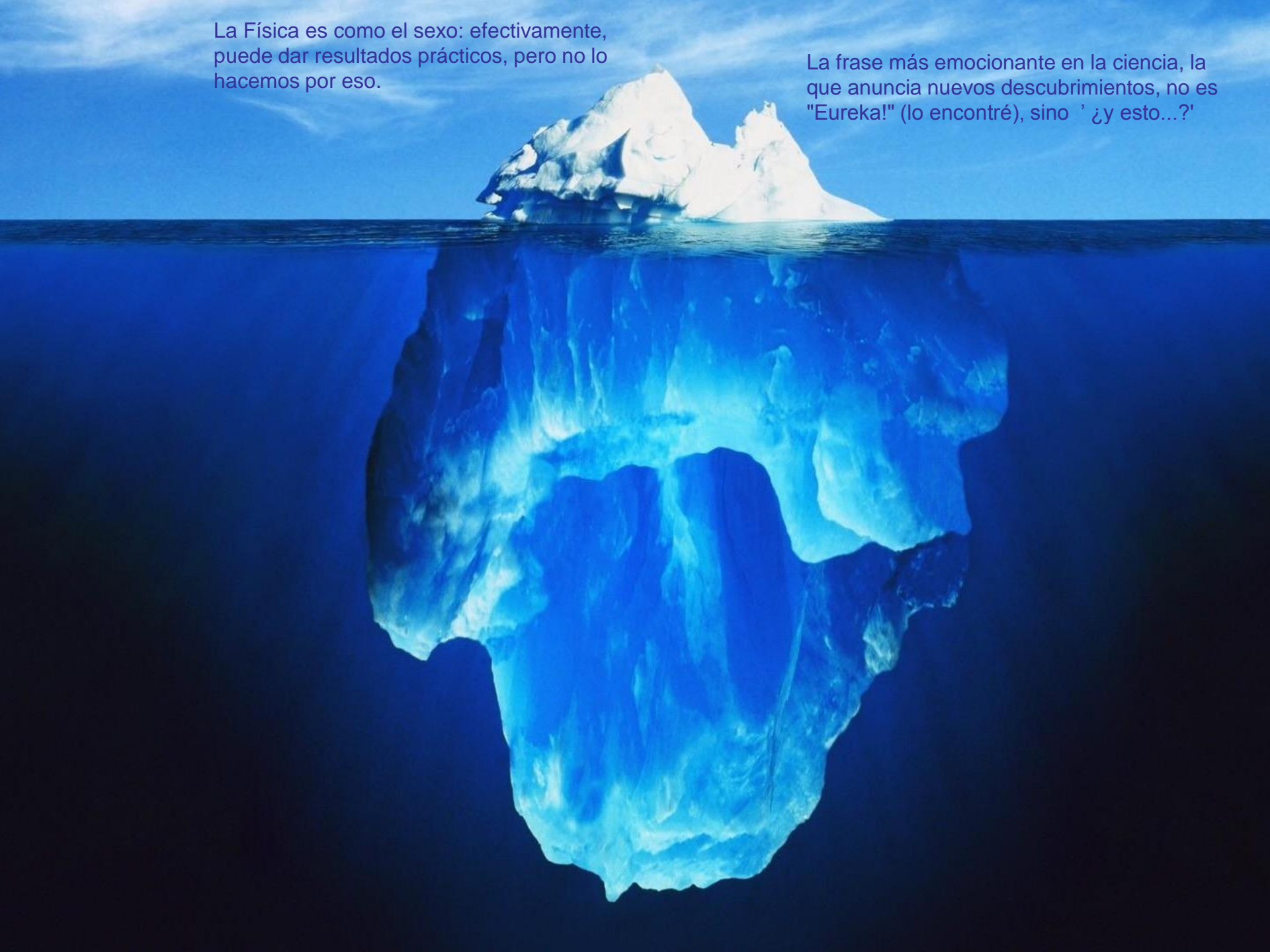
La frase más emocionante en la ciencia, la que anuncia nuevos descubrimientos, no es "Eureka!" (lo encontré), sino '¿y esto...?'

The most exciting phrase to hear in science, the one that heralds the new discoveries, is not 'Eureka!' (I found it) but 'That's funny...'

Isaac Asimov

La Física es como el sexo: efectivamente, puede dar resultados prácticos, pero no lo hacemos por eso.

La frase más emocionante en la ciencia, la que anuncia nuevos descubrimientos, no es "Eureka!" (lo encontré), sino '¿y esto...?'

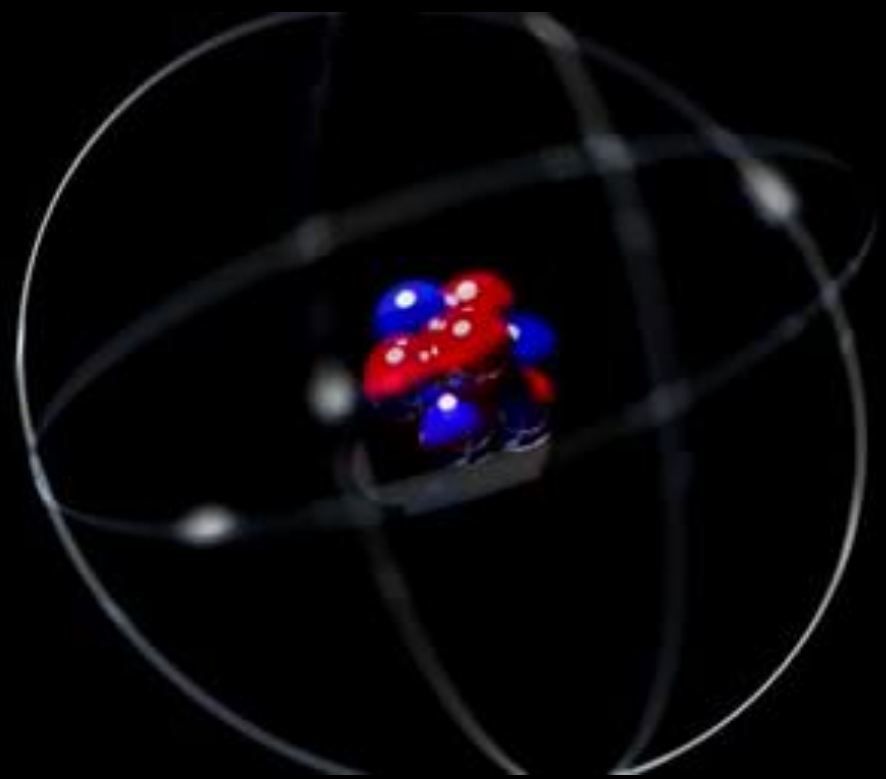
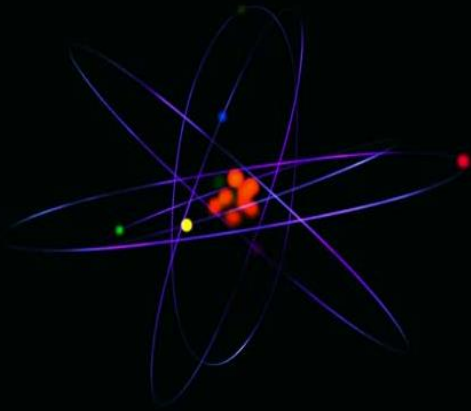


1

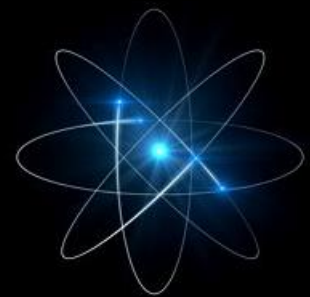
?



Feria mundial de 1939 en Nueva York, poco antes de la 2ª Guerra Mundial



1932: descubrimiento del neutrón



- Mejor conocimiento de la estructura de la materia
- ... ¿algo más?



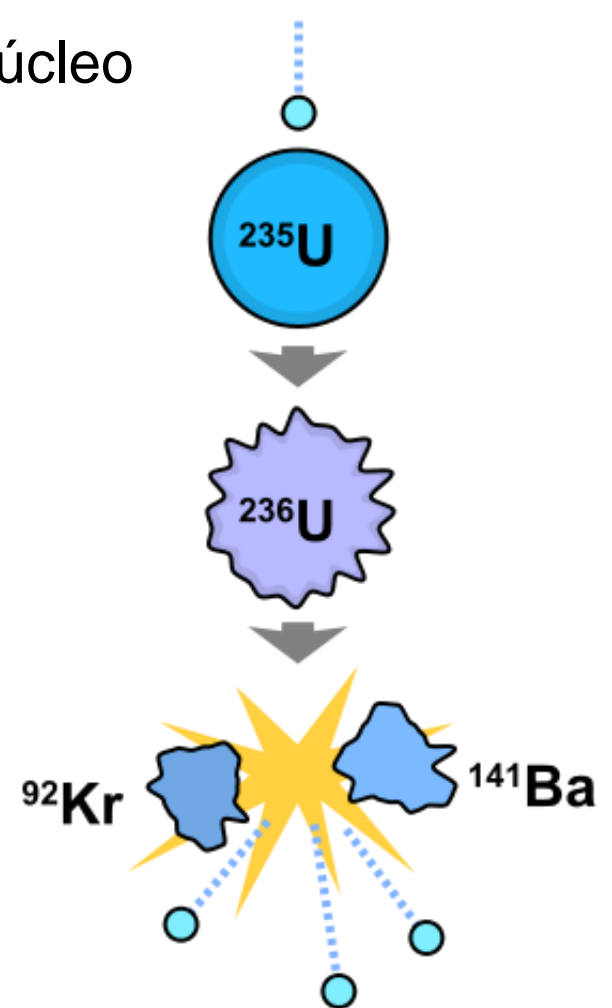
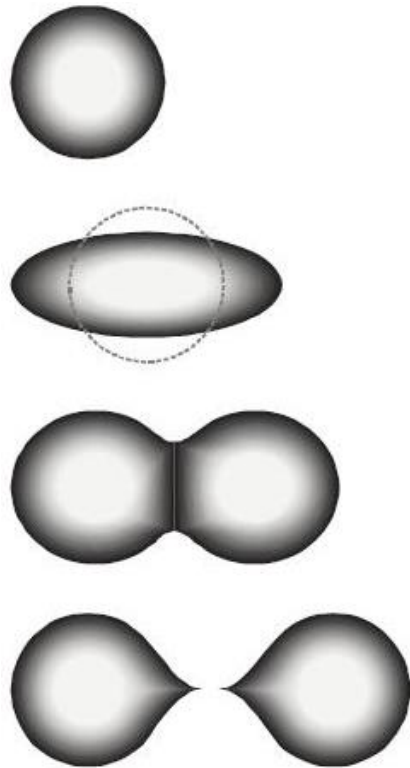
Elemento más pesado conocido: Uranio (92)

Bombardeándolo con neutrones, ¿podemos crear elementos más pesados?

Otto Hahn & Fritz Strassman: en vez de un elemento más pesado se obtenía **Bario** (56).

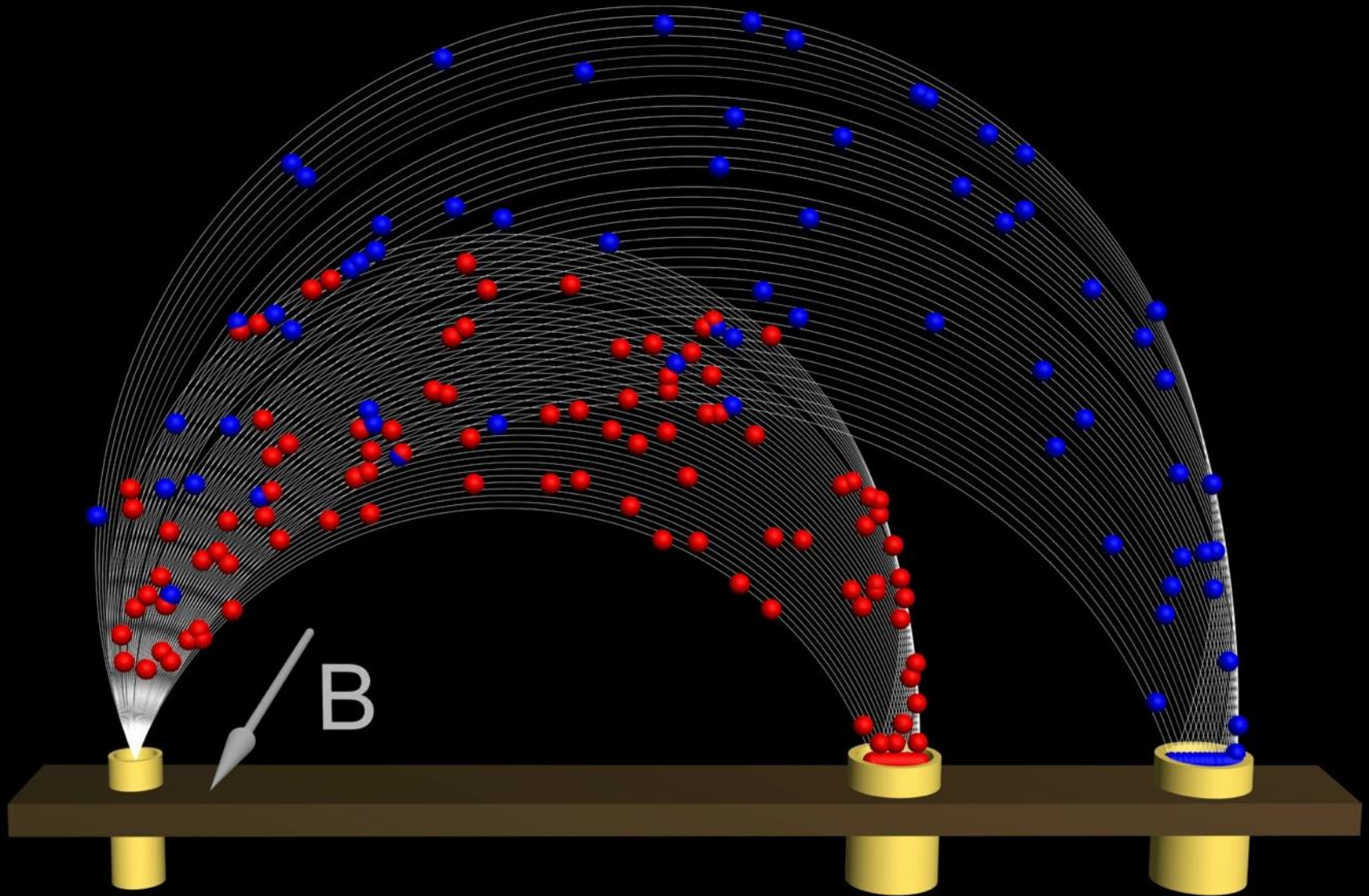


Lise Meitner lo entendió: se había dividido el núcleo



- No sólo eso: se abre la posibilidad de una reacción en cadena
- Y de fabricar una bomba mucho más potente que las conocidas
- Siempre y cuando cada división produjera más de un neutrón
- Y que éstos no fueran absorbidos

Dos tipos de U (238, 235): el que permite fisión es solo el **0.7%**

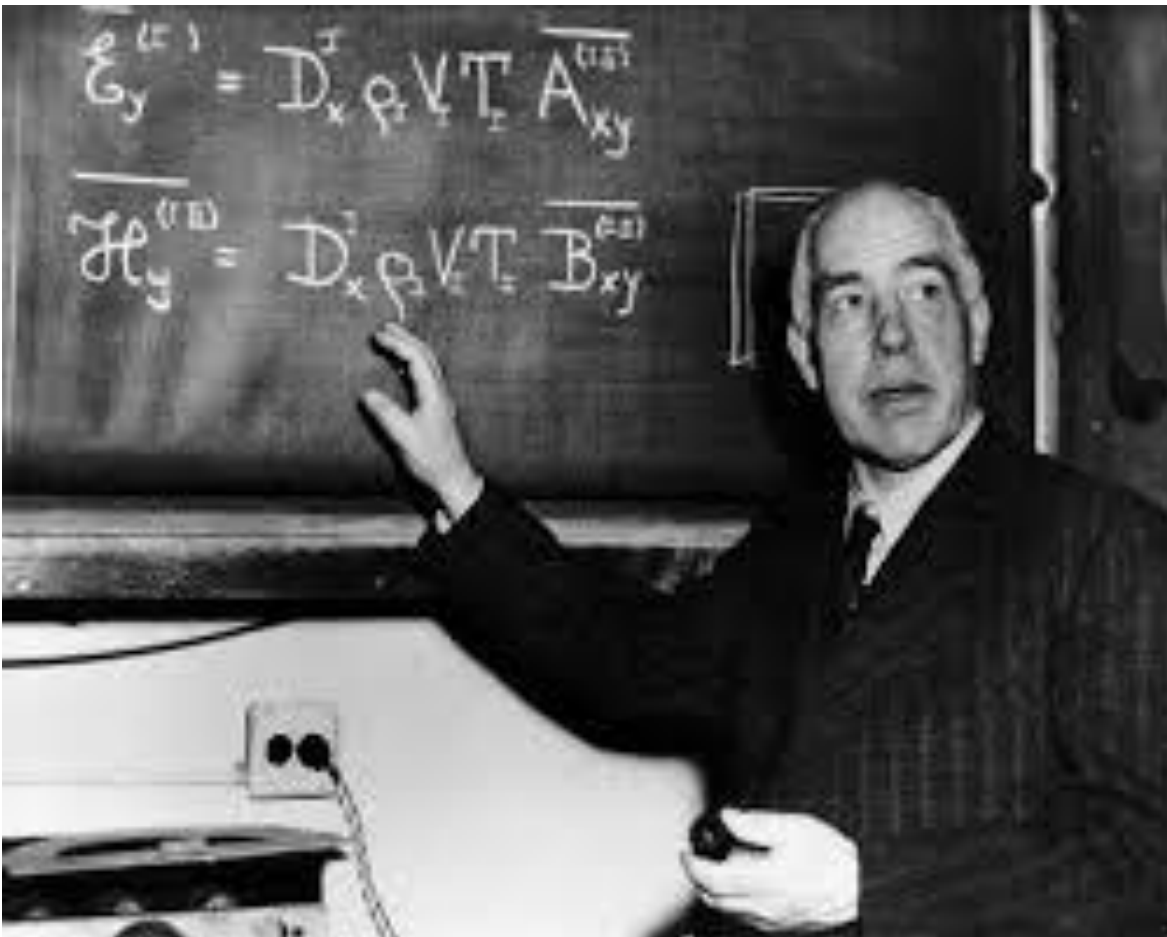


Otro material posible: Plutonio ... aún menos accesible



Había que inventar/descubrir:

- La química y la metalurgia de U y Pu
- Modelos teóricos para su uso militar
- Métodos para producir suficiente material (estudios, prototipos, uso)



“Hacer una bomba requeriría del esfuerzo completo de todo un país”

La "Pila 1" de Chicago



U of Chicago. **Diciembre 2, 1942.** Equipo de E. Fermi.

...ing
...in-
...re-
...other
...of the project, even of the same laboratory,
...without specific authorization.

SECRET

1
OF 34

THE LOS ALAMOS PRIMER

UNCLASSIFIED

The following notes are based on a set of five lectures given by R. Serber during the first two weeks of April 1943, as an "indoctrination course" in connection with the starting of the Los Alamos Project. The notes were written up by E. U. Condon.

Bob Serber

1. Object

The object of the project is to produce a practical military weapon in the form of a bomb in which the energy is released by a fast neutron chain reaction in one or more of the materials known to show nuclear fission.

2. Energy of Fission Process

The direct energy release in the fission process is of the order of 170 MEV per atom. This is considerably more than 10 times the heat of reaction per atom in ordinary combustion processes.

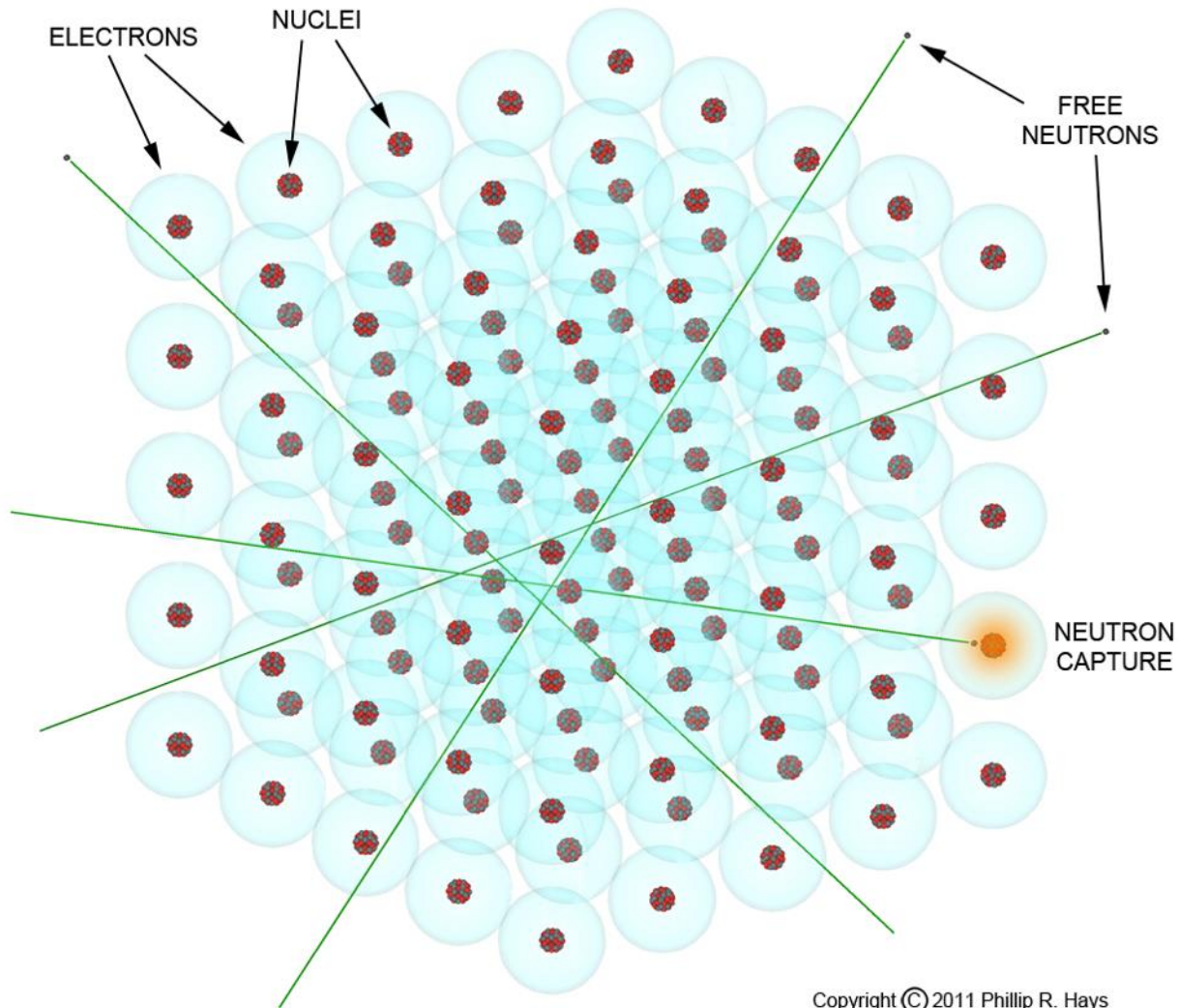
This is $170 \cdot 10^6 \cdot 4.8 \cdot 10^{-10} / 300 = 2.7 \cdot 10^{-4}$ erg/nucleus. Since the weight of 1 nucleus of 25 is $3.88 \cdot 10^{-22}$ gram/nucleus the energy release is

$$7 \cdot 10^{17} \text{ erg/gram}$$

The energy release in TNT is $4 \cdot 10^{10}$ erg/gram or $3.6 \cdot 10^{16}$ erg/ton. Hence

$$1 \text{ kg of } 25 \approx 20000 \text{ tons of TNT}$$

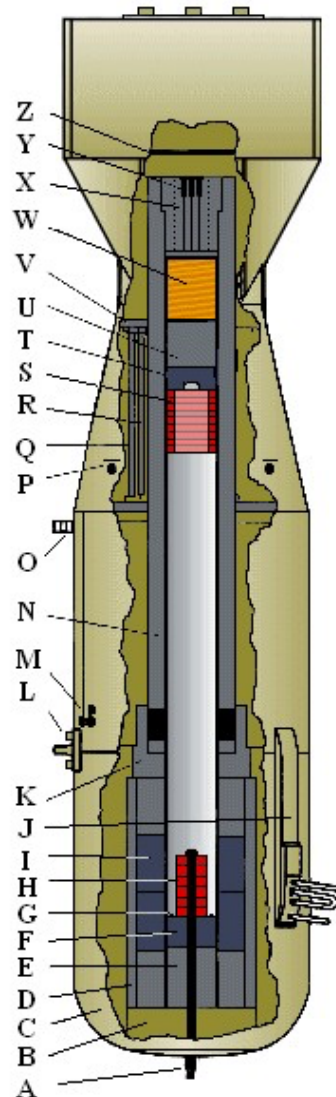
Masa crítica



Copyright © 2011 Phillip R. Hays

<http://www.okieboat.com/How%20nuclear%20weapons%20work.html>

Tipo "cañón"

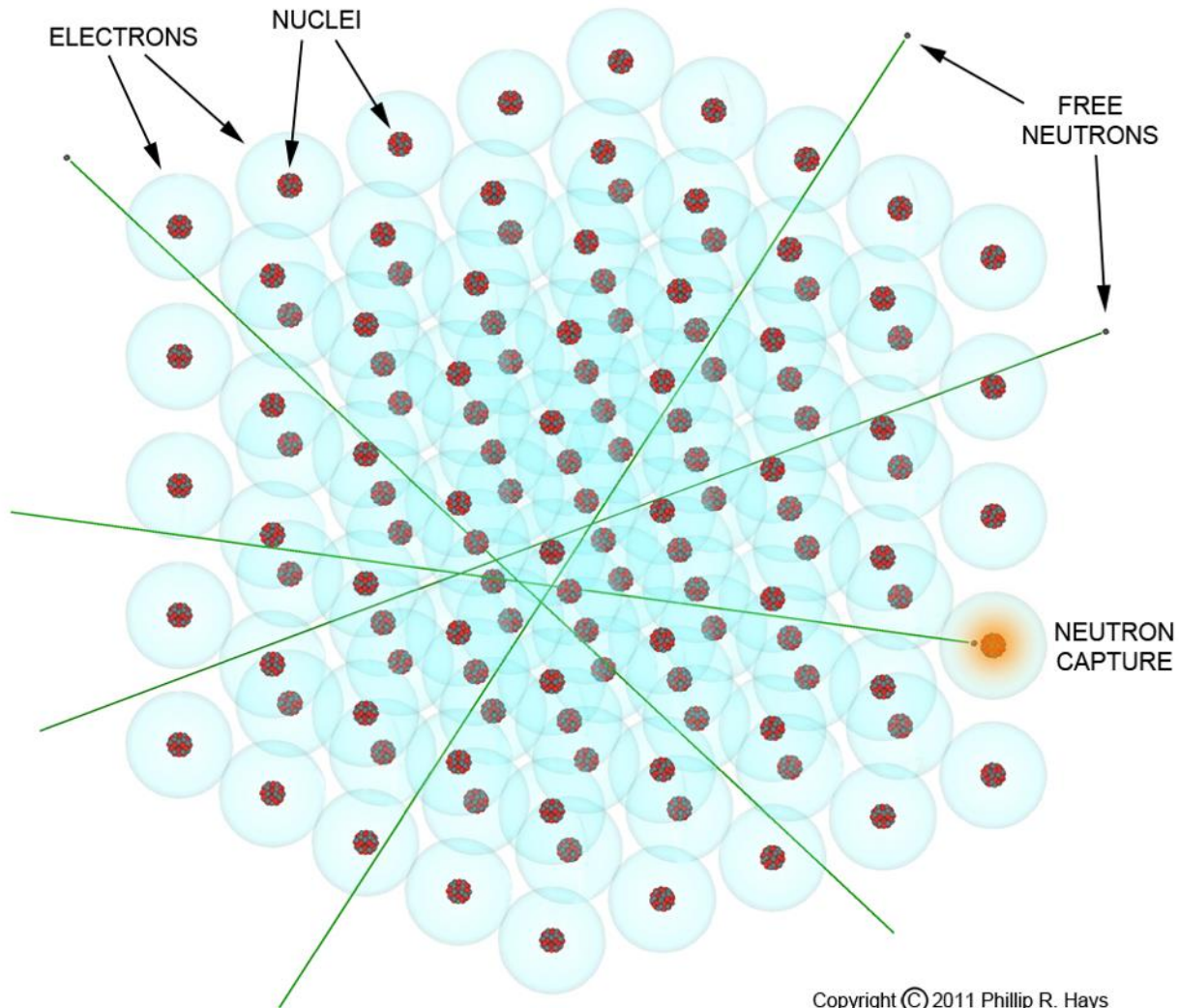


Cross-section drawing of Y-1852 Little Boy showing major mechanical component placement. Drawing is shown to scale. Numbers in () indicate quantity of identical components. Not shown are the APS-13 radar units, clock box with pullout wires, baro switches and tubing, batteries, and electrical wiring. (John Coster-Mullen)

- Z) Armor Plate
- Y) Mark XV electric gun primers (3)
- X) Gun breech with removable inner plug
- W) Cordite powder bags (4)
- V) Gun tube reinforcing sleeve
- U) Projectile steel back
- T) Projectile Tungsten-Carbide disk
- S) U-235 projectile rings (9)
- R) Alignment rod (3)
- Q) Armored tube containing primer wiring (3)
- P) Baro ports (8)
- O) Electrical plugs (3)
- N) 6.5" bore gun tube
- M) Safing/arming plugs (3)
- L) Lift lug
- K) Target case gun tube adapter
- J) Yagi antenna assembly (4)
- I) Four-section 13" diameter Tungsten-Carbide tamper cylinder sleeve
- H) U-235 target rings (6)
- G) Polonium-Beryllium initiators (4)
- F) Tungsten-Carbide tamper plug
- E) Impact absorbing anvil
- D) K-46 steel target liner sleeve
- C) Target case forging
- B) 15" diameter steel nose plug forging
- A) Front nose locknut attached to 1" diameter main steel rod holding target components

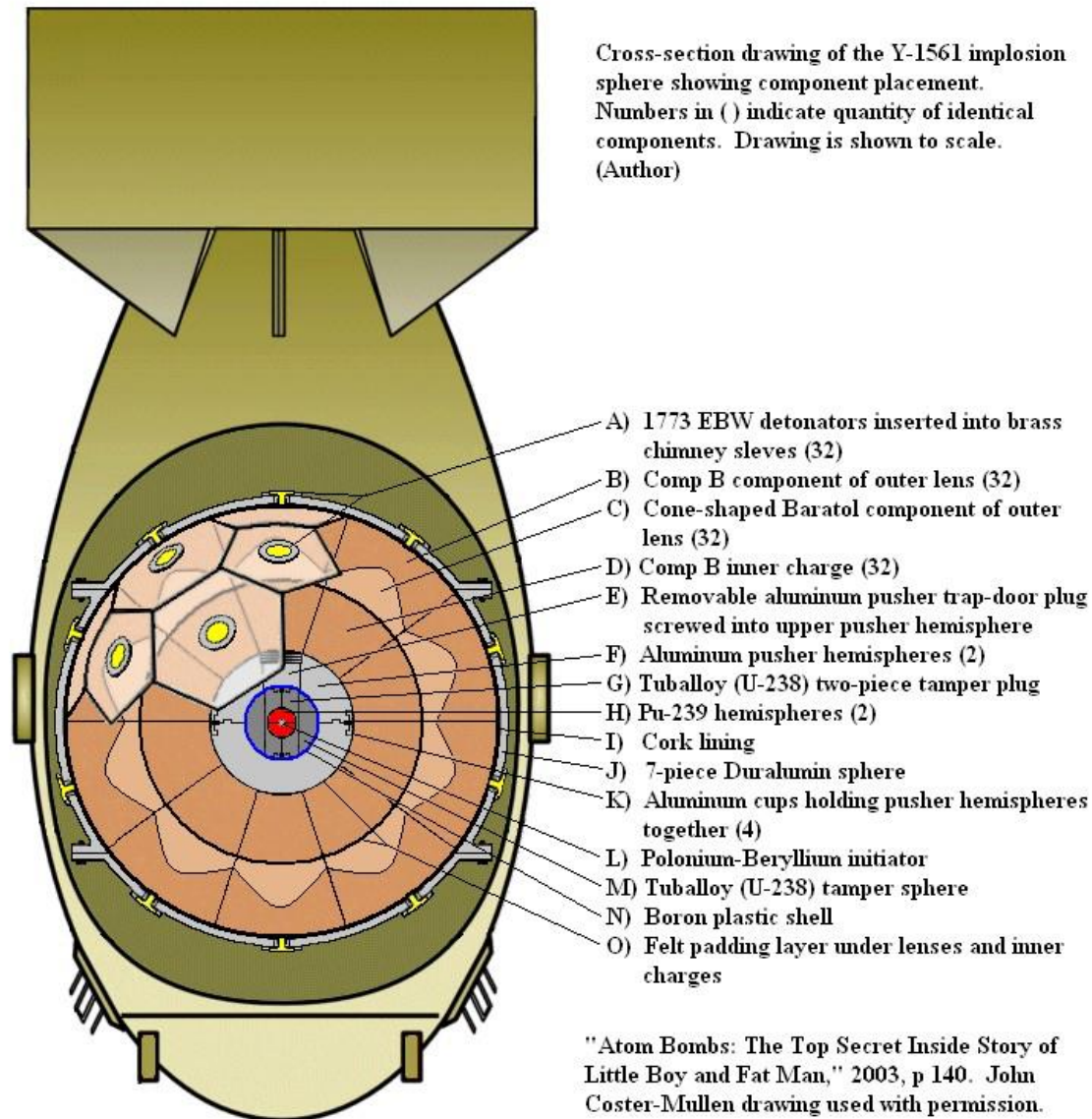
"Atom Bombs: The Top Secret Inside Story of Little Boy and Fat Man," 2003, p 112.
John Coster-Mullen drawing used with permission

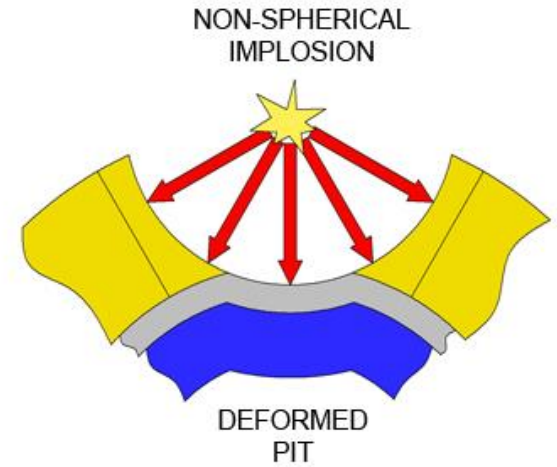
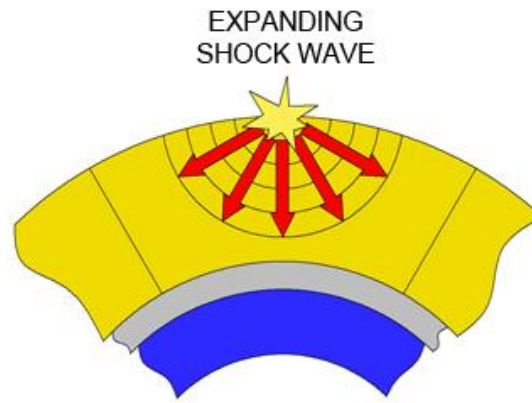
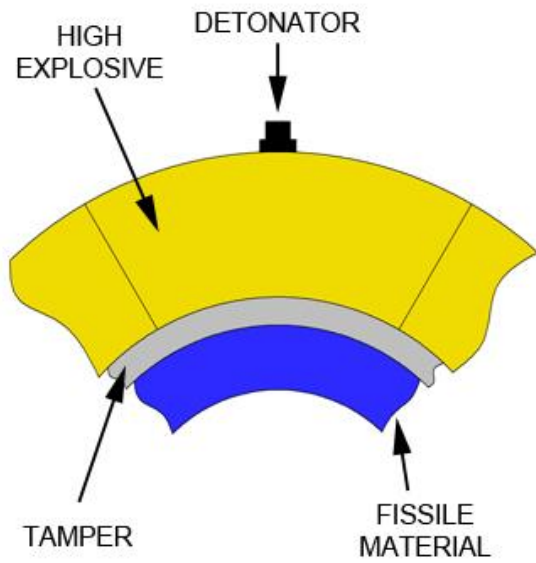
Masa crítica



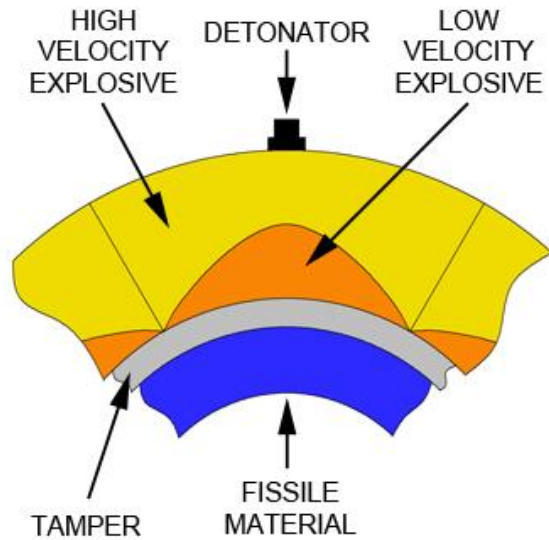
<http://www.okieboat.com/How%20nuclear%20weapons%20work.html>

Diseño de implosión

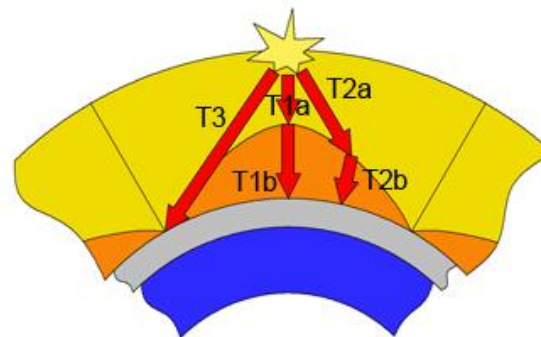




Copyright © 2011 Phillip R. Hays

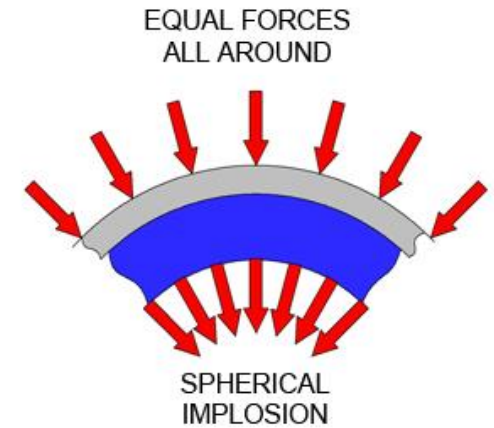


BURN TIME IS THE SAME FOR ALL PATHS FROM THE DETONATOR

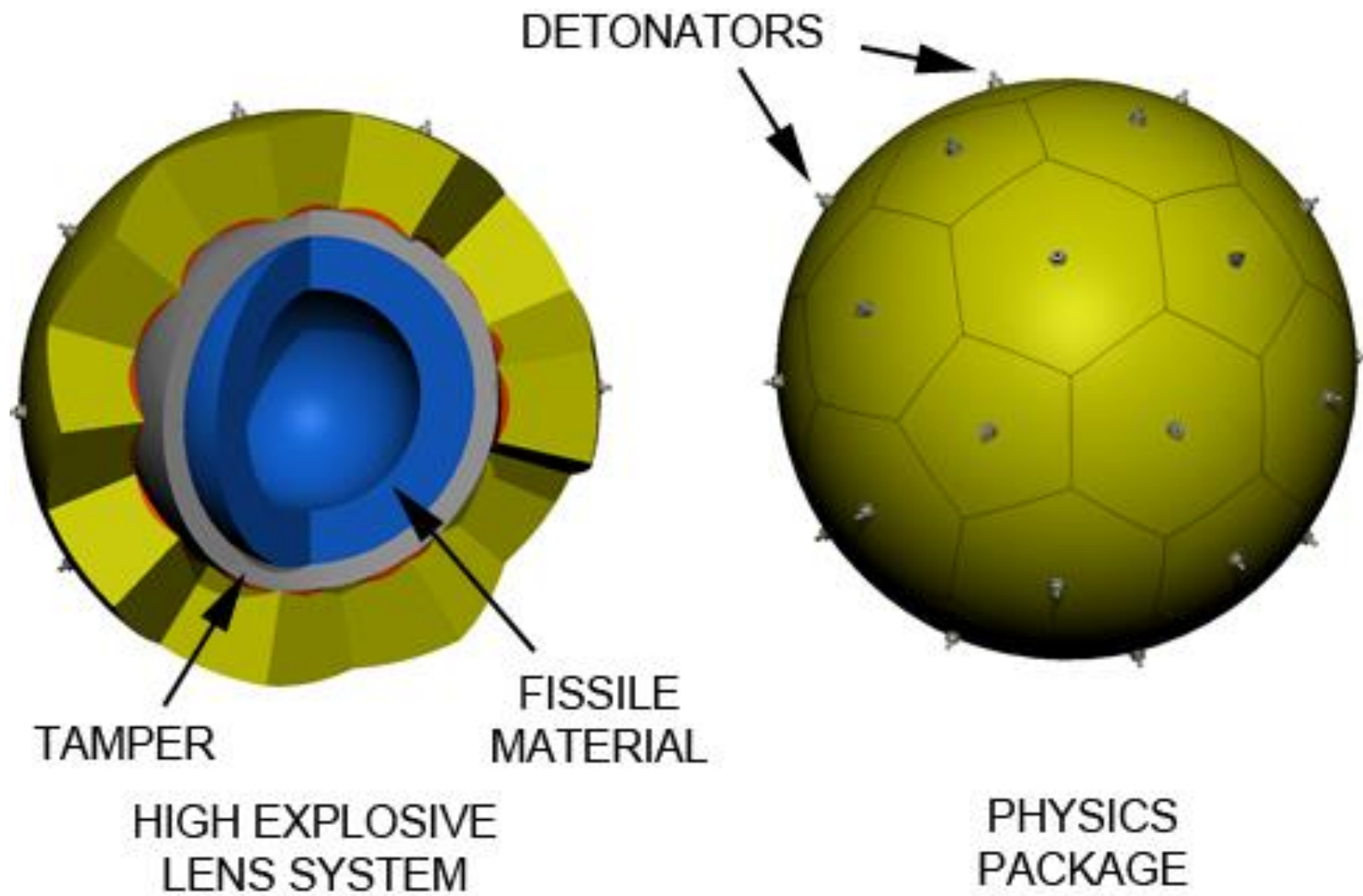


$$T1a + T1b = T2a + T2b = T3$$

Copyright © 2011 Phillip R. Hays

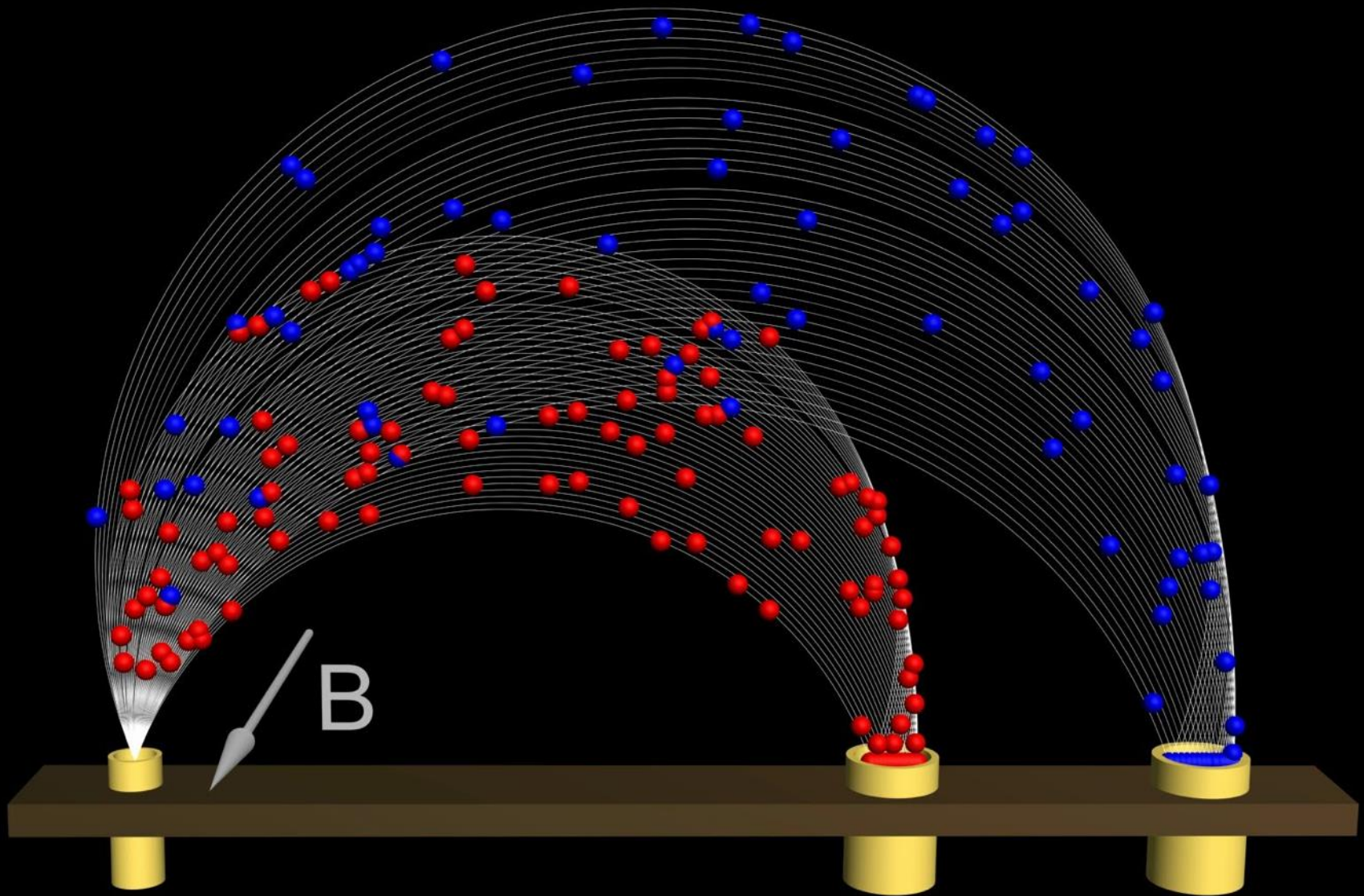


<http://www.okieboat.com/How%20nuclear%20weapons%20work.html>



<http://www.okieboat.com/How%20nuclear%20weapons%20work.html>

Dos tipos de U (238, 235): el que permite fisión es solo el **0.7%**



Primeras pruebas: 18 microgramos en 9 horas; masa crítica: 64 kg; ~3.6My

1944







El Proyecto Manhattan

- **Reactores**
(enriquecer U, producir Pu)
- **Separación de isótopos**
(centrifugadoras, ciclotrones, difusión),
- **Extracción de Pu**
- **Diseño del arma**
(cañón, implosión).



- **~130k trabajadores**
(80k construcción, 40k operadores de planta, 2k personal militar)
- **2MM USD (in 2017 USD: ~27MM)** [estimado el 2/ene/17]
- **Máximo secreto**
 - Sin embargo, espías soviéticos obtuvieron la mayoría del diseño final en 1945



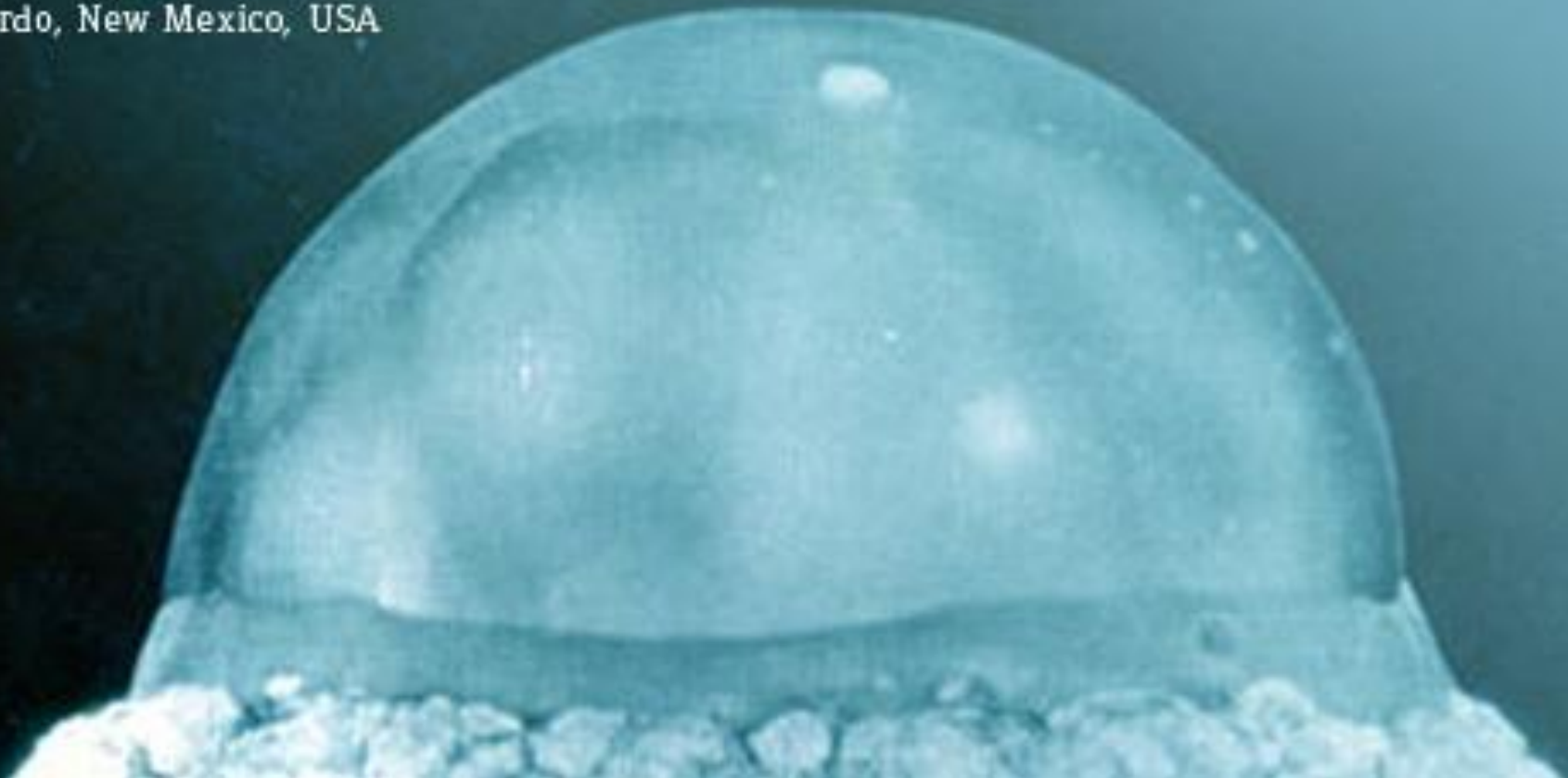
“Trinity”

NUCLEAR TESTING

The first nuclear explosion

'Trinity', 16 July 1945

Alamogordo, New Mexico, USA



"I am become Death, the destroyer of worlds." – R. Oppenheimer, quoting the Baghavad Gita

2

- Tras la 2ª Guerra Mundial, Europa **ya no lideraba en física**
- Científicos europeos propusieron crear un laboratorio europeo de física atómica
 - Francia: Raoul Dautry, Pierre Auger, Lew Kowarski
 - Italia: Edoardo Amaldi
 - Dinamarca: Niels Bohr
- **Metas: unir a Europa, compartir instalaciones experimentales**

- Primera propuesta oficial:
Louis de Broglie, European Cultural Conference, Lausanne, Dic. 9, 1949.
- UNESCO, 1950: Isidor Rabi
- UNESCO, Paris, Dic. 1951:
Primera resolución para establecer el CERN (“Concejo”)
- Mayo 17, 1954: inicio de la construcción en Ginebra, Suiza
- Septiembre 29 de 1954:
Creación de la **Organización Europea para la Investigación Nuclear (CERN)**

Hacia 1964 ...

- Con 16 partículas el ME describe **casi todos los fenómenos físicos** conocidos
- Dos grandes familias:
 - “materia” (espín 1/2, 3/2, ...)
 - “fuerza” (espín 0, 1, 2, ...)
- Hacia 1964, había un problema: sólo funcionaba si **las partículas elementales** **tuvieran masa CERO**

	Fermions			Bosons	
Quarks	u up	c charm	t top	γ photon	Force carriers
	d down	s strange	b bottom	Z Z boson	
Leptons	ν_e electron neutrino	ν_μ muon neutrino	ν_τ tau neutrino	W W boson	
	e electron	μ muon	τ tau	g gluon	
				H Higgs boson	

Source: AAAS

¿Masa = cero?

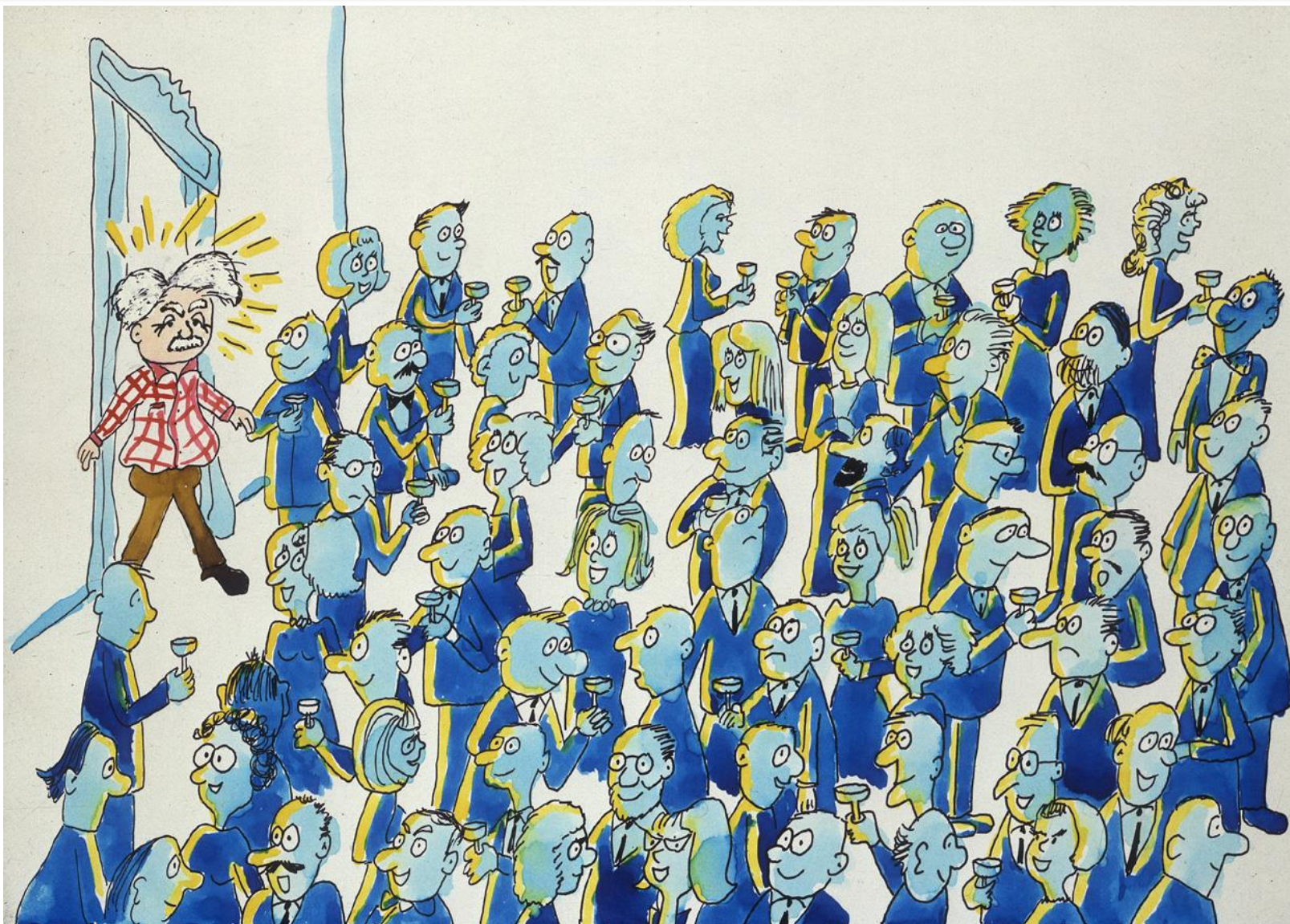
- La “masa” es la oposición a convertir **energía** en **movimiento**
Pelota de playa negra vs bola de boliche:
a menor masa, mayor la velocidad adquirida
- ¿ Hay partículas con masa = 0 ?
Sí: **fotones** y **gluones** viajan a la velocidad de la luz
- ¿Qué pasaría si todas viajaran a la velocidad de la luz?
 - No habría átomos
 - No habría conglomerados de materia (estrellas, planetas)
 - No habría vida como la conocemos
- En 1964, **Higgs**, **Englert+Brout**, **Guralnik+Hagen+Kibble** encontraron una solución postulando un nuevo campo,
... y una nueva partícula elemental.

El bosón de Higgs



Prof. David J. Miller

El bosón de Higgs



Prof. David J. Miller

El bosón de Higgs



Prof. David J. Miller

El bosón de Higgs



Prof. David J. Miller

El bosón de Higgs



Prof. David J. Miller

Para que el “mecanismo de Higgs” funcione, la partícula debe cumplir ciertas condiciones.

Entre ellas, debe tener “espín”=0

PRIMERA PARTÍCULA ELEMENTAL CON ESPÍN 0

	ESPIN=1/2			ESPIN=1	
	Fermions			Bosons	
Quarks	u up	c charm	t top	γ photon	Force carriers
	d down	s strange	b bottom	Z Z boson	
Leptons	ν_e electron neutrino	ν_μ muon neutrino	ν_τ tau neutrino	W W boson	
	e electron	μ muon	τ tau	g gluon	
				Higgs boson	

Source: AAAS



“For every complex problem there is an answer that is clear, simple, ...

“For every complex problem there is an answer that is clear, simple, and wrong.”

– H. L. Mencken

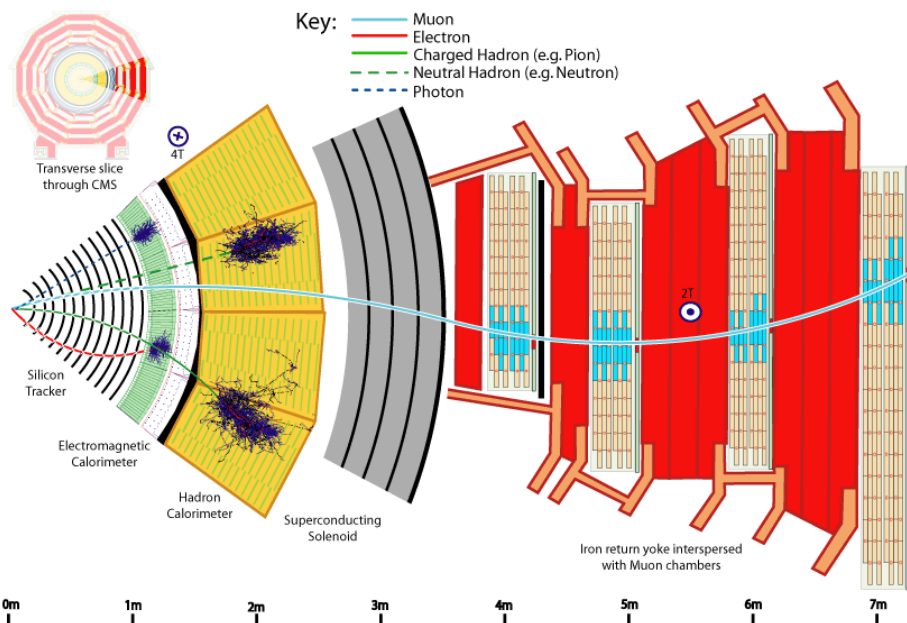
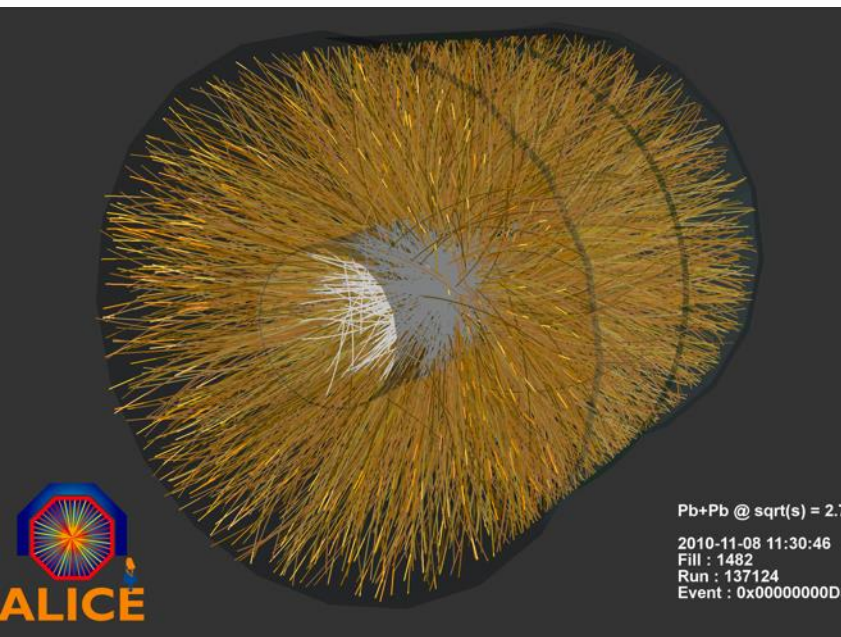
Gran Colisionador de Hadrones, CERN

- 27 km, 100 m bajo tierra, 10^{11} p/grupo (“bunch”)
- T=2K, 11,000 vueltas/s, cada protón a **6.5 TeV**

- Cuatro puntos de colisión
- 40MHz, 20-60 pp/bx
- 20,000 T de detectores, ~micras



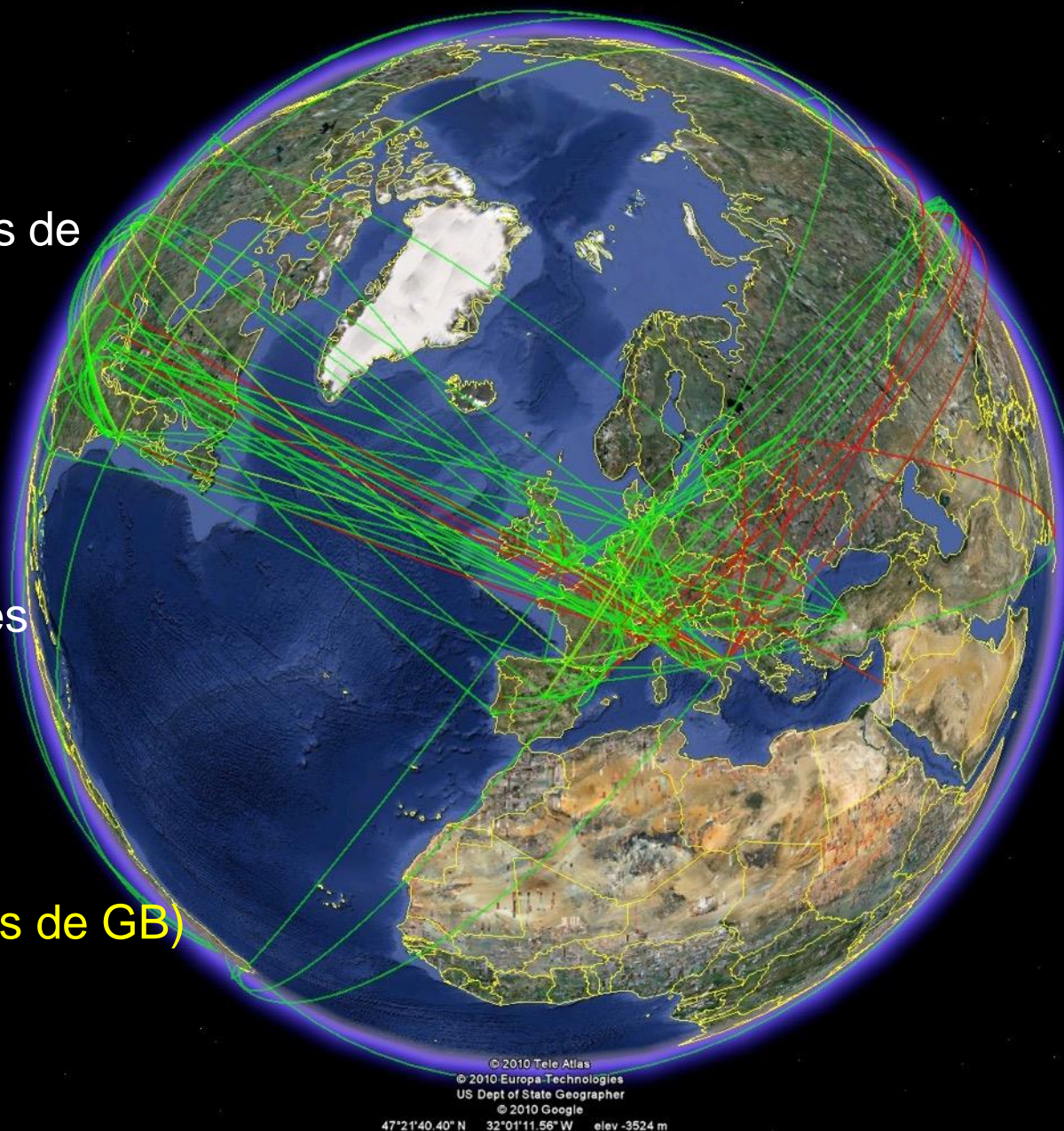
Información generada



Centro de cómputo del CERN: **90,000** núcleos.

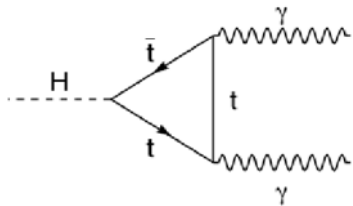


- >170 centros de cómputo
- ~40 países
- ~ 250 mil procesadores (cores)
- ~120 PB de disco (120 millones de GB)

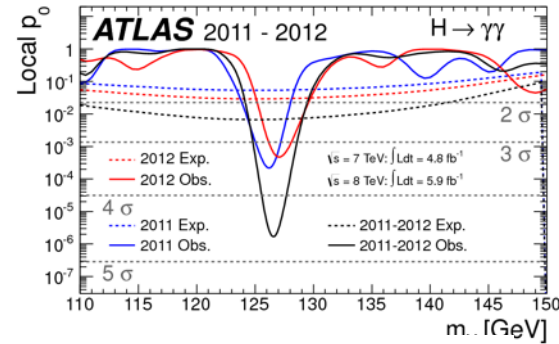
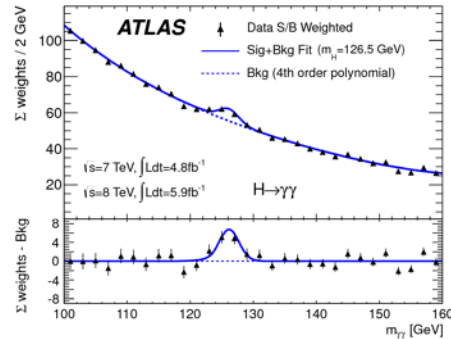


© 2010 Tele Atlas
© 2010 Europa Technologies
US Dept of State Geographer
© 2010 Google
47°21'40.40" N 32°01'11.56" W elev -3524 m

Canales de descubrimiento (2012)

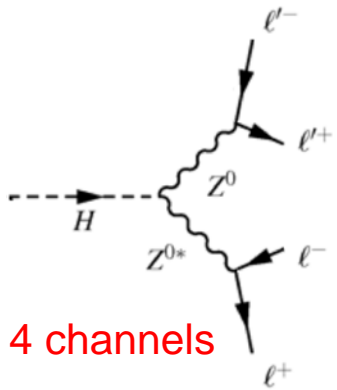


10 categories

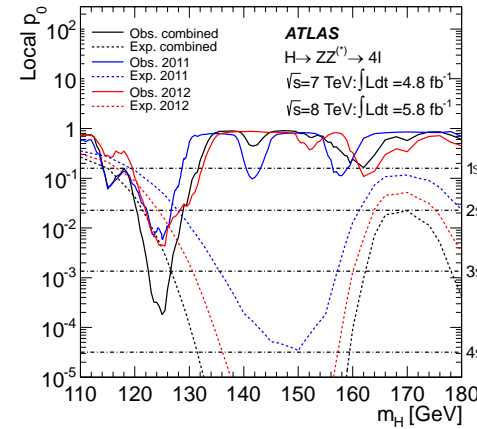
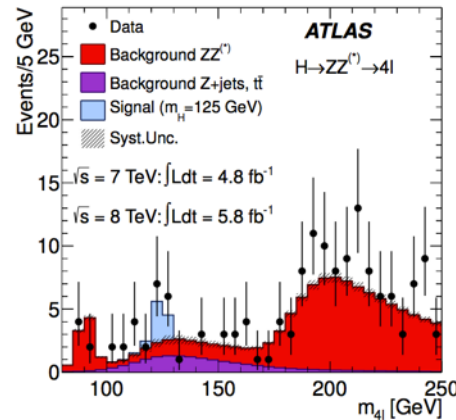


Strength at $m_H=126$ GeV

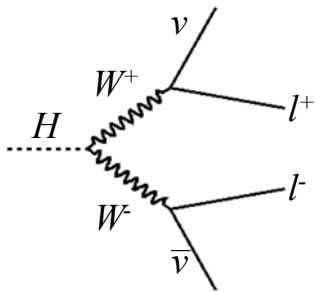
1.8 ± 0.5



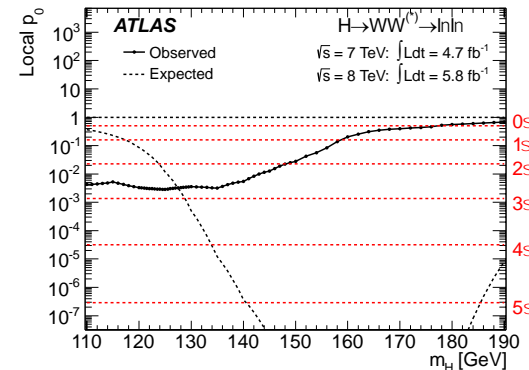
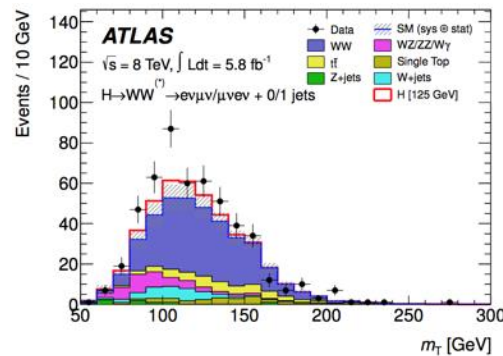
4 channels



1.2 ± 0.6

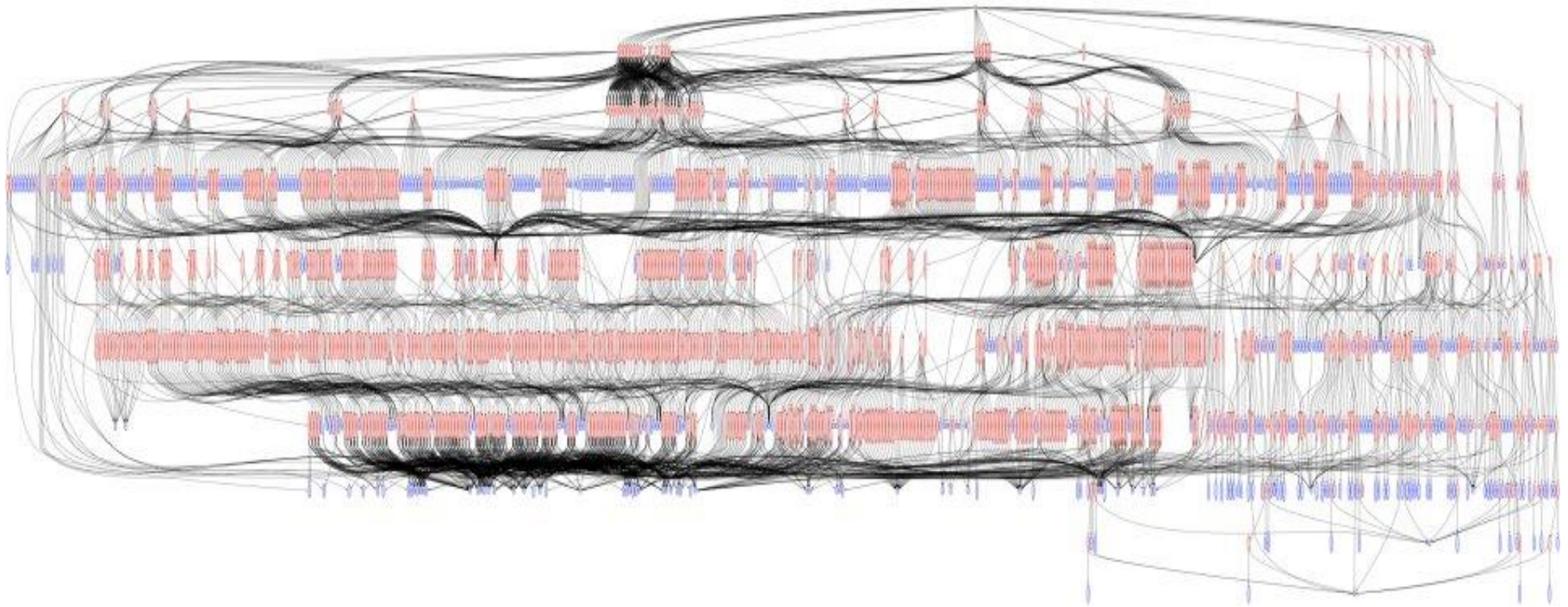


3 channels
(based on jet multiplicity)



1.4 ± 0.5

Modelo para la combinación



- Cada canal utiliza sus propios triggers, regiones de control, fondos, incertidumbres sistemáticas,...
- Cada equipo desarrolla su propio código para el análisis
- El uso de un formato común permite hacer la combinación
- Bastante trabajo tan solo para *nombrar* las variables a usar

1000, 000,000, 000,000 colisiones pp

240,000 bosones de Higgs

350 pares de fotones

8 grupos de cuatro leptons

... 5 sigma.

4 de Julio de 2012



Imagen: NYT



Imagen: CERN

"It's really an incredible thing that it's happened in my lifetime!"

Prof. Peter Higgs, July 4th 2012.

CERN, Julio 4, 1:30 am



CERN, Julio 4, 2:00am



CERN, Julio 4, 4:10am

Muchos de los resultados provistos por estudiantes
Muchos de ellos de países sin grandes aceleradores,
y/o que no son miembros de CERN.



Perspectivas

La Física es como el sexo: efectivamente, puede dar resultados prácticos, pero no lo hacemos por eso.

La frase más emocionante en la ciencia, la que anuncia nuevos descubrimientos, no es "Eureka!" (lo encontré), sino '¿y esto...?'

Fronteras tecnológicas

Fronteras científicas

Infraestructura

Interdisciplina

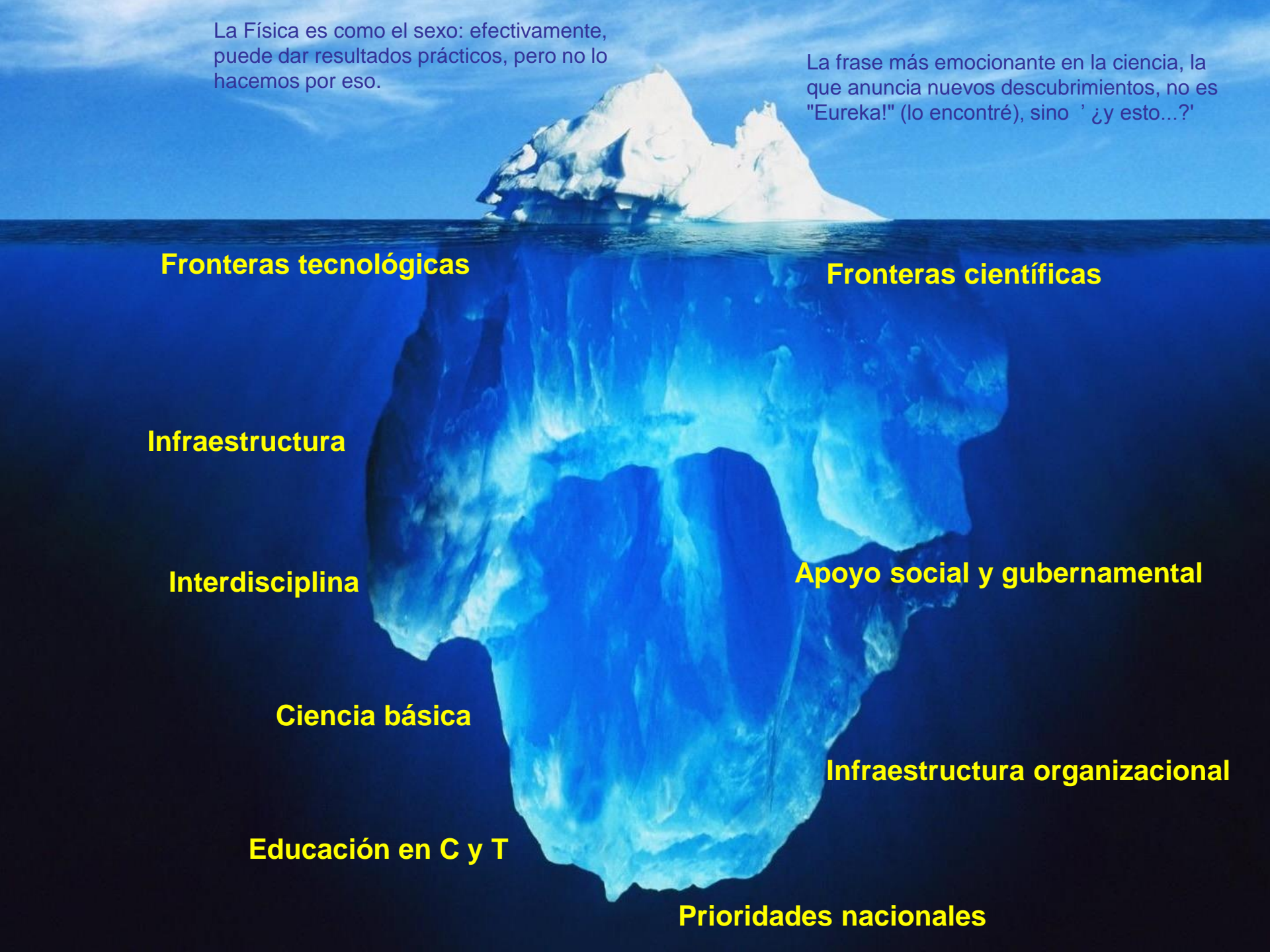
Apoyo social y gubernamental

Ciencia básica

Infraestructura organizacional

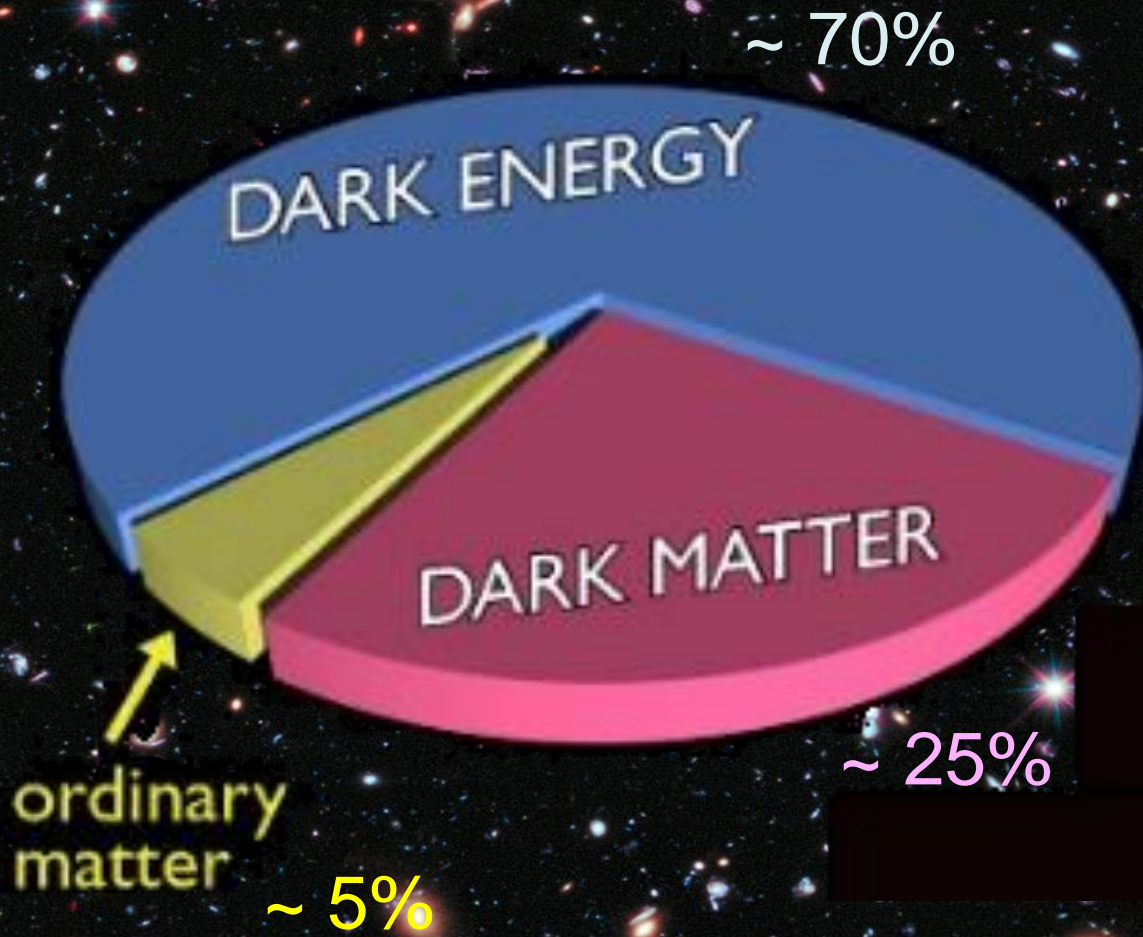
Educación en C y T

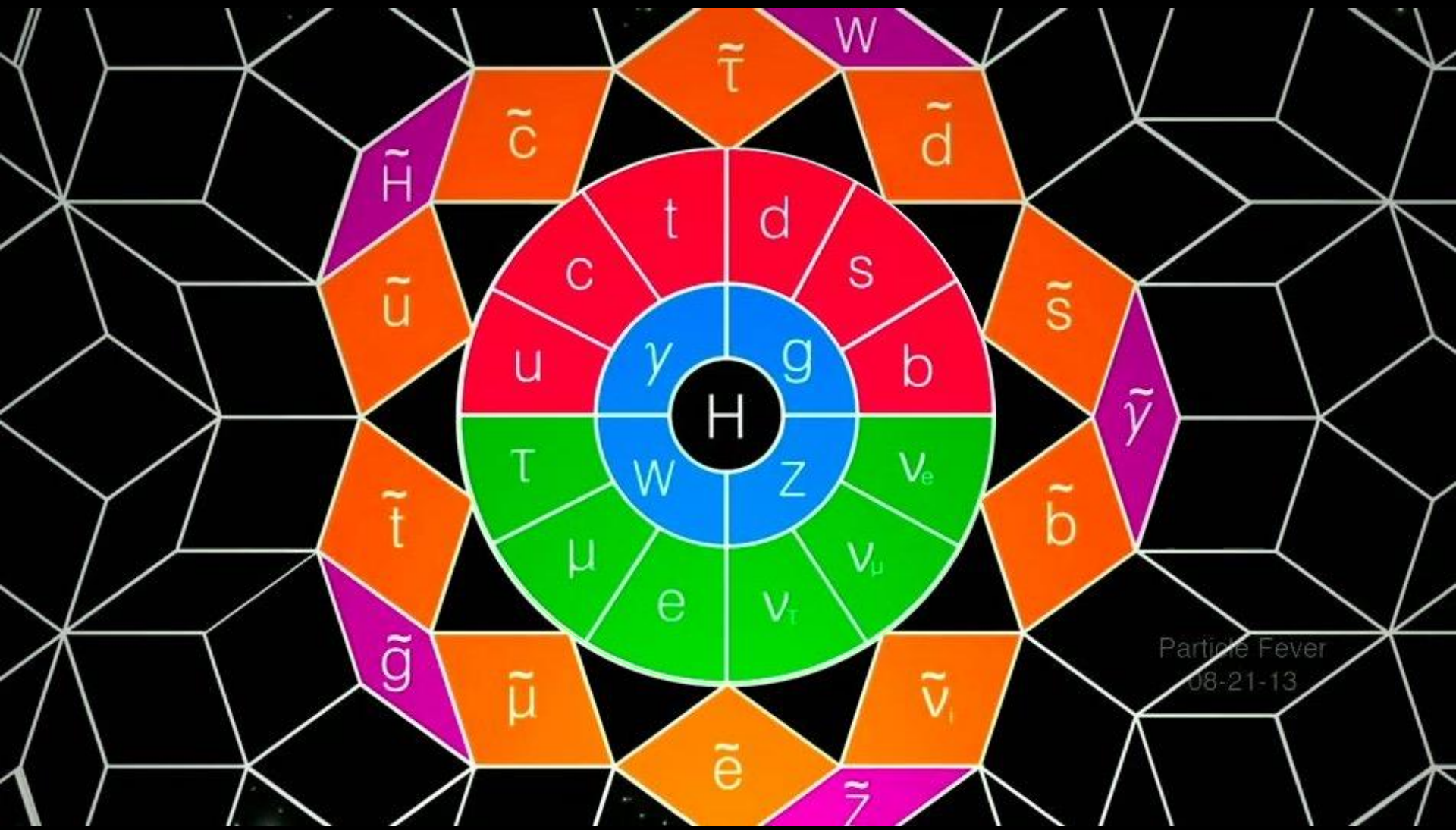
Prioridades nacionales



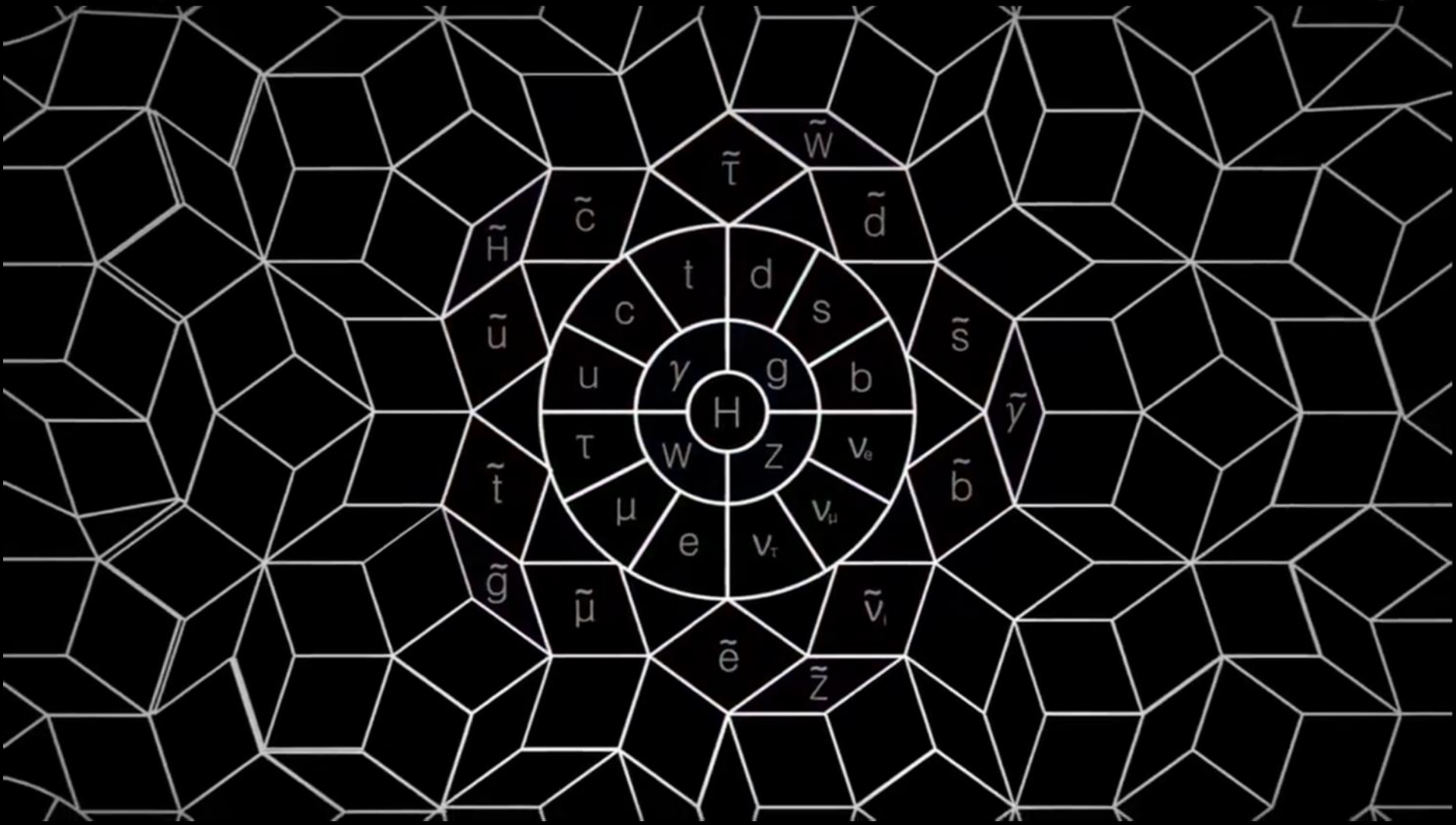
- Motivación
 - Proyecto Manhattan, Programa Apolo: **militar**
 - CERN: **ciencia fundamental**
(otros: **LIGO, ICE CUBE, HAWK, ...**)
- En cada uno, una enorme inversión en ciencia tuvo gran impacto en el desarrollo tecnológico de la región
 - No basta comparar el 1% con el 2.8% (del PIB)
- Para nuestros estudiantes:
 - La ciencia está viva y andando
 - “¿y esto?” ↔ grandes descubrimientos : Curiosidad
 - Es en buena parte una actividad de jóvenes

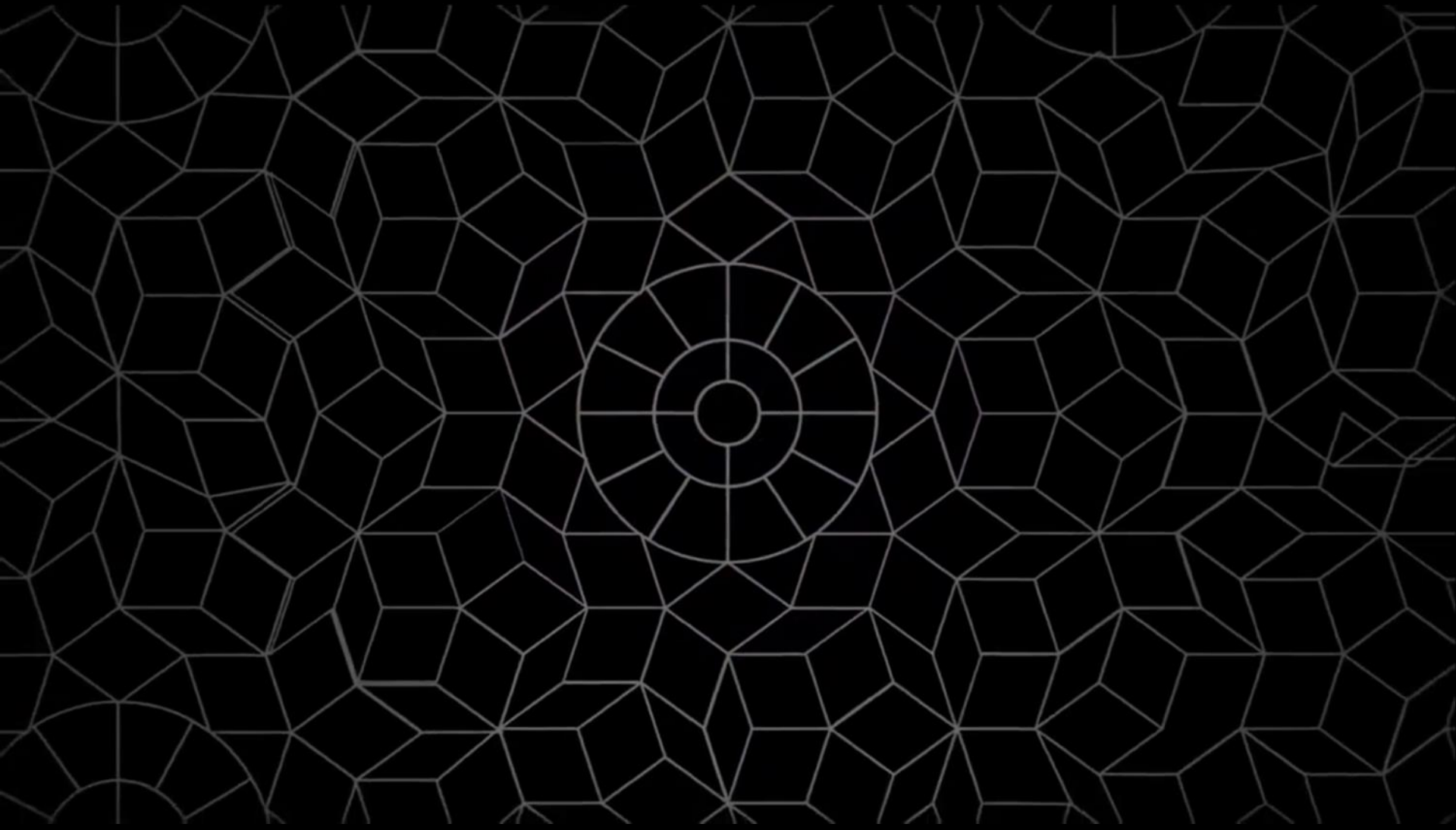




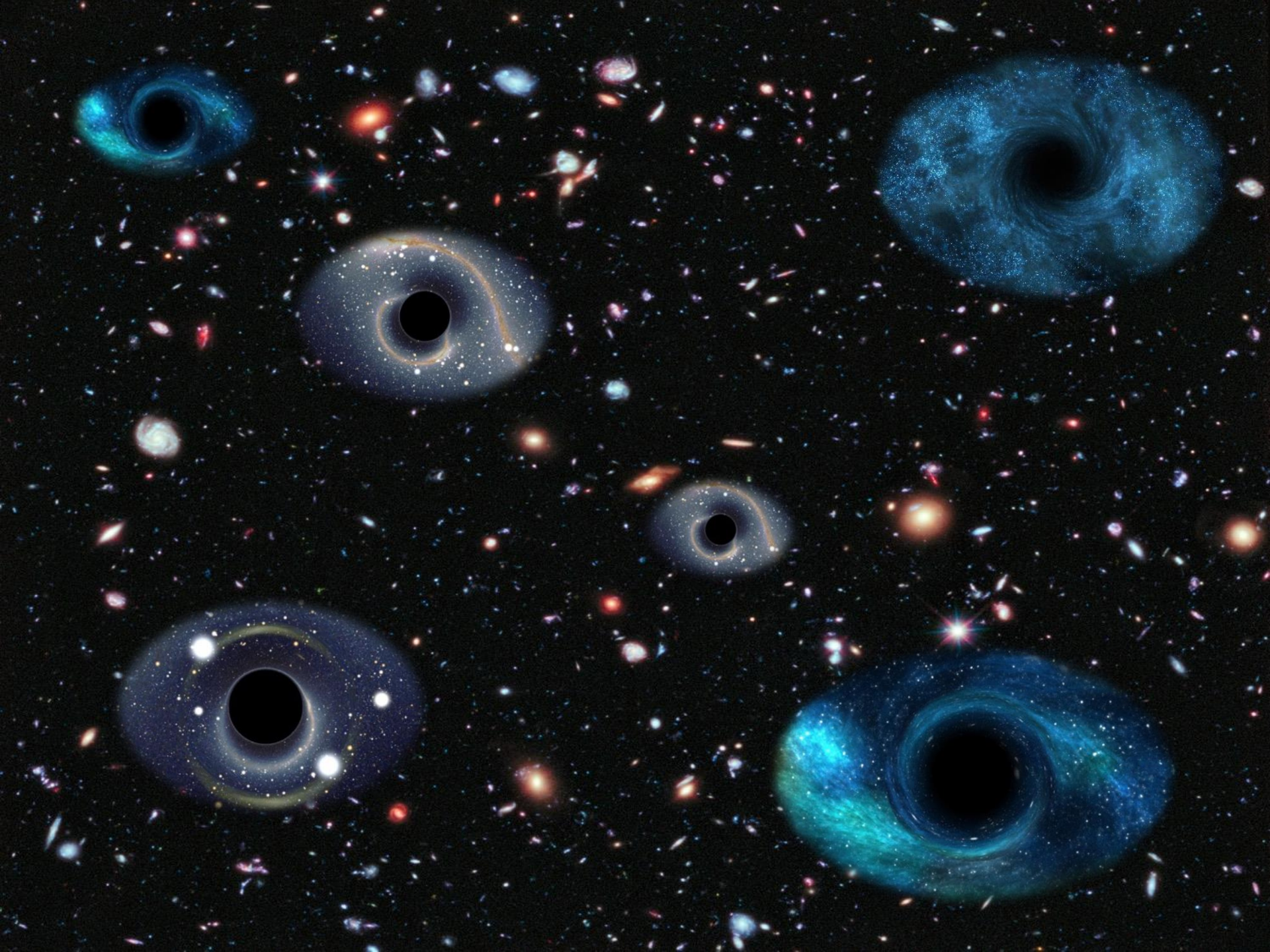


Particle Fever
08-21-13





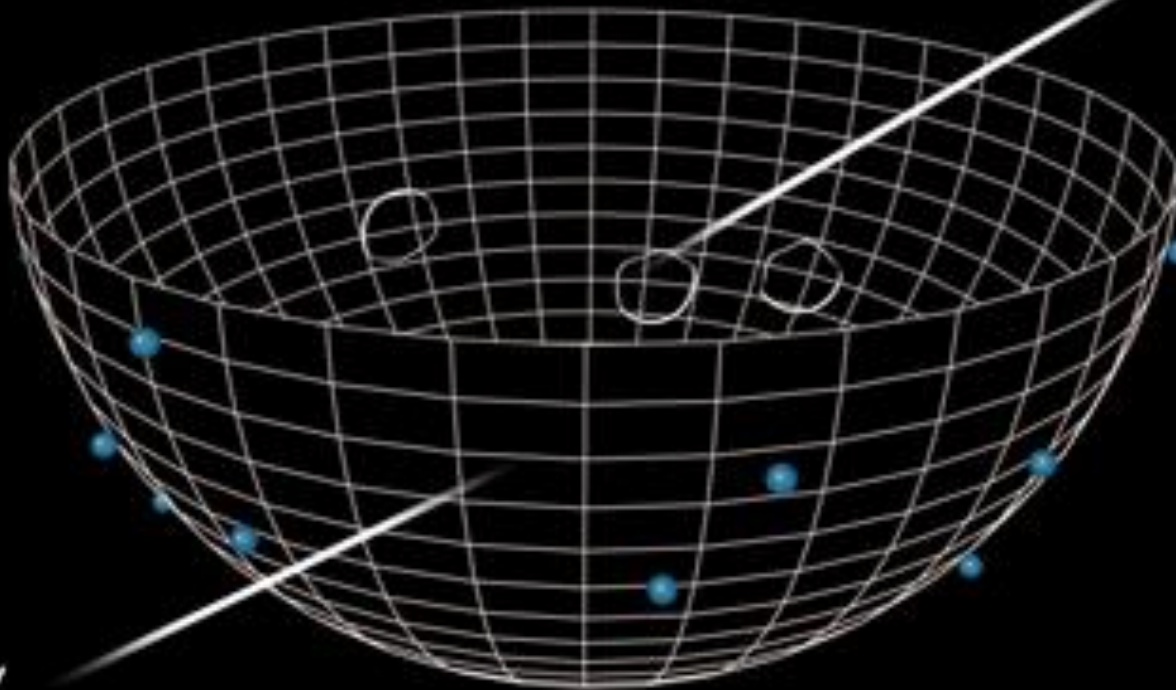
“Particle Fever” <https://www.youtube.com/watch?v=dEcWjMX9oCw>

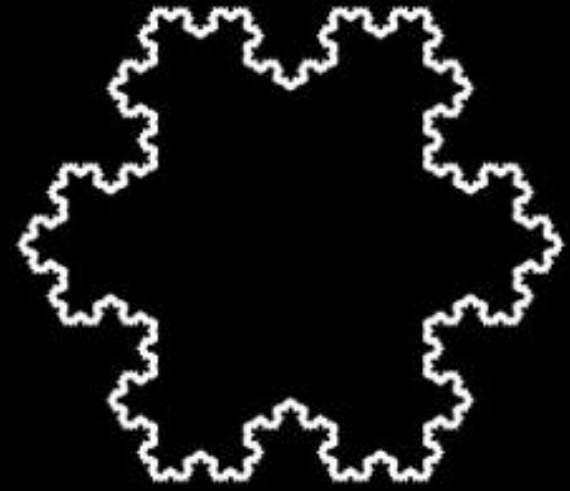
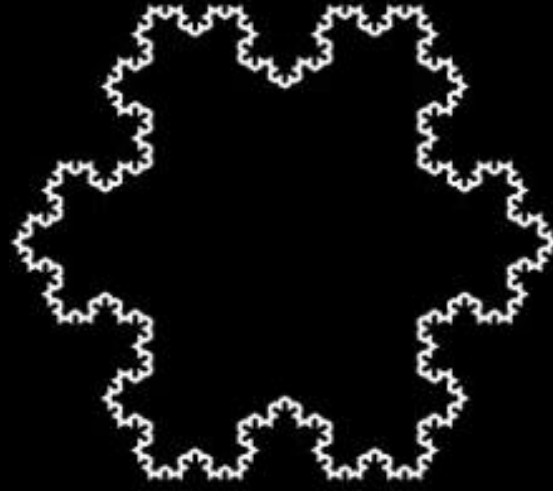
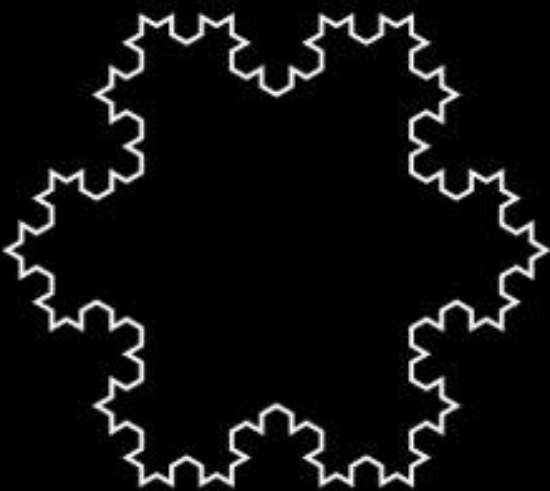
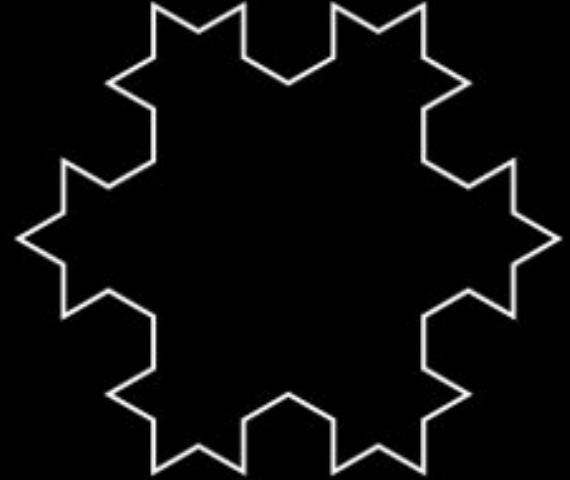
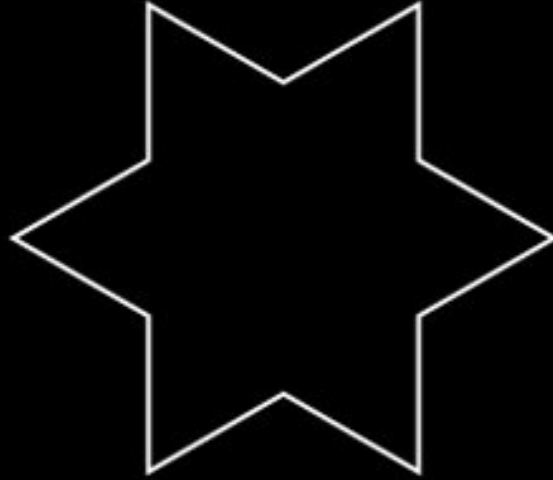
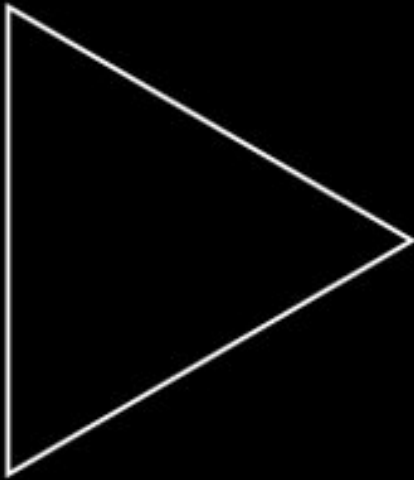


AdS/CFT

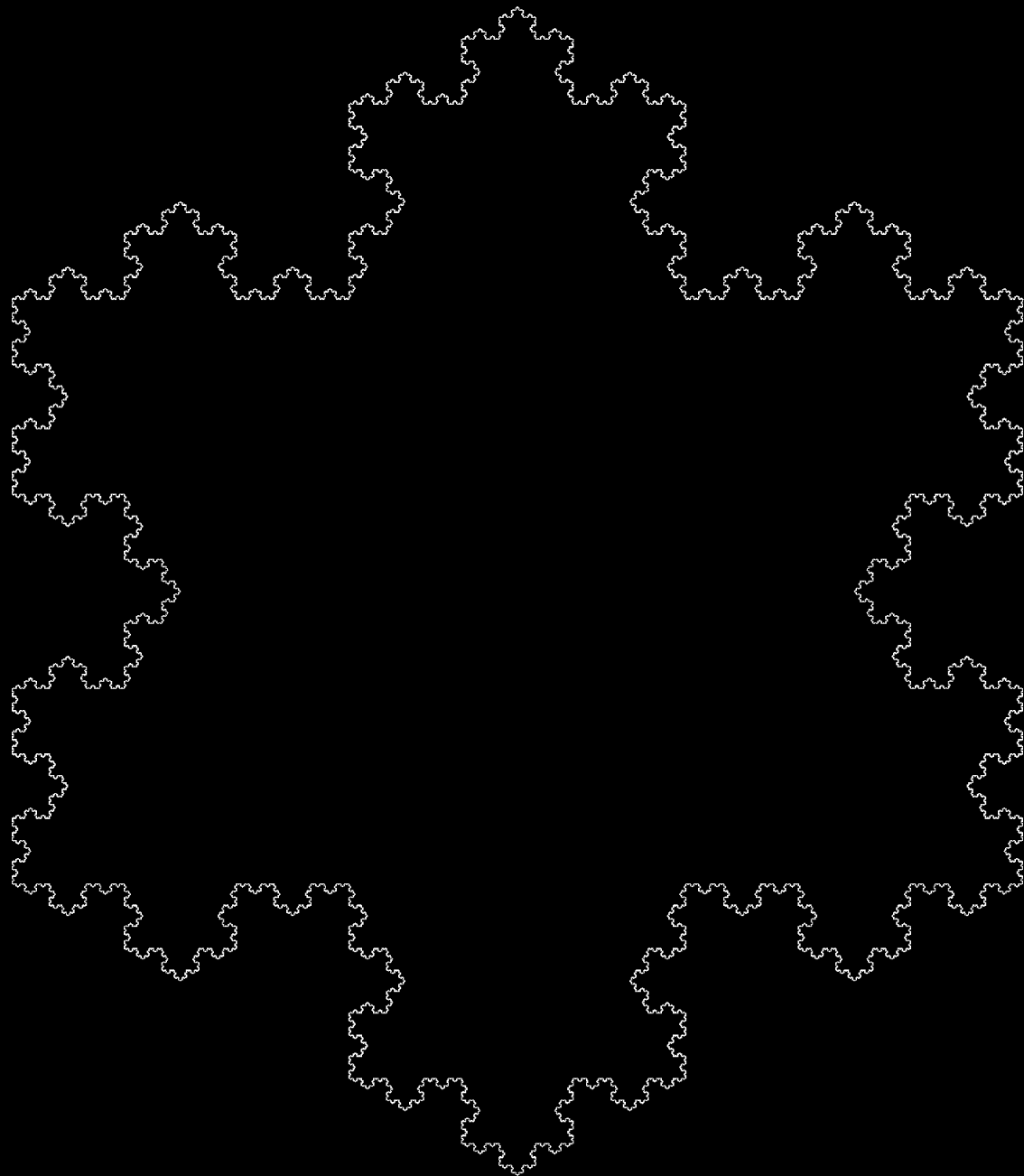
String Theory
gravity

no gravity
Particle Theory





Helge von Koch, 1904



$$z \leftarrow z^2 + c$$

c : un número, fijo.

Siempre empezando con $z = 0$

$$c = -1$$

$$z_0 = 0$$

$$z_1 = 0^2 + (-1) = -1$$

$$z_2 = (-1)^2 + (-1) = 0$$

$$z_3 = 0^2 + (-1) = -1$$

$$z_4 = (-1)^2 + (-1) = 0$$

⋮

NEGRO

ACOTADO

$$c = 1$$

$$z_0 = 0$$

$$z_1 = 0^2 + (1) = 1$$

$$z_2 = 1^2 + (1) = 2$$

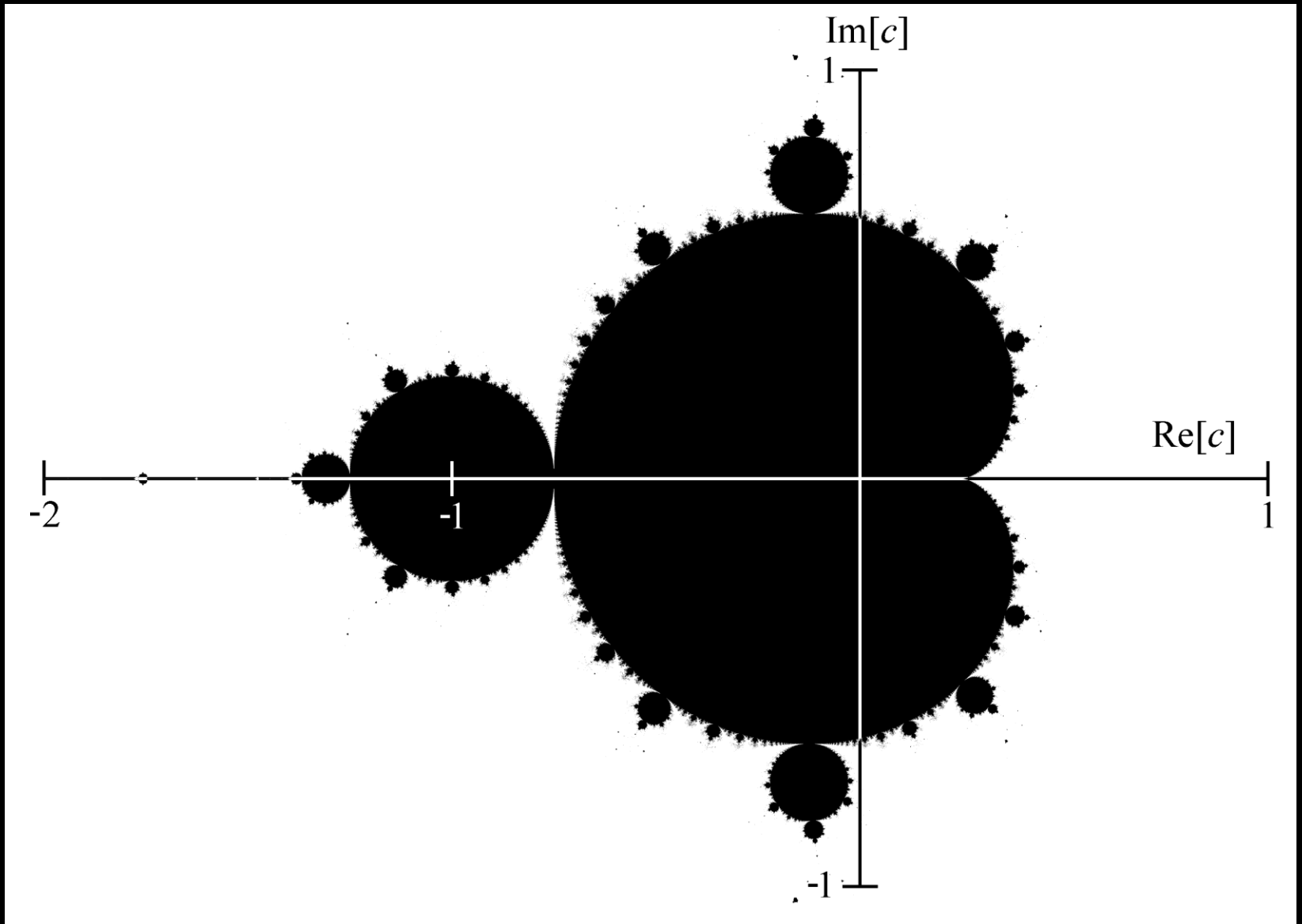
$$z_3 = 2^2 + (1) = 5$$

$$z_4 = 5^2 + (1) = 26$$

⋮

COLORES
(según velocidad
de divergencia)

DIVERGENTE



<https://www.youtube.com/watch?v=pCpLWbHVNhk>

$$\begin{aligned}\mathcal{L} = & -\frac{1}{4} F_{\mu\nu} F^{\mu\nu} \\ & + i\bar{\psi} \not{D} \psi + \text{h.c.} \\ & + \chi_i Y_{ij} \chi_j \phi + \text{h.c.} \\ & + |D_\mu \phi|^2 - V(\phi)\end{aligned}$$





