

LA RECETA CÓSMICA

ALBERTO GÜIJOSA

**DEPARTAMENTO DE FÍSICA DE ALTAS ENERGÍAS
INSTITUTO DE CIENCIAS NUCLEARES, UNAM**

alberto@nucleares.unam.mx

¿De qué está hecho nuestro universo?

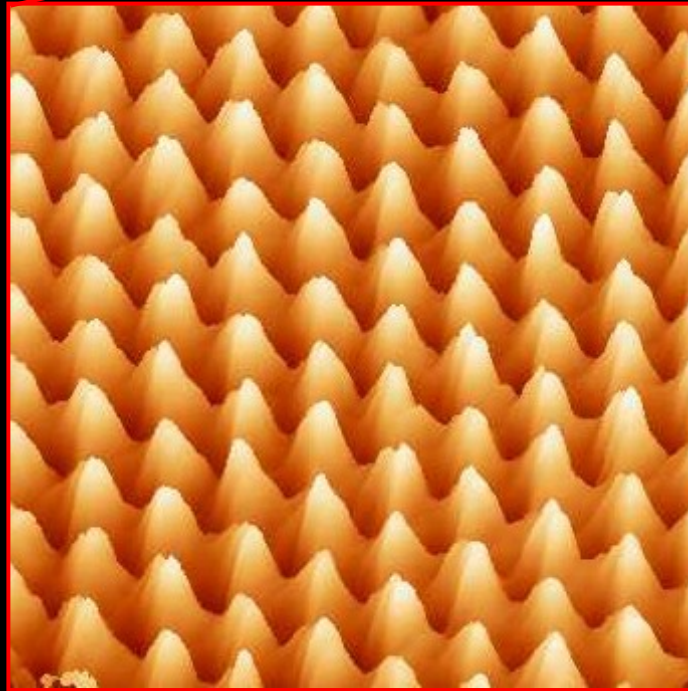
¿De qué está hecho nuestro universo?

La punta de un lápiz, por ejemplo:



¿De qué está hecho nuestro universo?

La punta de un lápiz, por ejemplo:



Átomos

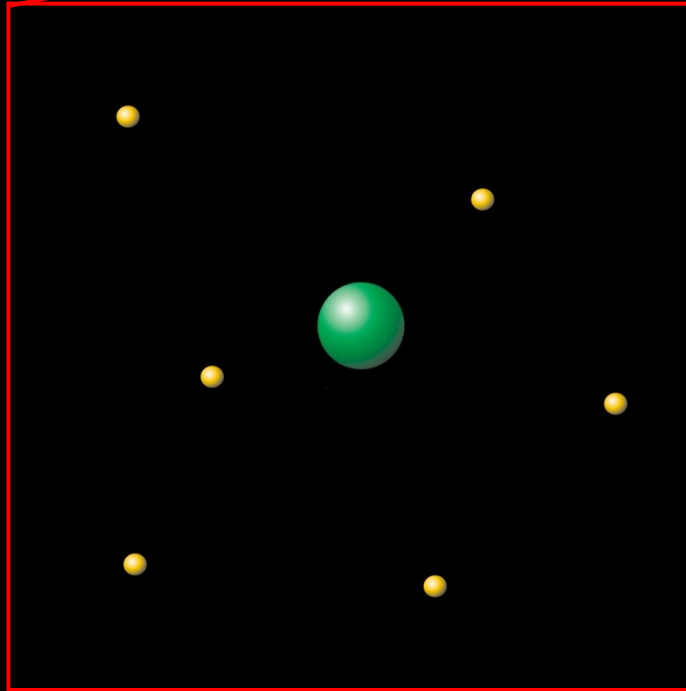
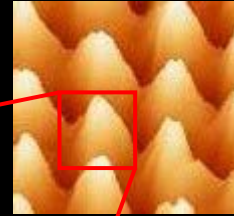
0.00000000001 m

[Dalton; Einstein; Perrin;...]

¿De qué está hecho nuestro universo?



¿De qué está hecho nuestro universo?



Núcleo (+)

10^{-14} m

[Rutherford]

Electrón (-)

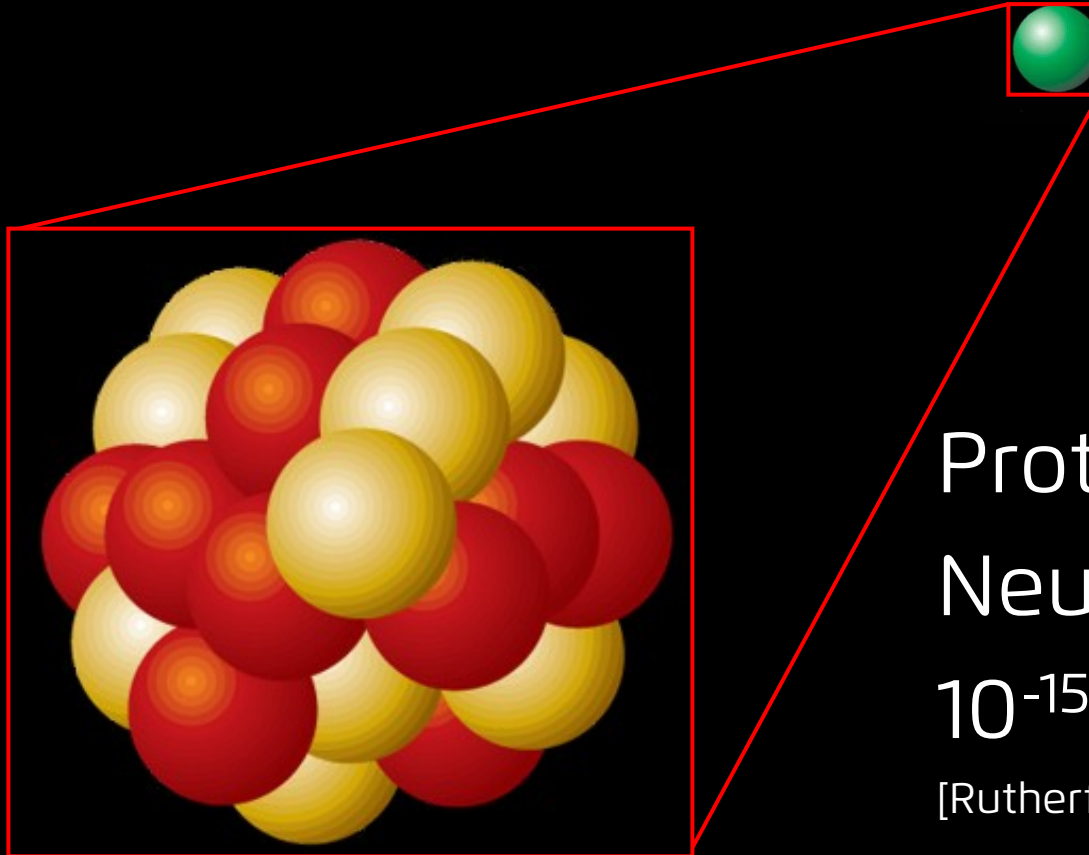
$<10^{-20}$ m

[Thomson]

¿De qué está hecho nuestro universo?



¿De qué está hecho nuestro universo?



Protones (+)

Neutrones

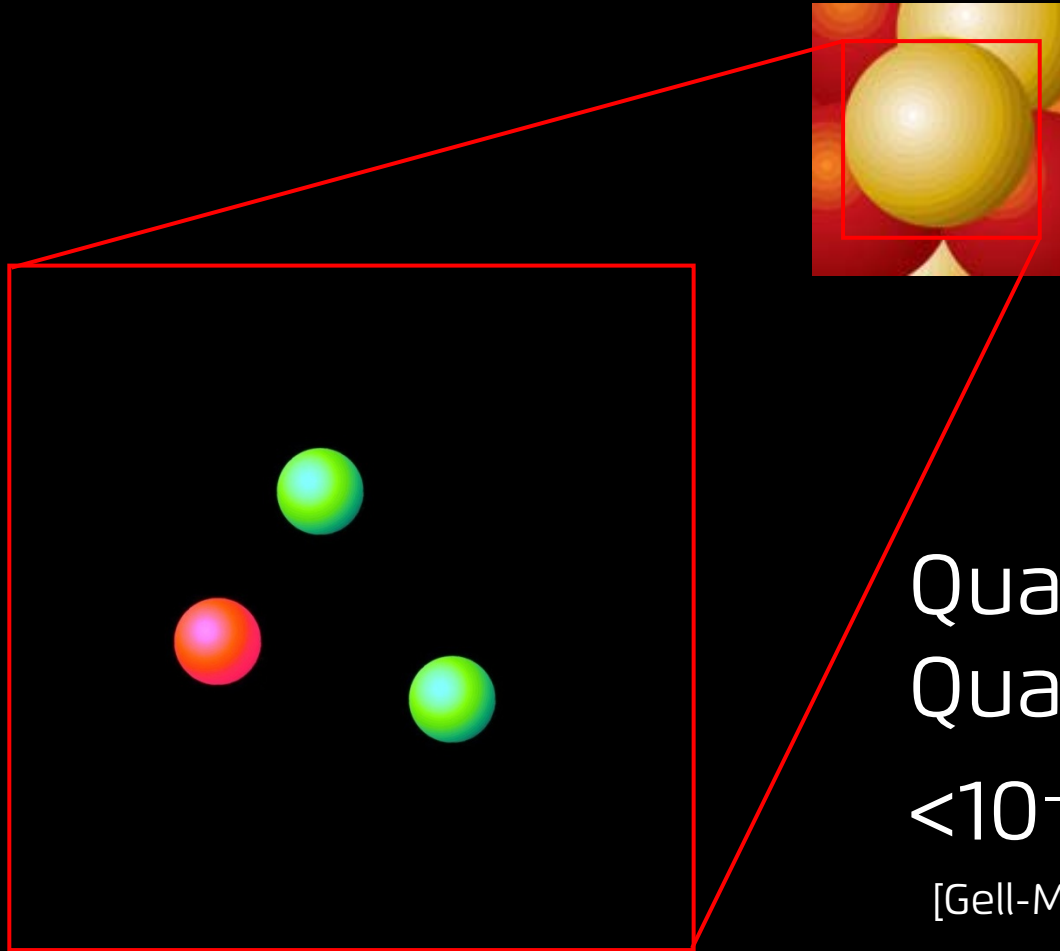
10^{-15} m

[Rutherford; Chadwick]

¿De qué está hecho nuestro universo?



¿De qué está hecho nuestro universo?



Quarks *arriba* (+)

Quarks *abajo* (-)

$<10^{-20}$ m

[Gell-Mann; Zweig]

¿De qué está hecho nuestro universo?

 Electrones

 Arribas

 Abajos

¿De qué está hecho nuestro universo?

 Electrones

 Arribas

 Abajos

son partículas **elementales**

¿De qué está hecho nuestro universo?

 Electrones

 Arribas

 Abajos

son partículas **elementales**

¡¡Todos los objetos que vemos están
hechos de solo 3 “ladrillos” básicos!!

¿De qué está hecho nuestro universo?

 Electrones

 Arribas

 Abajos

Su tamaño es

**menor a una
cientrillonésima
de metro** (10^{-20} m)

son partículas **elementales**

¿Cómo sabemos que existen?

¿Cómo sabemos que existen?

Porque pueden dejar huellas...

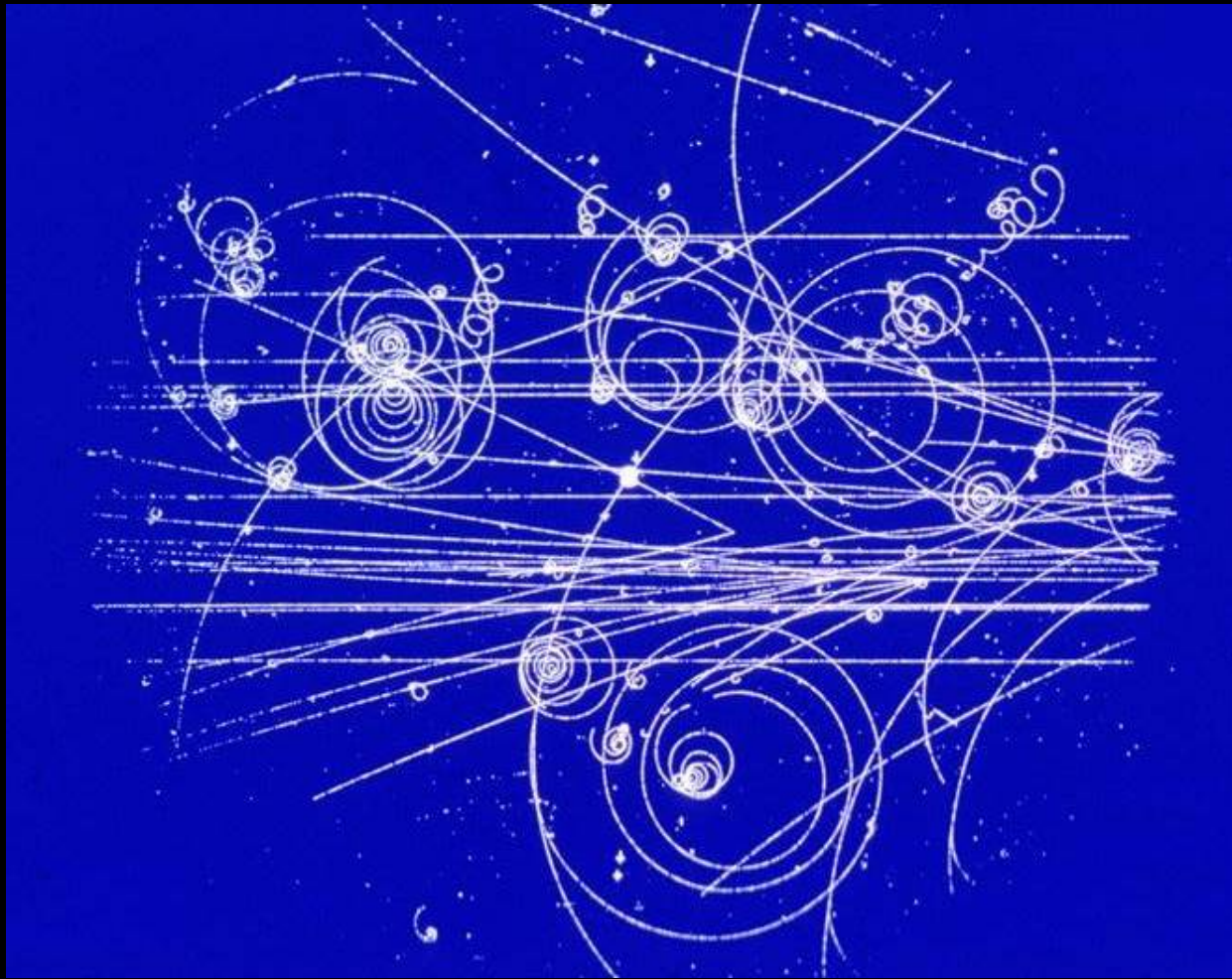
¿Cómo sabemos que existen?

Porque pueden dejar huellas...



¿Cómo sabemos que existen?

Imagen tomada con una 'cámara de burbujas':

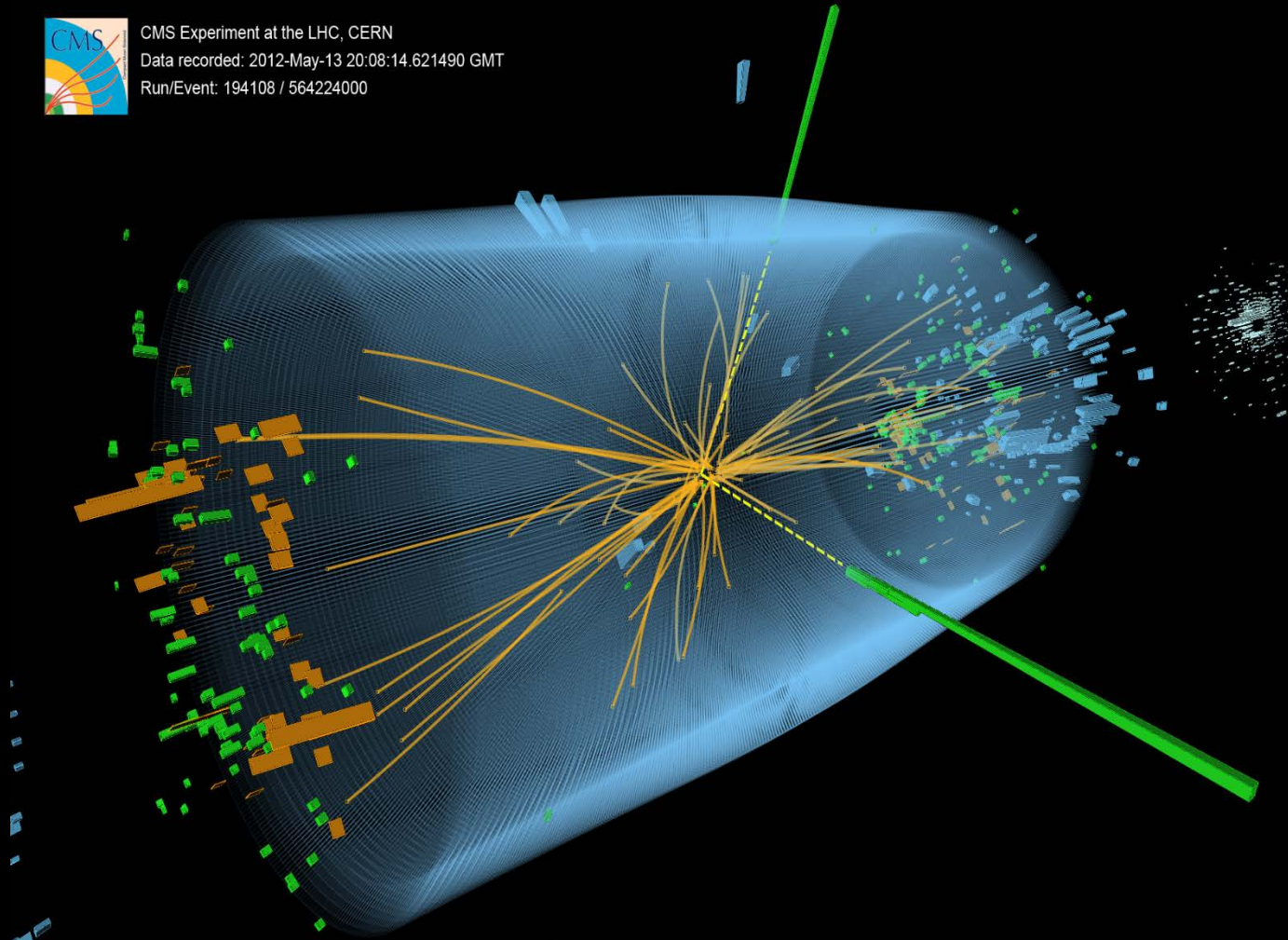


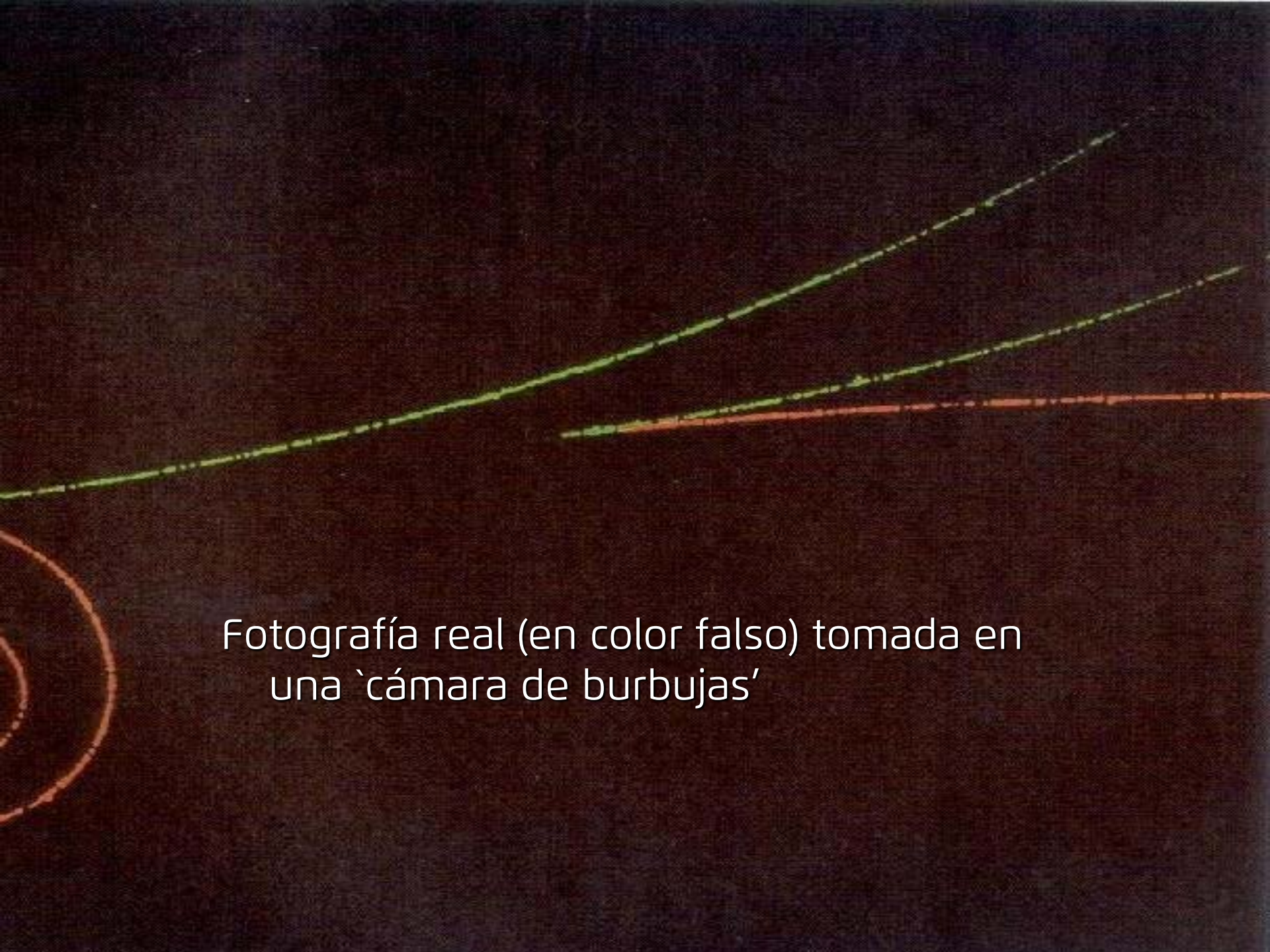
¿Cómo sabemos que existen?

Imagen tomada con un detector moderno:

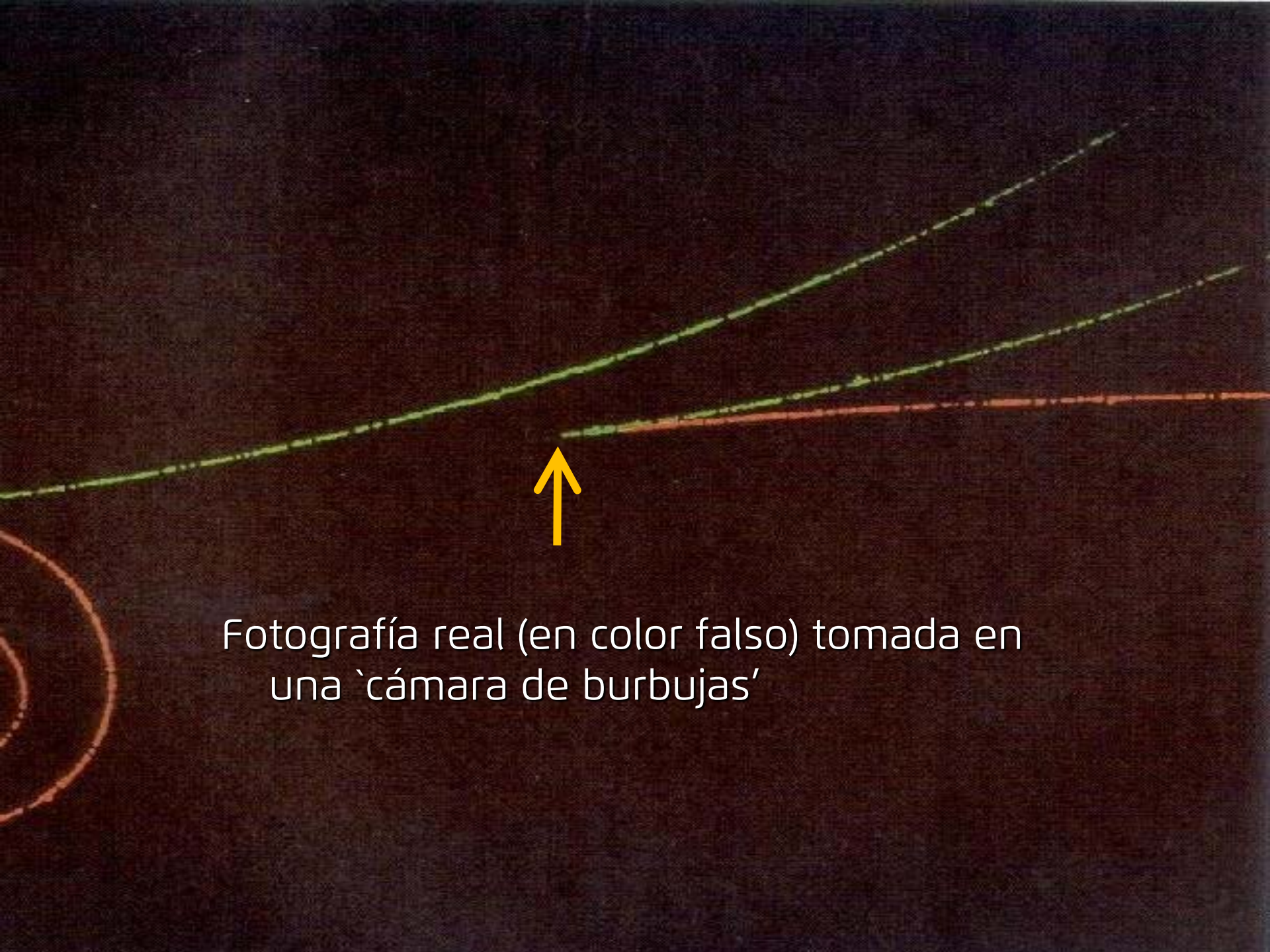


CMS Experiment at the LHC, CERN
Data recorded: 2012-May-13 20:08:14.621490 GMT
Run/Event: 194108 / 564224000

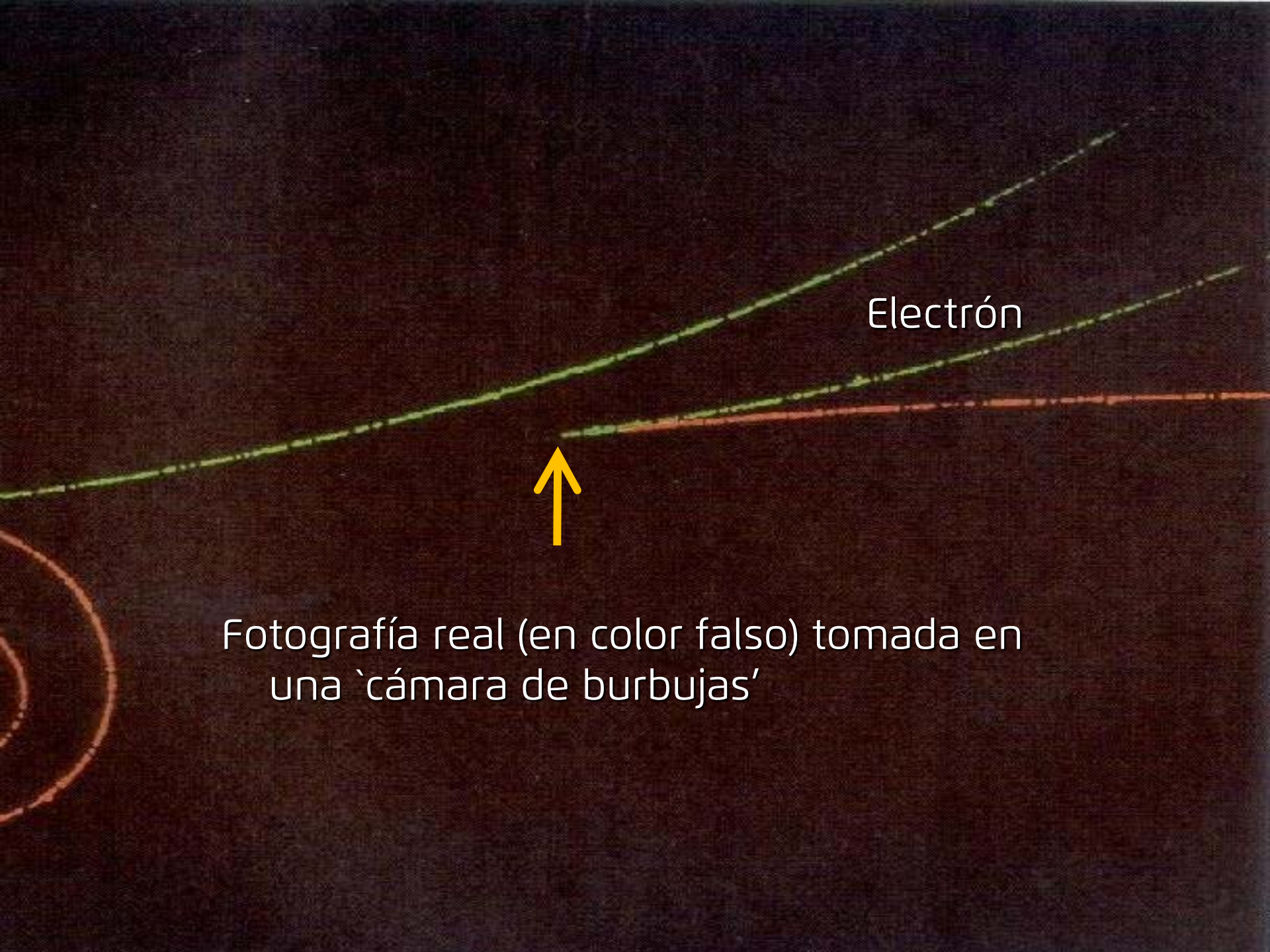




Fotografía real (en color falso) tomada en
una `cámara de burbujas'

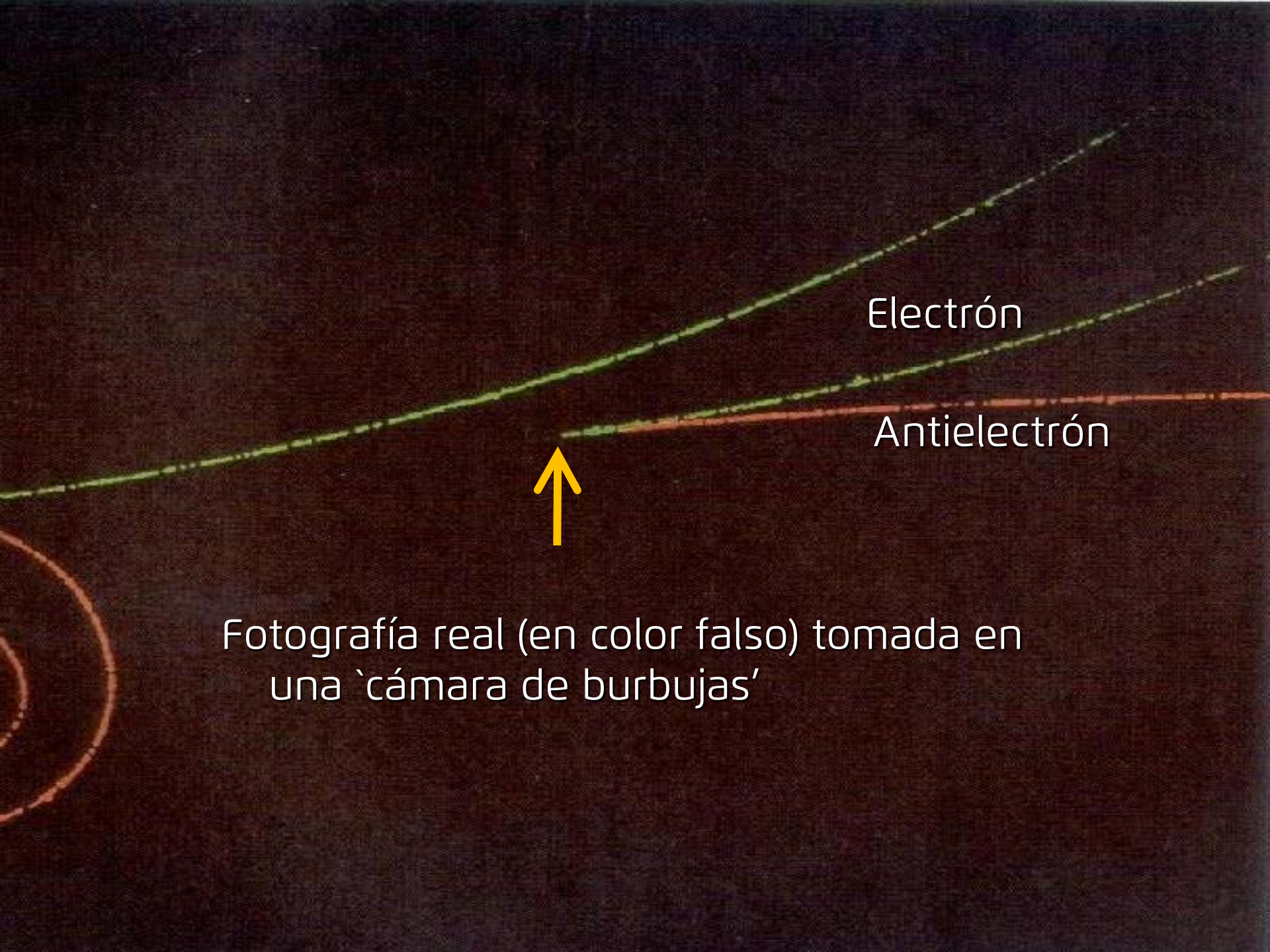


Fotografía real (en color falso) tomada en
una `cámara de burbujas'



Electrón

Fotografía real (en color falso) tomada en
una `cámara de burbujas`



Electrón

Antielectrón

Fotografía real (en color falso) tomada en
una `cámara de burbujas`

¡¡Las partículas elementales pueden
aparecer y desaparecer!!



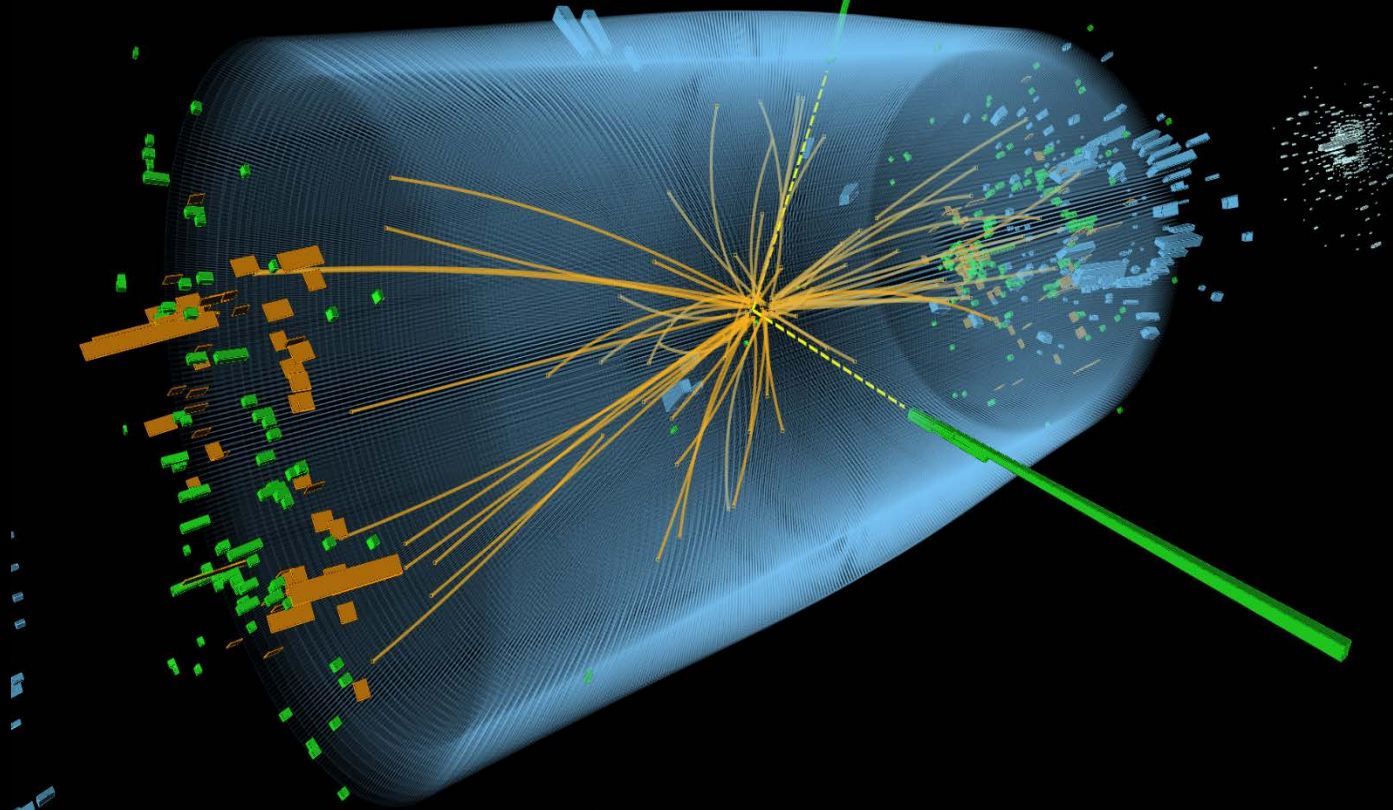
Fotografía real (en color falso) tomada en
una 'cámara de burbujas'

¡¡Las partículas elementales pueden **aparecer y desaparecer!!**

P.ej., en nuestros
colisionadores **CREAMOS**
nuevas partículas



CMS Experiment at the LHC, CERN
Data recorded: 2012-May-13 20:08:14.621490 GMT
Run/Event: 194108 / 564224000



Las partículas de las que estamos hechos hoy
aparecieron hace 13,800 millones de años,
después de la "Gran Explosión" o "Big Bang"







Las partículas
deben seguir
ciertas **reglas**
básicas
(conservar
energía, carga
eléctrica, etc.)

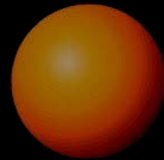


Las partículas
deben seguir
ciertas **reglas
básicas**
(conservar
energía, carga
eléctrica, etc.) ,
gracias a lo cual
NO hay riesgo
de que
desaparezcamos
repentinamente

Más Partículas Elementales

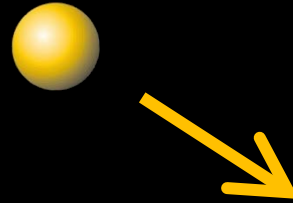
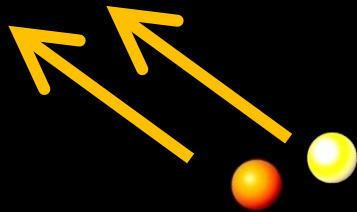
Más Partículas Elementales

Por ejemplo: el **muón** (-)



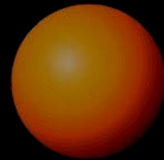
Más Partículas Elementales

Por ejemplo: el **muón** (-) vive solo
0.000002 seg



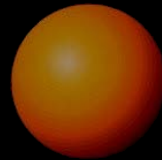
Más Partículas Elementales

Por ejemplo: el **muón** (-) vive solo
0.000002 seg



Más Partículas Elementales

Por ejemplo: el **muón** (-) vive solo
0.000002 seg

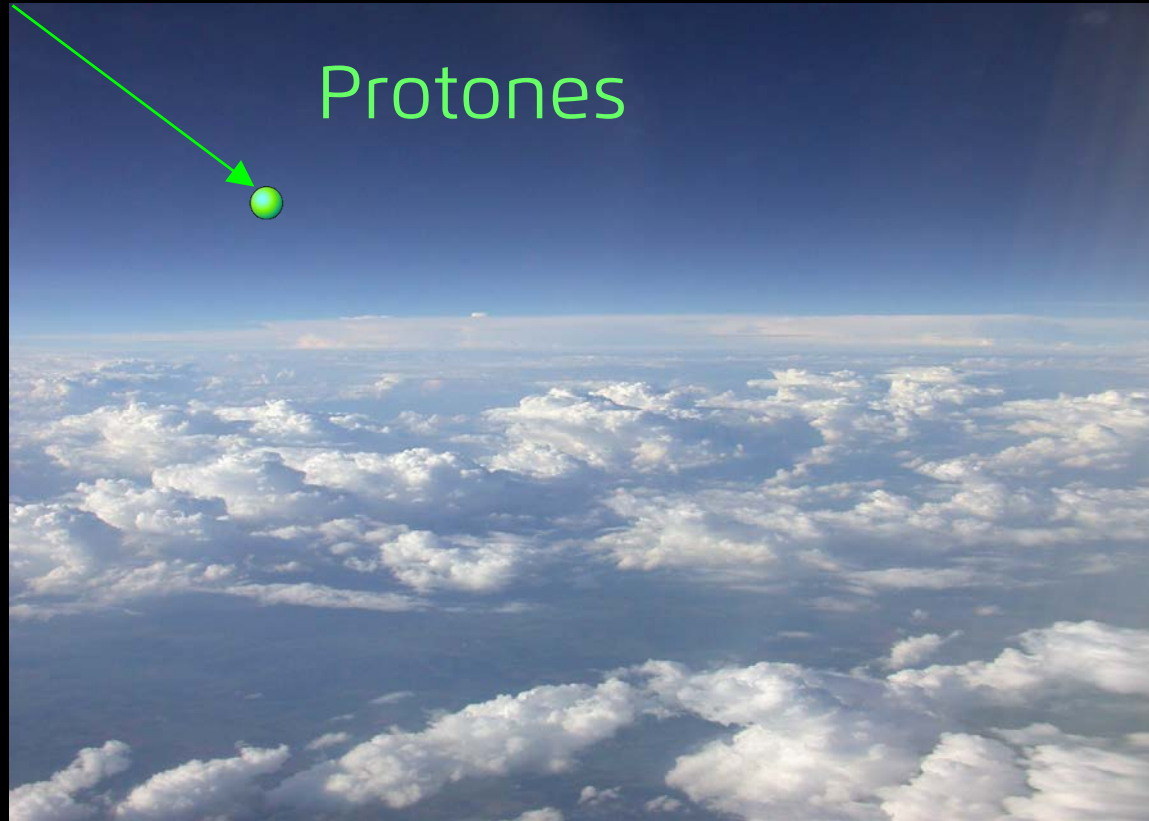


¿¿Dónde rayos encontramos muones??

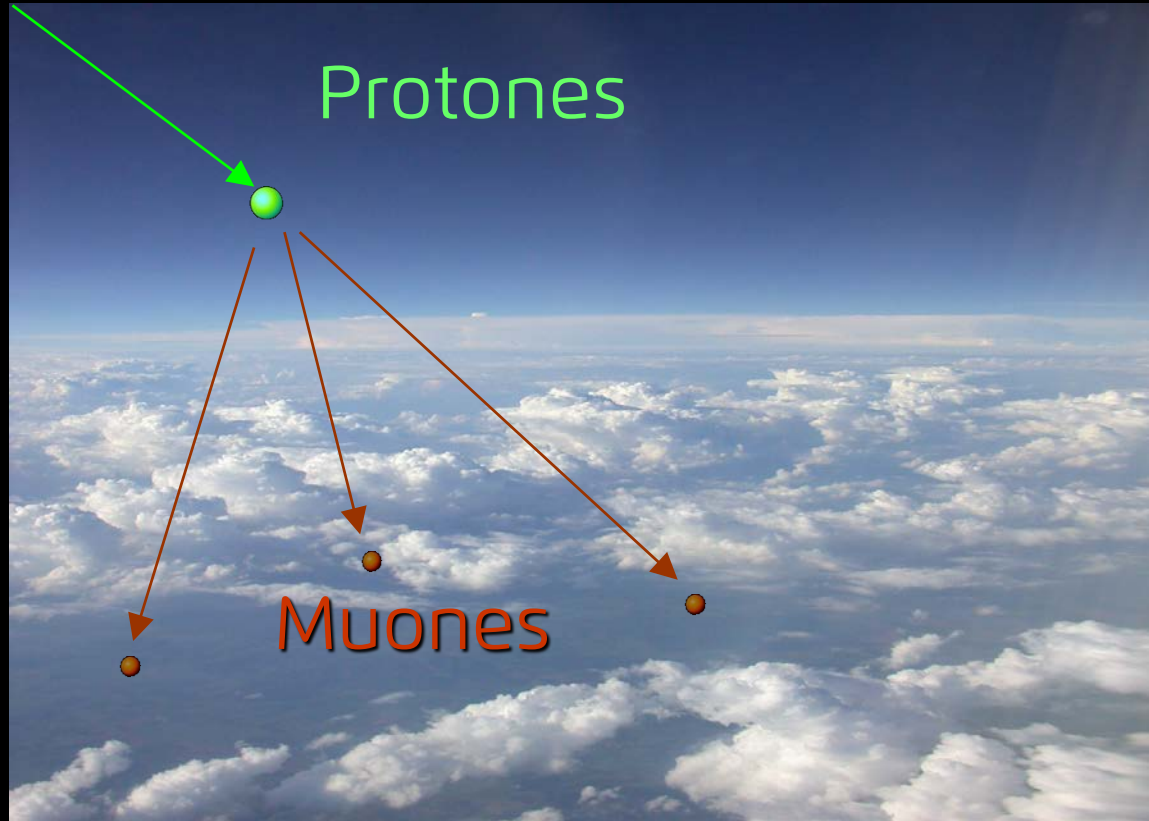
Rayos Cósmicos



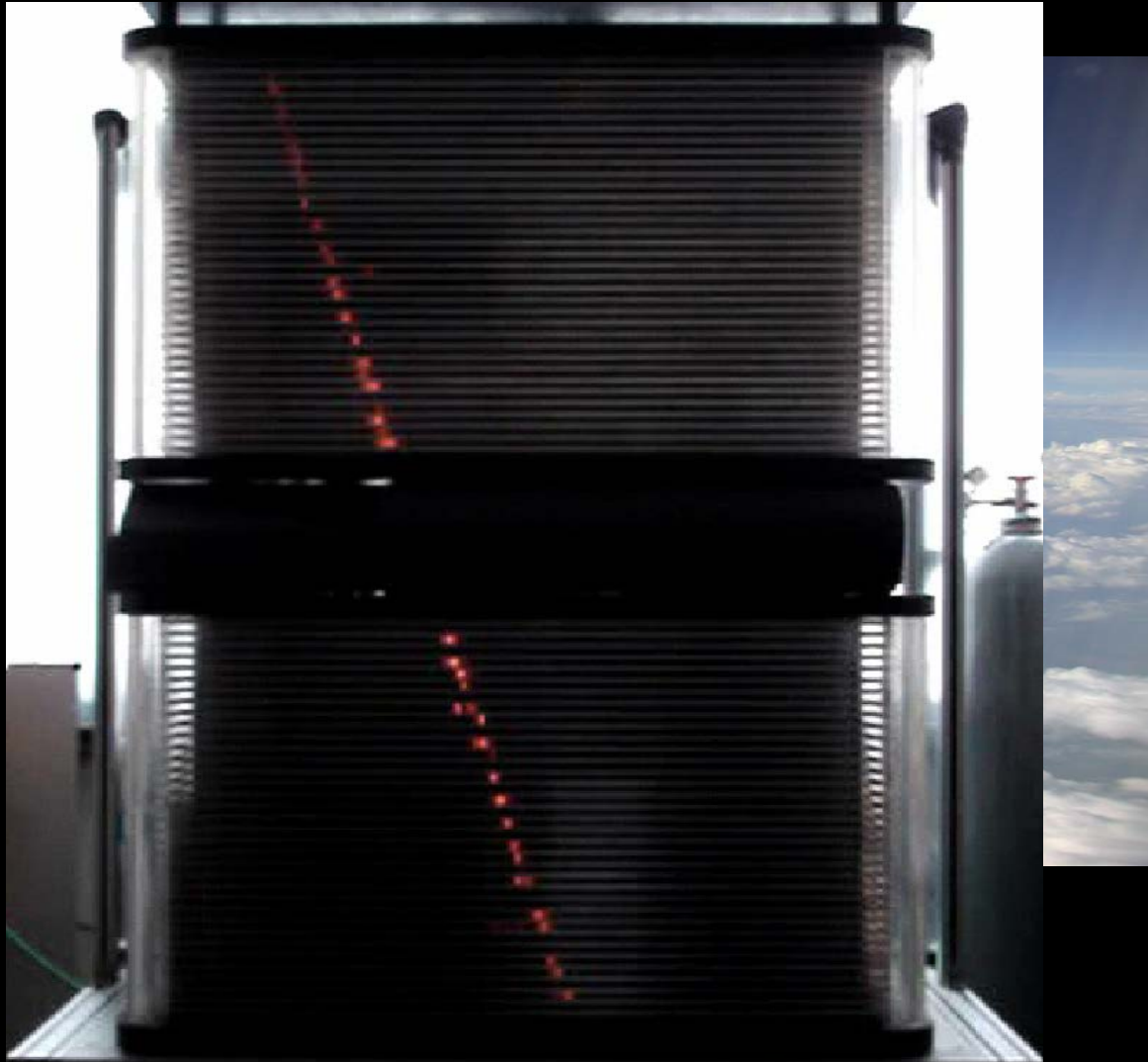
Rayos Cósmicos



Rayos Cósmicos



Rayos Cósmicos



Las partículas no están solo
flotando por ahí, sino que
interactúan entre sí a través de
**fuerzas o interacciones
fundamentales**

Fuerzas a Nivel Microscópico

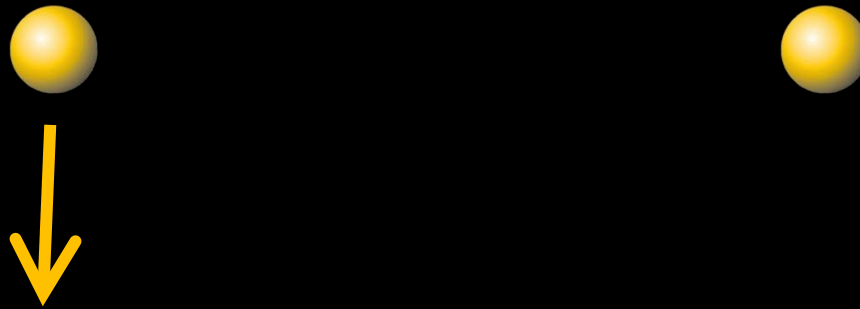
Fuerzas a Nivel Microscópico

Por ejemplo, repulsión entre 2 electrones:
[Feynman; Schwinger; Tomonaga]



Fuerzas a Nivel Microscópico

Por ejemplo, repulsión entre 2 electrones:
[Feynman; Schwinger; Tomonaga]



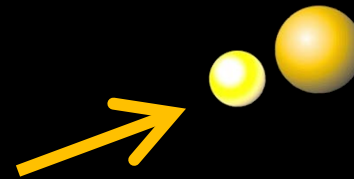
Fuerzas a Nivel Microscópico

Por ejemplo, repulsión entre 2 electrones:
[Feynman; Schwinger; Tomonaga]

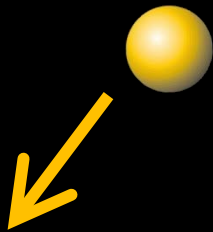


Fuerzas a Nivel Microscópico

Por ejemplo, repulsión entre 2 electrones:
[Feynman; Schwinger; Tomonaga]

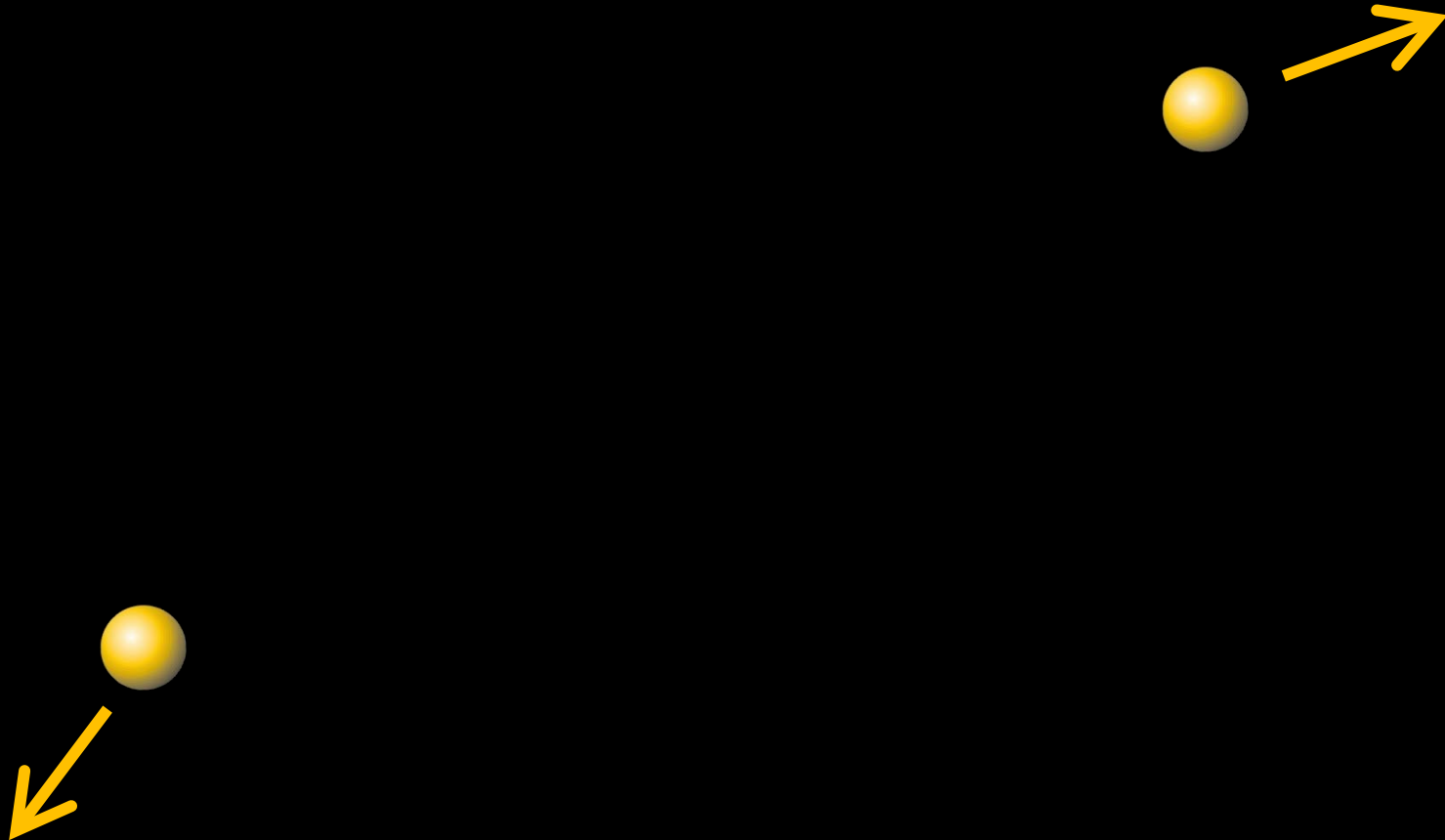


Fotón [Planck; Einstein]



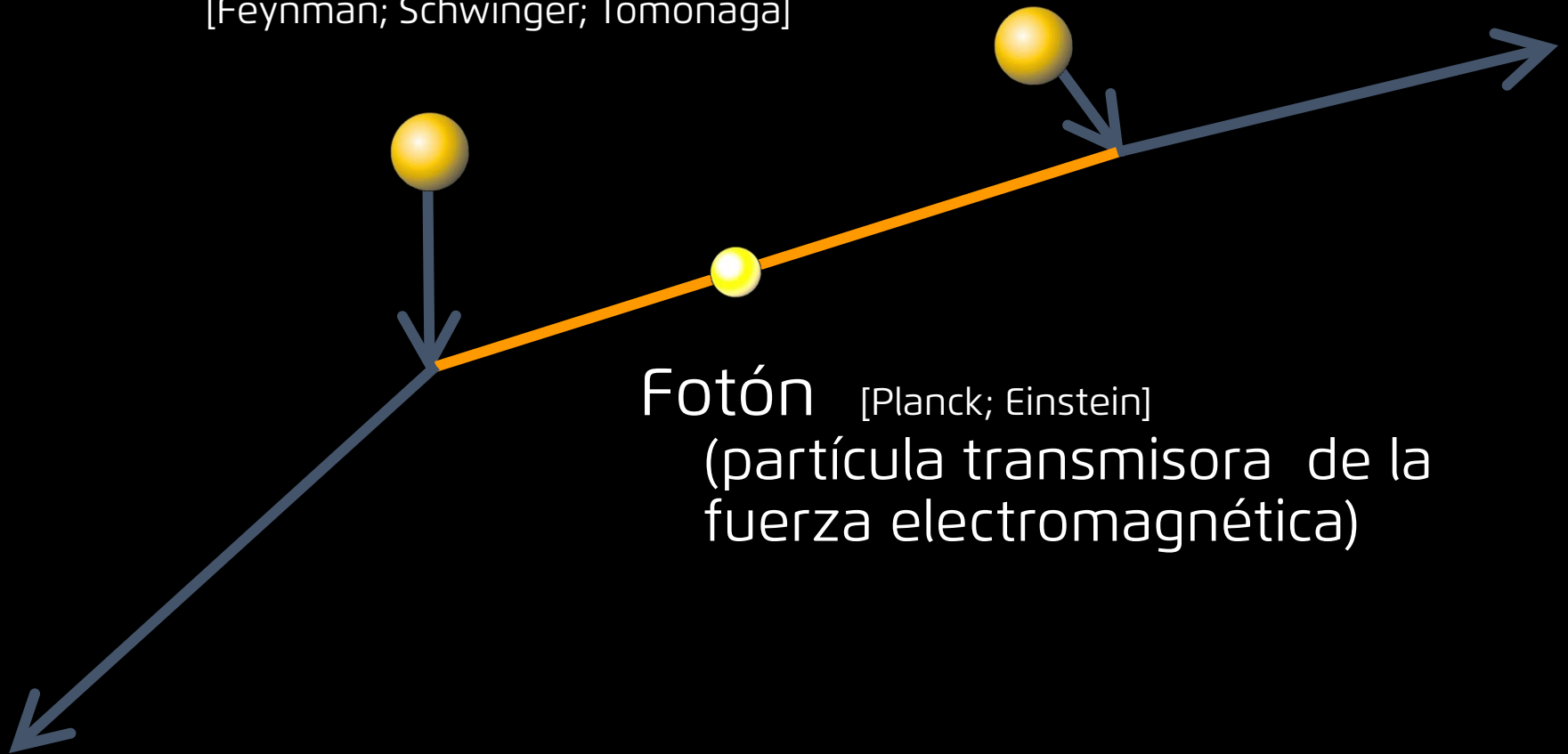
Fuerzas a Nivel Microscópico

Por ejemplo, repulsión entre 2 electrones:
[Feynman; Schwinger; Tomonaga]



Fuerzas a Nivel Microscópico

Por ejemplo, repulsión entre 2 electrones:
[Feynman; Schwinger; Tomonaga]



Fotón [Planck; Einstein]
(partícula transmisora de la
fuerza electromagnética)



Fuerza de Gravedad

[Newton;Einstein]



**Fuerza de
Gravedad**

[Newton;Einstein]



**Fuerza
Electromagnética**

[Maxwell;Faraday]

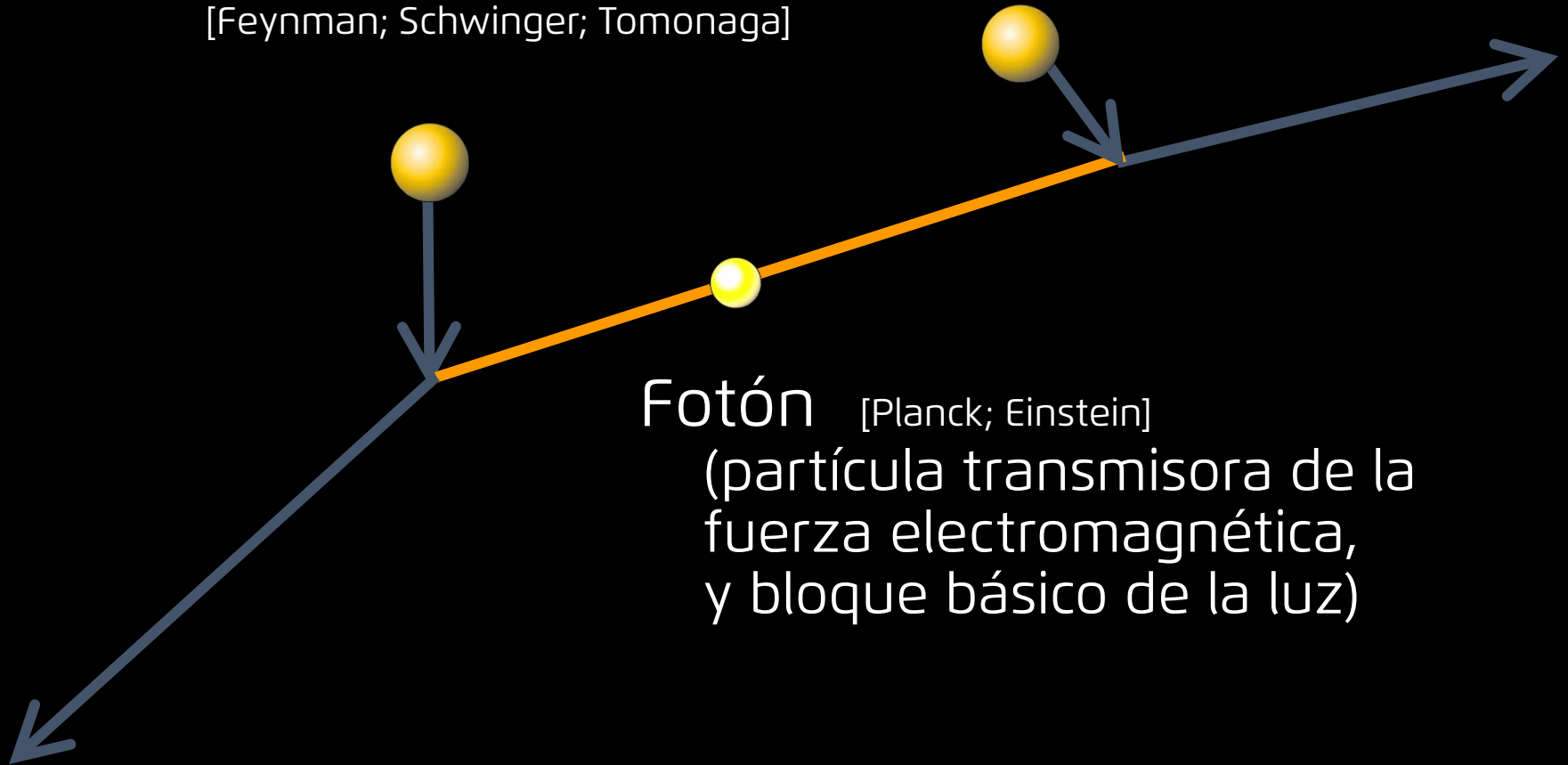


Los fotones son
además las
partículas de las
cuales **está
hecha la LUZ**



Fuerzas a Nivel Microscópico

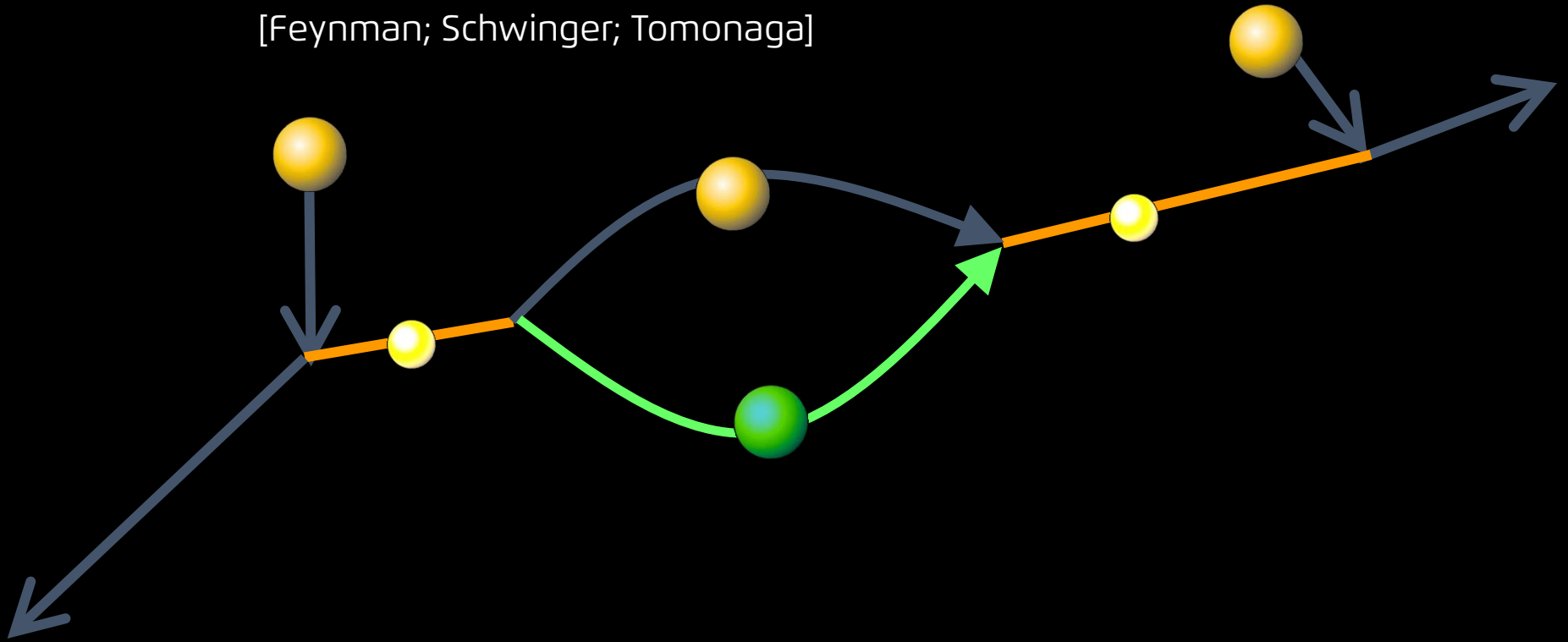
Por ejemplo, repulsión entre 2 electrones:
[Feynman; Schwinger; Tomonaga]



Fotón [Planck; Einstein]
(partícula transmisora de la
fuerza electromagnética,
y bloque básico de la luz)

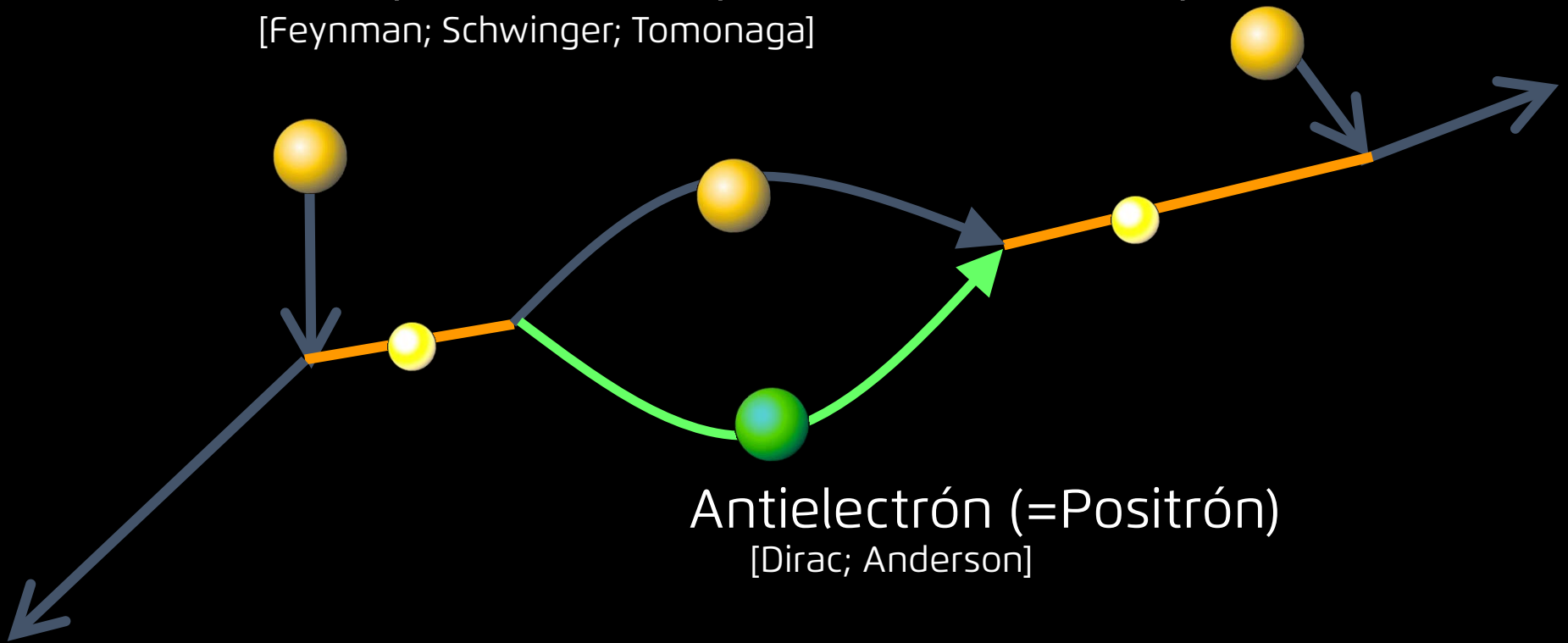
Fuerzas a Nivel Microscópico

Contribuyen también procesos más complicados:
[Feynman; Schwinger; Tomonaga]



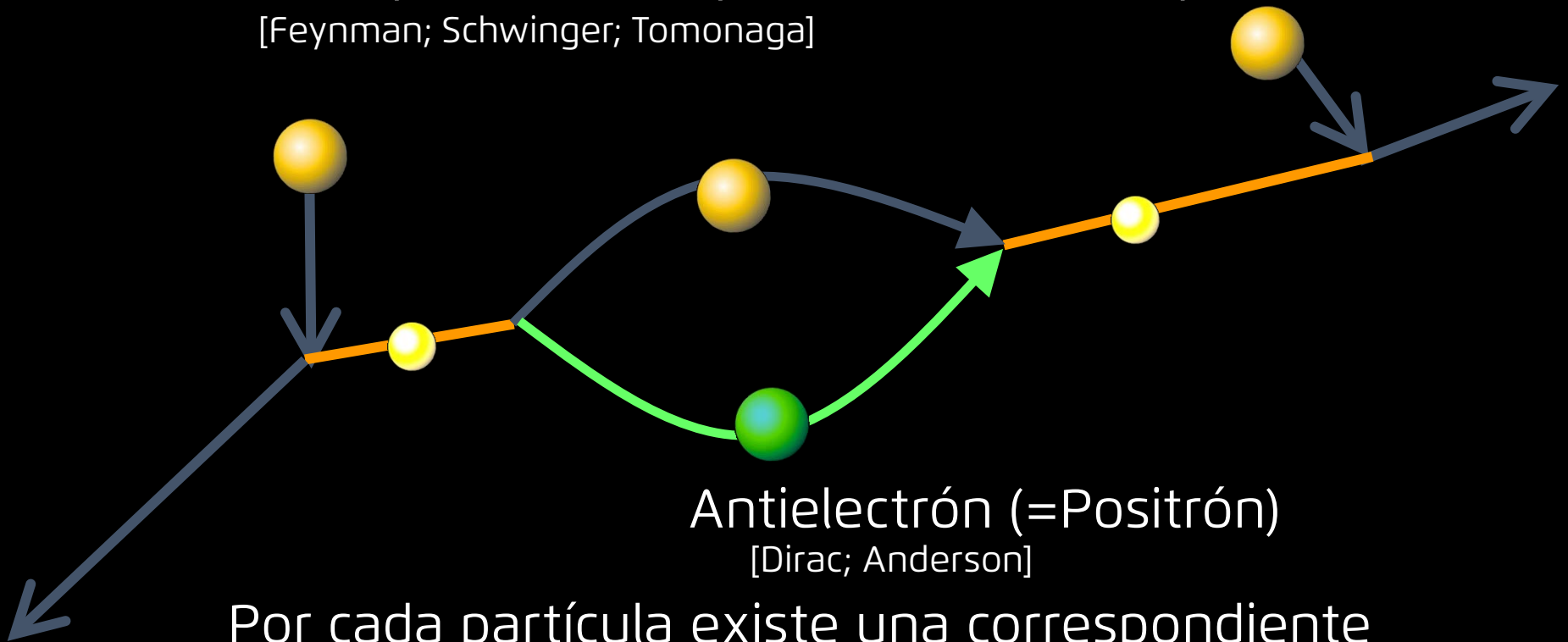
Fuerzas a Nivel Microscópico

Contribuyen también procesos más complicados:
[Feynman; Schwinger; Tomonaga]



Fuerzas a Nivel Microscópico

Contribuyen también procesos más complicados:
[Feynman; Schwinger; Tomonaga]



Antielectrón (=Positrón)
[Dirac; Anderson]

Por cada partícula existe una correspondiente
antipartícula (hay antiquarks, antiprotones, etc.)

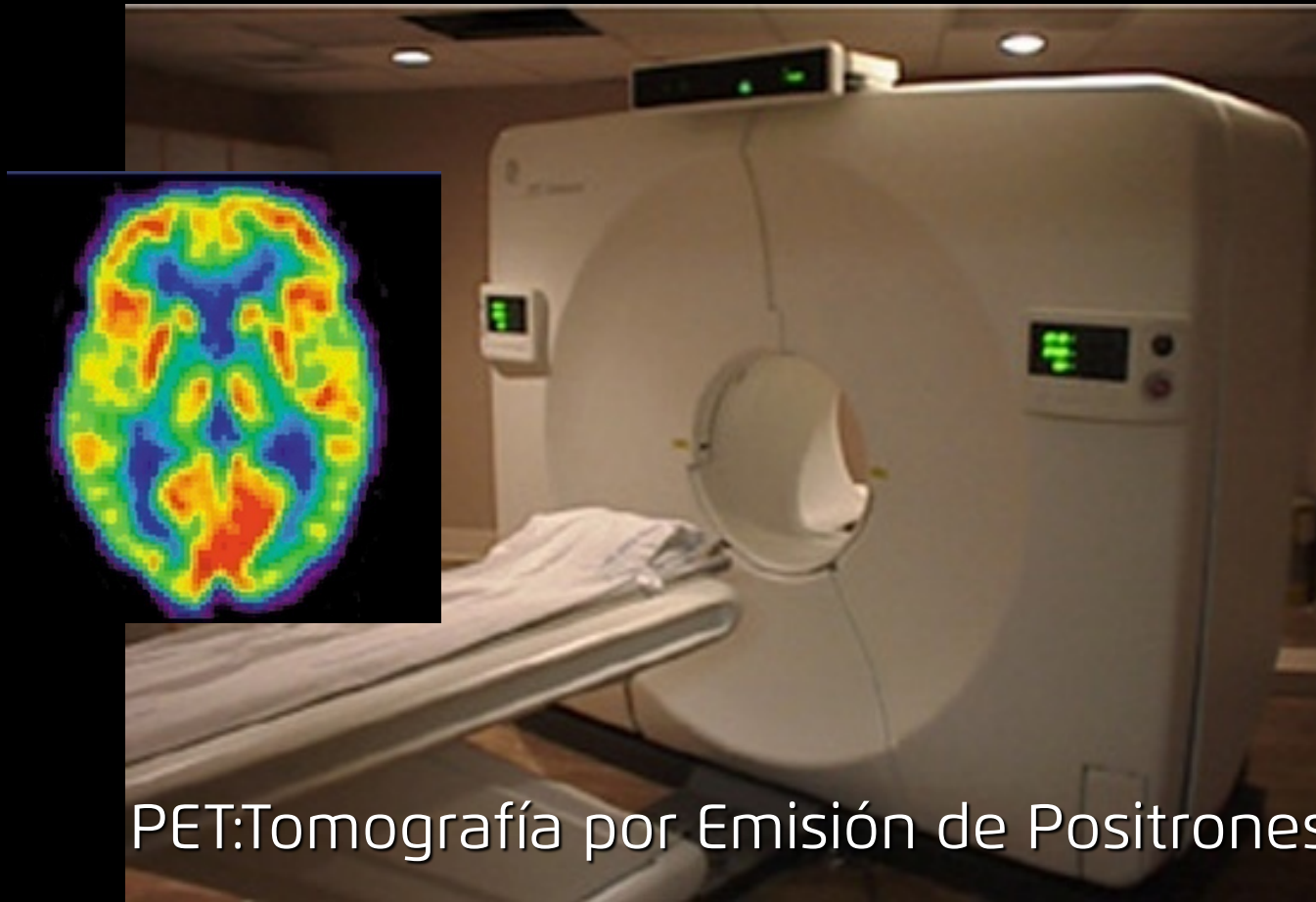


PET:Tomografía por Emisión de Positrones

Antielectrón (=Positrón)

[Dirac; Anderson]

Por cada partícula existe una correspondiente
antipartícula



PET:Tomografía por Emisión de Positrones

Antielectrón (=Positrón)

[Dirac; Anderson]

Por cada partícula existe una correspondiente
antipartícula

La teoría específica que resume todo lo que sabemos con certeza hasta ahora sobre la **receta cósmica** tiene un nombre muy modesto...

Modelo Estándar

Modelo Estándar

12 “ladrillos” básicos de la materia:

6 quarks

[Gell-Mann;
Zweig; Richter;
Ting;...]

Arriba 5, $2/3$		Encanto 2400, $2/3$		Cima 340000, $2/3$	
Abajo 12, $-1/3$		Extraño 205, $-1/3$		Belleza 8300, $-1/3$	
Electrón 1, -1		Muón 207, -1		Tau(ón) 3477, -1	
Neutrino del electrón <0.000006, 0		Neutrino del muón <0.37, 0		Neutrino del tau(ón) <36, 0	

6 leptones

[Thomson;
Anderson;
Neddermeyer;...]

Modelo Estándar

12 “ladrillos” básicos de la materia:

6 quarks

[Gell-Mann;
Zweig; Richter;
Ting;...]

Arriba 5, $2/3$	Encanto 2400, $2/3$	Cima 340000, $2/3$
Abajo 12, $-1/3$	Extraño 205, $-1/3$	Belleza 8300, $-1/3$
Electrón 1, -1	Muón 207, -1	Tau(ón) 3477, -1
Neutrino del electrón <0.000006, 0	Neutrino del muón <0.37, 0	Neutrino del tau(ón) <36, 0

6 leptones

[Thomson;
Anderson;
Neddermeyer;...]

Modelo Estándar

12 “ladrillos” básicos de la materia:

6 quarks

[Gell-Mann;
Zweig; Richter;
Ting;...]

Arriba 5, $2/3$	Encanto 2400, $2/3$	Cima 340000, $2/3$
Abajo 12, $-1/3$	Extraño 205, $-1/3$	Belleza 8300, $-1/3$
Electrón 1, -1	Muón 207, -1	Tau(ón) 3477, -1
Neutrino del electrón <0.000006, 0	Neutrino del muón <0.37, 0	Neutrino del tau(ón) <36, 0

6 leptones

[Thomson;
Anderson;
Neddermeyer;...]

Modelo Estándar

12 “ladrillos” básicos de la materia:

6 quarks

[Gell-Mann;
Zweig; Richter;
Ting;...]

Arriba 5, $2/3$		Encanto 2400, $2/3$		Cima 340000, $2/3$	
Abajo 12, $-1/3$		Extraño 205, $-1/3$		Belleza 8300, $-1/3$	
Electrón 1, -1		Muón 207, -1		Tau(ón) 3477, -1	
Neutrino del electrón <0.000006, 0		Neutrino del muón <0.37, 0		Neutrino del tau(ón) <36, 0	

6 leptones

[Thomson;
Anderson;
Neddermeyer;...]

3 ‘familias’ o ‘generaciones’

Modelo Estándar

4 "cementos" (partículas que dan origen a las
3 **fuerzas fundamentales**):

Modelo Estándar

4 "cementos" (partículas que dan origen a las
3 **fuerzas fundamentales**):

- **Electromagnética: Fotón** 

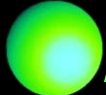
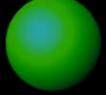
[Maxwell; Feynman; Schwinger; Tomonaga]

Modelo Estándar

4 "cementos" (partículas que dan origen a las 3 **fuerzas fundamentales**):

- Electromagnética: Fotón 

[Maxwell; Feynman; Schwinger; Tomonaga]

- Débil: W , Z 

[Curie; Becquerel; Fermi; Glashow; Salam; Weinberg]

- Fuerte: Gluón 

[Gross, Wilczek; Politzer;...]

Modelo Estándar

4 "cementos" (partículas que dan origen a las 3 **fuerzas fundamentales**):

- **Electromagnética: Fotón** ●

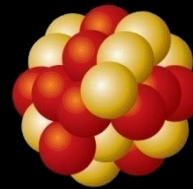
[Maxwell; Feynman; Schwinger; Tomonaga]

- **Débil: W** ●, **Z** ●

[Curie; Becquerel; Fermi; Glashow; Salam; Weinberg]

- **Fuerte: Gluón** ●

[Gross, Wilczek; Politzer;...]



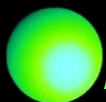
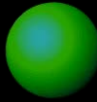
Núcleo

Modelo Estándar

4 "cementos" (partículas que dan origen a las 3 **fuerzas fundamentales**):

- **Electromagnética: Fotón** 

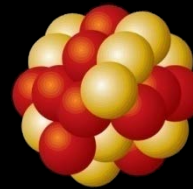
[Maxwell; Feynman; Schwinger; Tomonaga]

- **Débil: W** , **Z** 

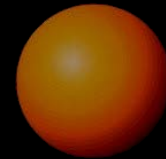
[Curie; Becquerel; Fermi; Glashow; Salam; Weinberg]

- **Fuerte: Gluón** 

[Gross, Wilczek; Politzer;...]



Núcleo

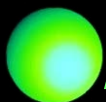
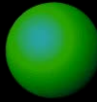


Modelo Estándar

4 "cementos" (partículas que dan origen a las 3 **fuerzas fundamentales**):

- **Electromagnética: Fotón** 

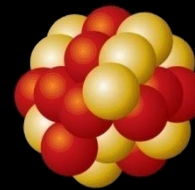
[Maxwell; Feynman; Schwinger; Tomonaga]

- **Débil: W** , **Z** 

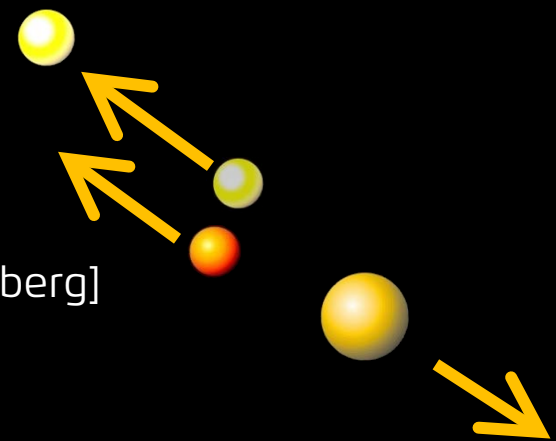
[Curie; Becquerel; Fermi; Glashow; Salam; Weinberg]

- **Fuerte: Gluón** 

[Gross, Wilczek; Politzer;...]



Núcleo

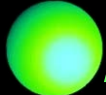
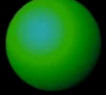


Modelo Estándar

4 "cementos" (partículas que dan origen a las 3 **fuerzas fundamentales**):

- Electromagnética: Fotón 

[Maxwell; Feynman; Schwinger; Tomonaga]

- Débil: W , Z 

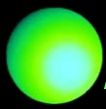
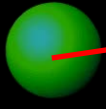
[Curie; Becquerel; Fermi; Glashow; Salam; Weinberg]

- Fuerte: Gluón 

[Gross, Wilczek; Politzer;...]

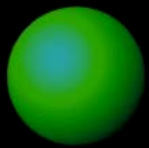
Modelo Estándar

4 "cementos" (partículas que dan origen a las 3 **fuerzas fundamentales**):

- **Electromagnética: Fotón** 
[Maxwell; Feynman; Schwinger; Tomonaga]
 - **Débil: W** , **Z** 
[Curie; Becquerel; Fermi; Glashow; Salam; Weinberg]
 - **Fuerte: Gluón** 
[Gross, Wilczek; Politzer;...]
- Electrodébil**
[Glashow; Salam; Weinberg]
- 

Modelo Estándar

1 partícula adicional (asociada al origen de la **masa** de las otras partículas, y a la aparente distinción entre **fuerzas electromagnética y débil**):



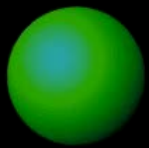
Bosón de Higgs

[Higgs; Brout,Englert; Guralnik,Haag,Kibble]

245000,0

Modelo Estándar

1 partícula adicional (asociada al origen de la **masa** de las otras partículas, y a la aparente distinción entre **fuerzas electromagnética y débil**):



Bosón de Higgs

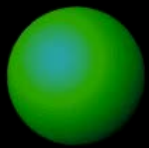
[Higgs; Brout,Englert; Guralnik,Haag,Kibble]

245000,0

= "Partícula **sociable**"

Modelo Estándar

1 partícula adicional (asociada al origen de la **masa** de las otras partículas, y a la aparente distinción entre **fuerzas electromagnética y débil**):



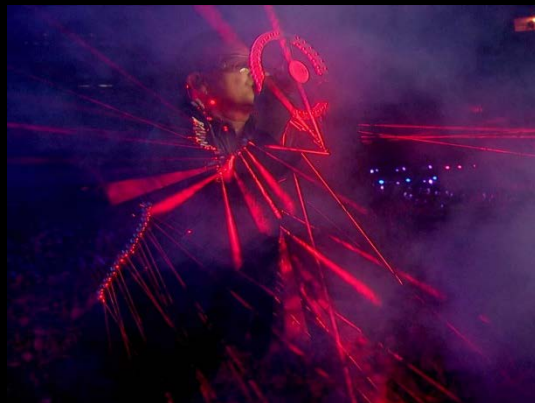
Bosón de Higgs

[Higgs; Brout,Englert; Guralnik,Haag,Kibble]

245000,0

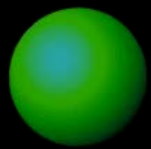
= “Partícula **sociable**”

Los fotones también son sociables, lo cual explica el láser



Modelo Estándar

1 partícula adicional (asociada al origen de la **masa** de las otras partículas, y a la aparente distinción entre **fuerzas electromagnética y débil**):



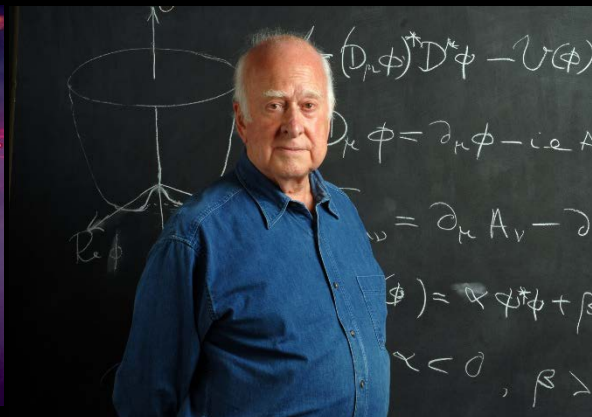
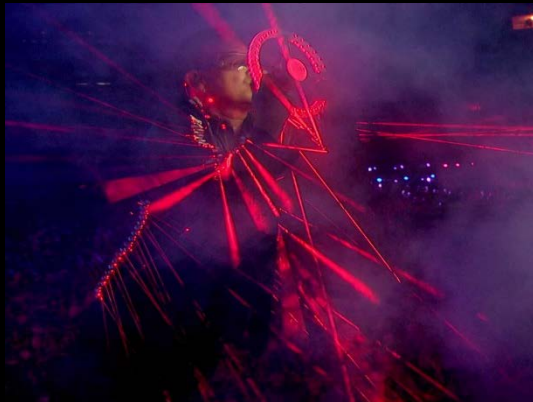
Bosón de Higgs

[Higgs; Brout, Englert; Guralnik, Haag, Kibble]

245000,0

= “Partícula **sociable de Pedro**”

Los fotones también son sociables, lo cual explica el láser



Peter
Higgs
1964



Científicos descubren una partícula
'consistente' con el bosón de Higgs



Higgs boson-like particle discovery claimed at LHC

2012

EL PAIS

NewScientist

¡La partícula de Higgs por fin!

Celebrations as Higgs boson is finally discovered



Presume CERN al bosón de Higgs

EL UNIVERSAL

El Bosón de Higgs, el mayor
descubrimiento en un siglo

Forbes

Higgs Boson Discovery Has Been
Confirmed

The New York Times

Physicists Find Elusive Particle

ScienceNews

Le Monde

Higgs — at last!

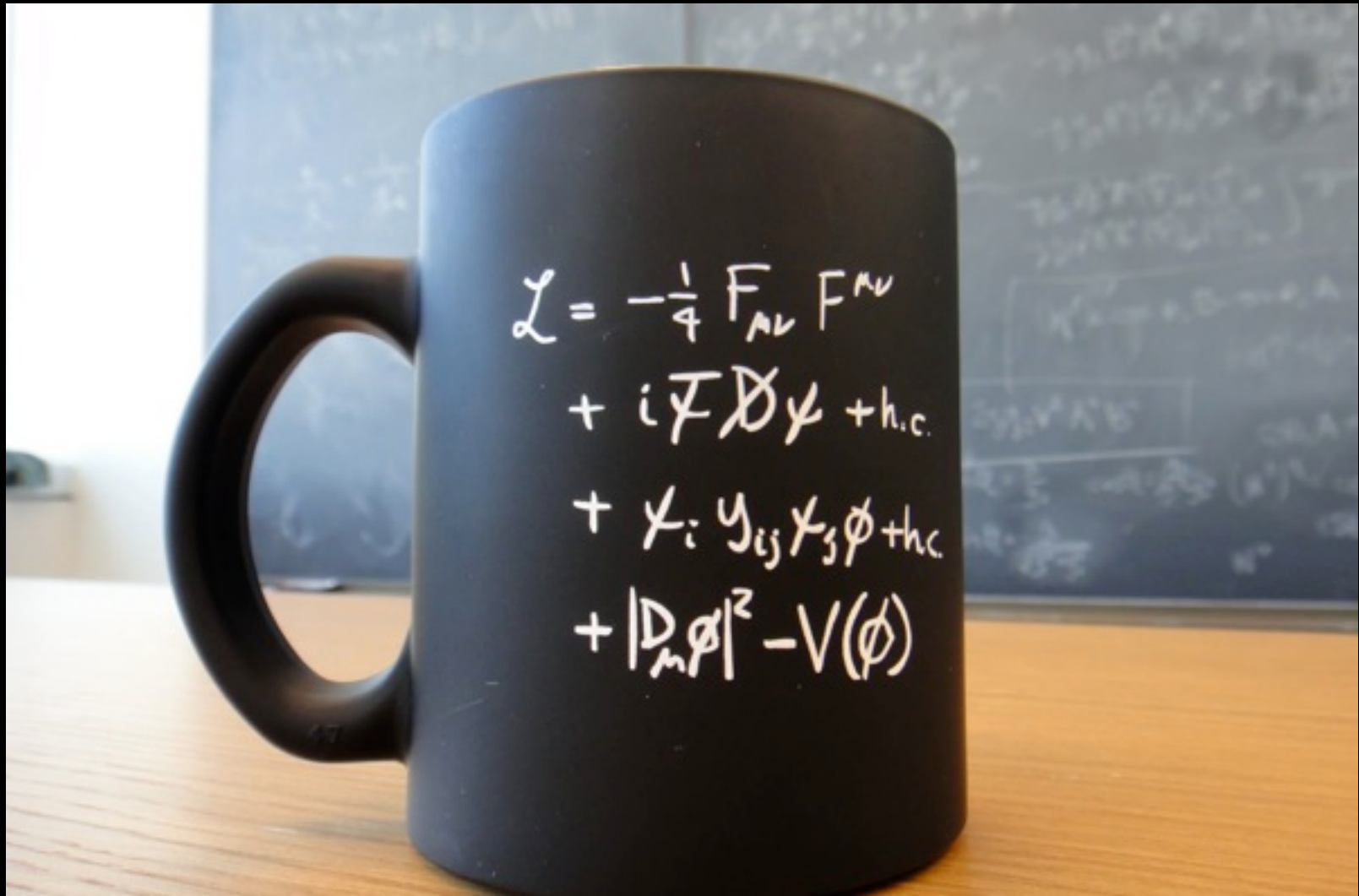
Le boson de Higgs découvert

Modelo Estándar

La física describe al mundo con **matemáticas**

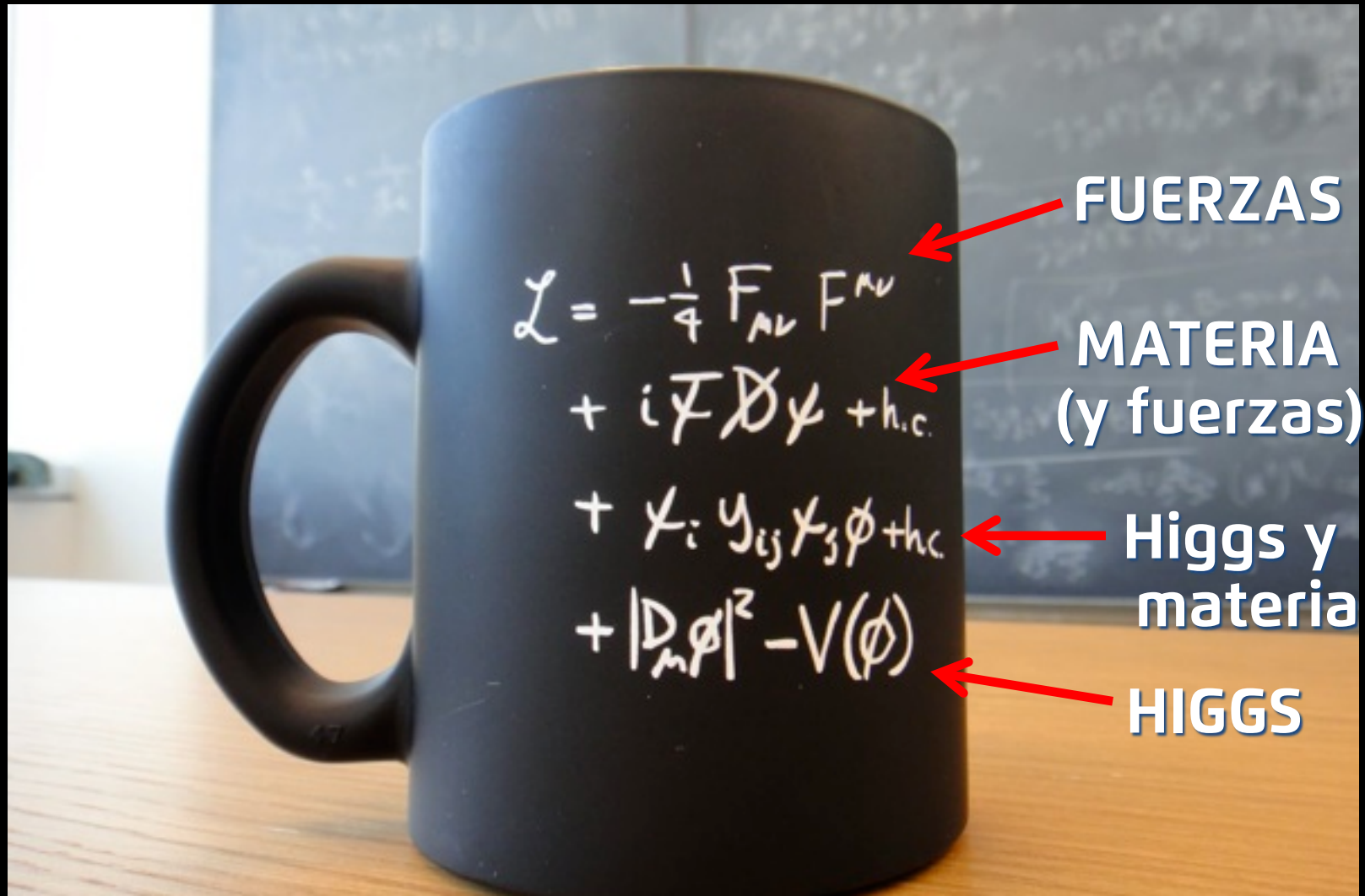
Modelo Estándar

La física describe al mundo con **matemáticas**

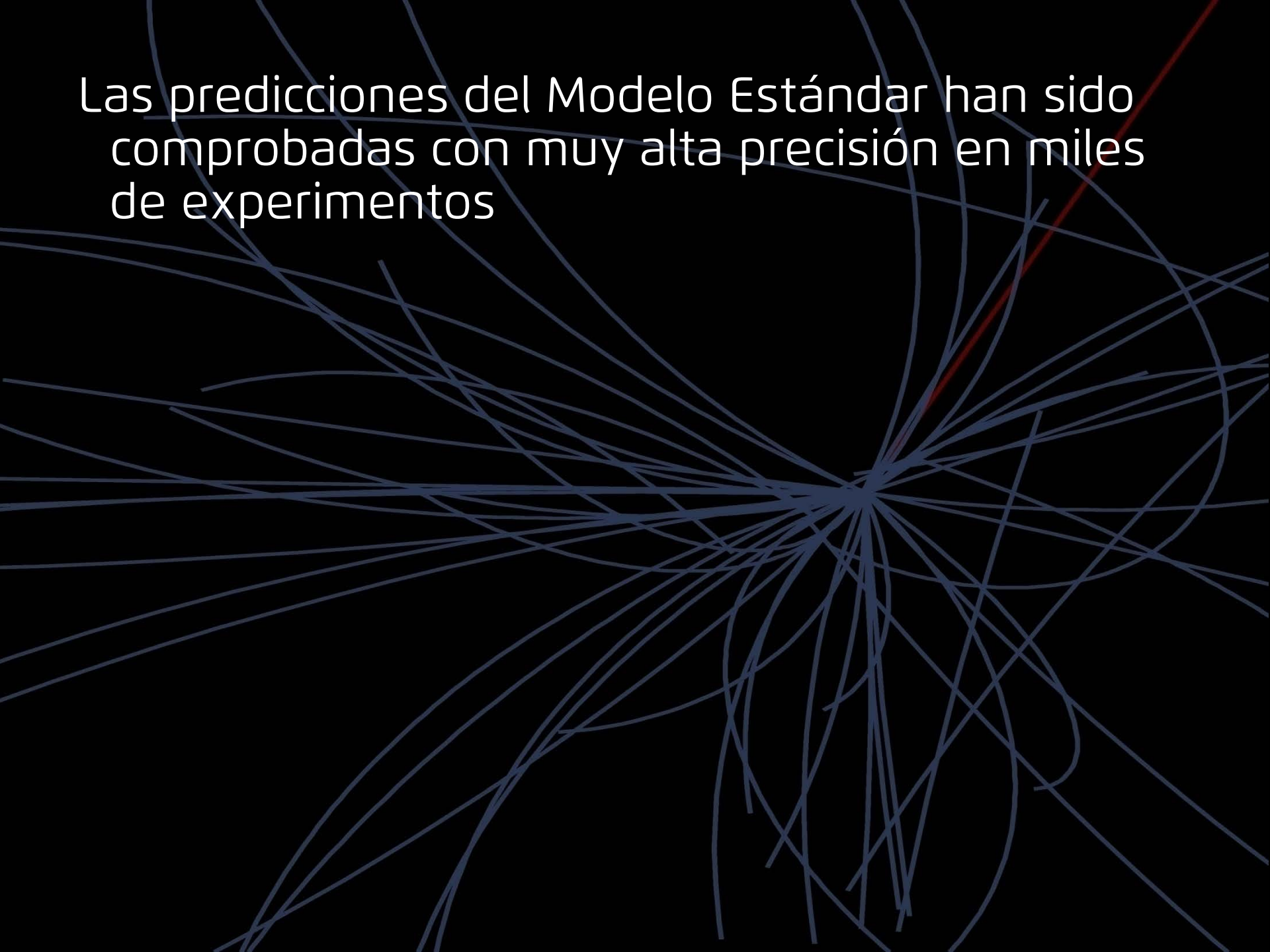


Modelo Estándar

La física describe al mundo con **matemáticas**



Las predicciones del Modelo Estándar han sido comprobadas con muy alta precisión en miles de experimentos



Las predicciones del Modelo Estándar han sido comprobadas con muy alta precisión en miles de experimentos

Pero al día de hoy, por varias razones estamos seguros de que el Modelo Estándar **NO** puede ser la última palabra...

Las predicciones del Modelo Estándar han sido comprobadas con muy alta precisión en miles de experimentos

Pero al día de hoy, por varias razones estamos seguros de que el Modelo Estándar **NO** puede ser la última palabra...

En particular, ¡¡no describe a la **gravedad**!!
(La gravedad es la fuerza **más débil** de todas)

Las predicciones del Modelo Estándar han sido comprobadas con muy alta precisión en miles de experimentos

Pero al día de hoy, por varias razones estamos seguros de que el Modelo Estándar **NO** puede ser la última palabra...

En particular, ¡no describe a la **gravedad**!!
(La gravedad es la fuerza **más débil** de todas)

Otros pendientes: **materia oscura, energía oscura, antimateria vs. materia, masa de neutrinos**, etc.

Las predicciones del Modelo Estándar han sido comprobadas con muy alta precisión en miles de experimentos

Pero al día de hoy, por varias razones estamos seguros de que el Modelo Estándar **NO** puede ser la última palabra...

En particular, ¡no describe a la **gravedad**!!
(La gravedad es la fuerza **más débil** de todas)

Otros pendientes: **materia oscura, energía oscura, antimateria vs. materia, masa de neutrinos**, etc.

Para entender más, necesitamos nuevas **teorías** y nuevos **EXPERIMENTOS**...

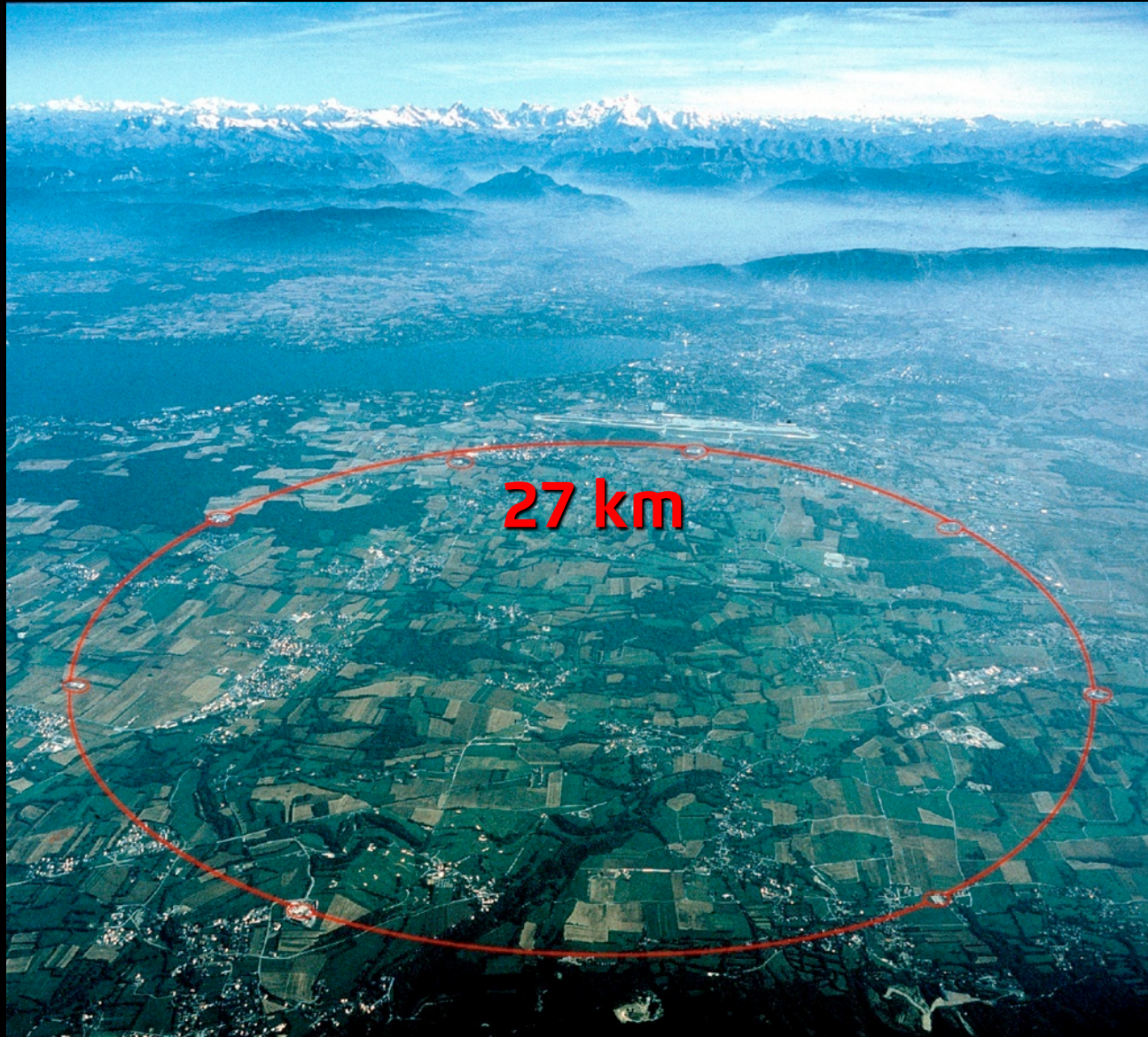
LHC: Gran Colisionador de Hadrones



LHC: Gran Colisionador de Hadrones



LHC: Gran Colisionador de Hadrones



LHC: Gran Colisionador de Hadrones



LHC: Gran Colisionador de Hadrones



LHC: Gran Colisionador de Hadrones



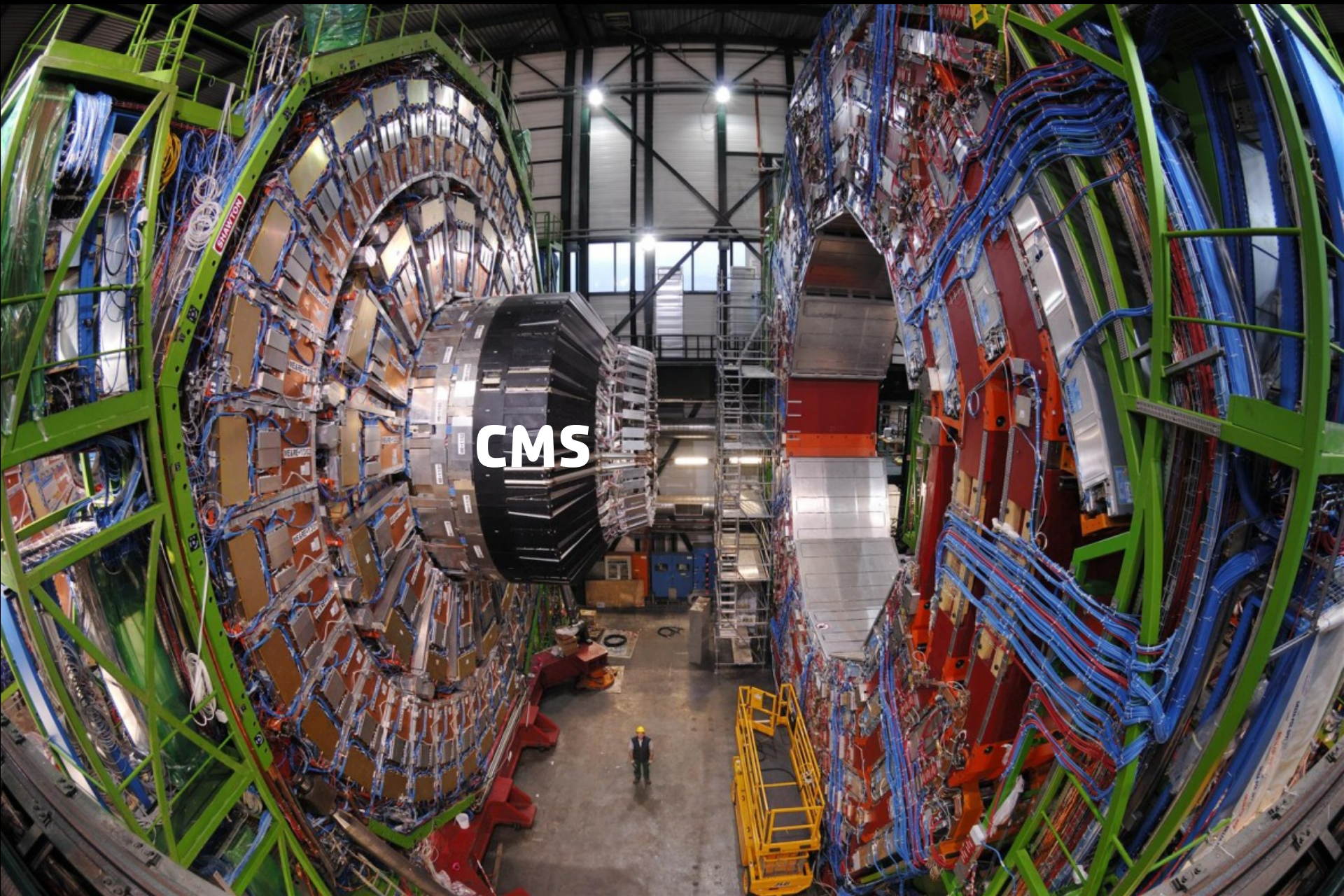
Protones o
núcleos

LHC: Gran Colisionador de Hadrones





ALICE



CMS

Estamos orgullos@s de haber ido a la Luna



Estamos orgullos@s de haber ido a la Luna



- ¡Esfuerzo tecnológico mayor al del viaje a la Luna!



LHC: Algunos Números

- ¡Esfuerzo tecnológico mayor al del viaje a la Luna!



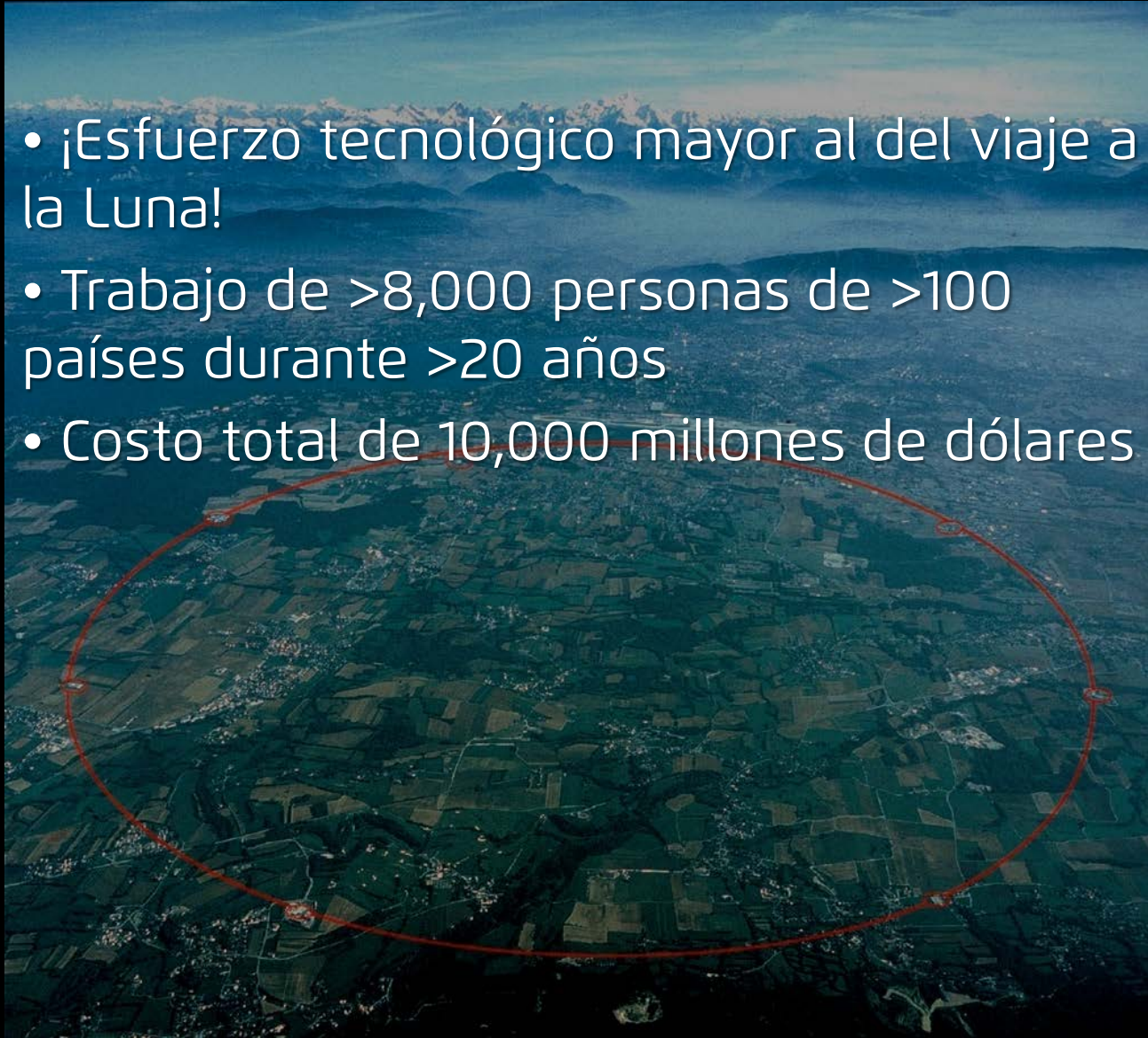
LHC: Algunos Números

- ¡Esfuerzo tecnológico mayor al del viaje a la Luna!
- Trabajo de >8,000 personas de >100 países durante >20 años



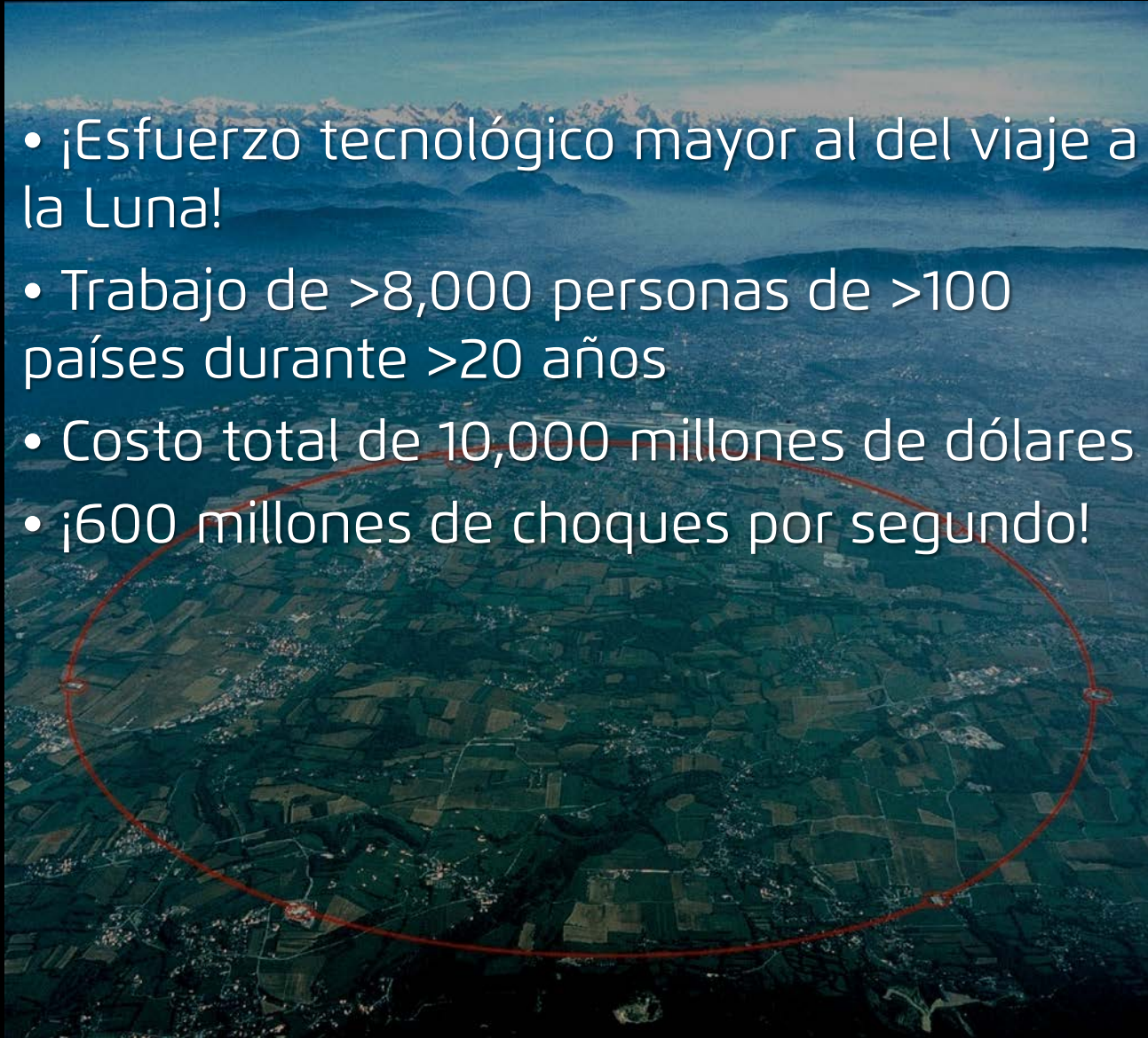
LHC: Algunos Números

- ¡Esfuerzo tecnológico mayor al del viaje a la Luna!
- Trabajo de >8,000 personas de >100 países durante >20 años
- Costo total de 10,000 millones de dólares



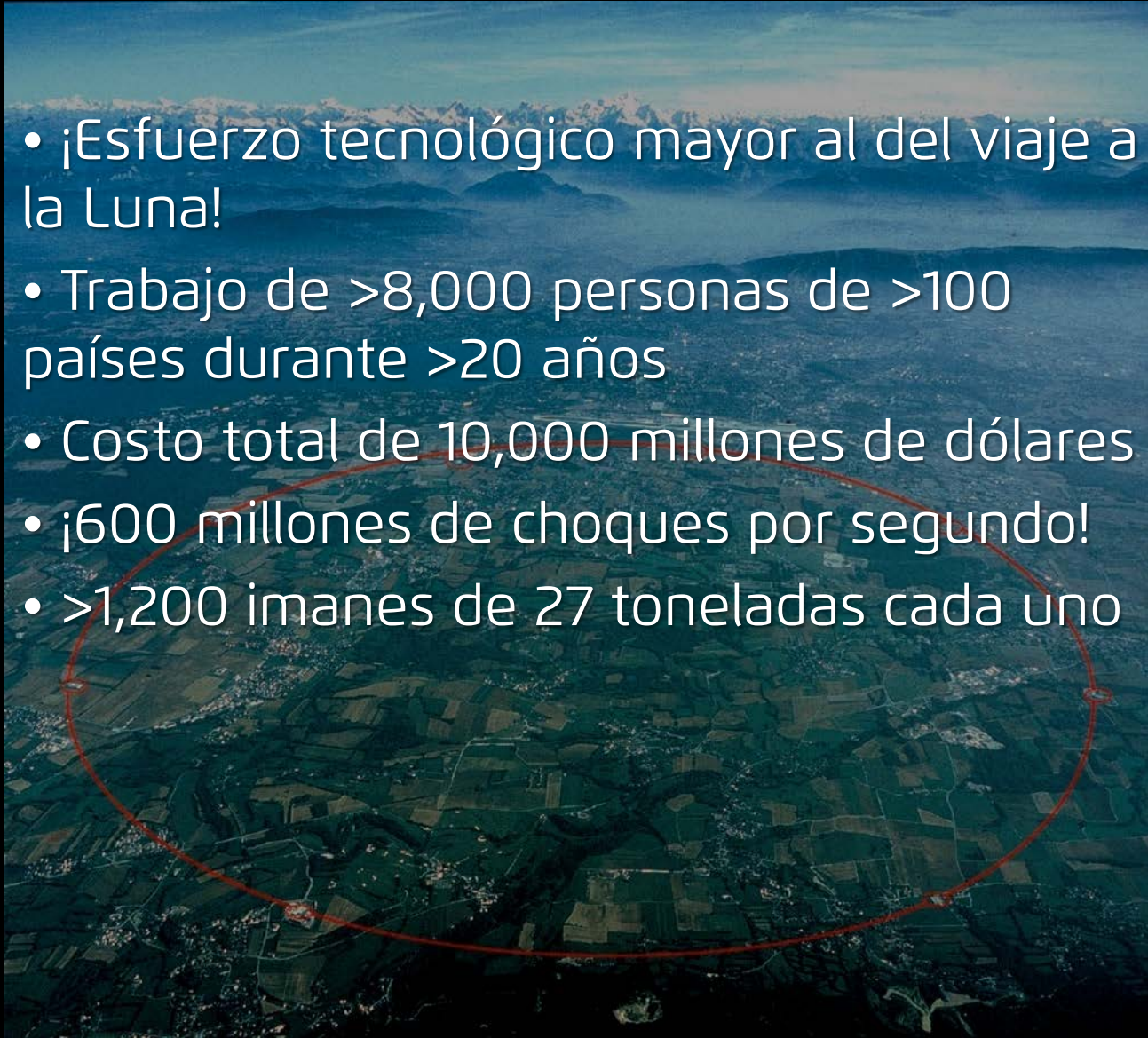
LHC: Algunos Números

- ¡Esfuerzo tecnológico mayor al del viaje a la Luna!
- Trabajo de >8,000 personas de >100 países durante >20 años
- Costo total de 10,000 millones de dólares
- ¡600 millones de choques por segundo!

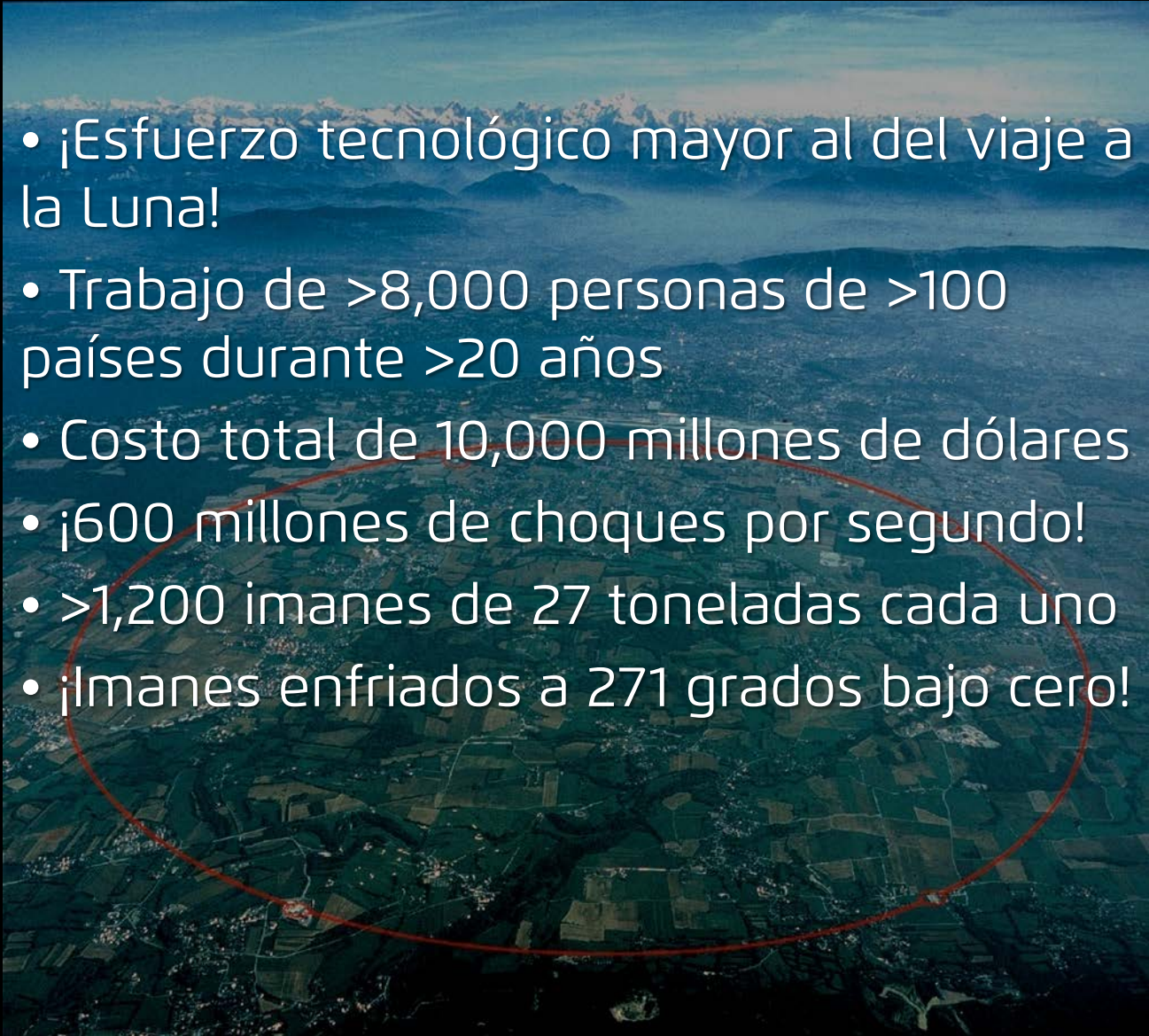


LHC: Algunos Números

- ¡Esfuerzo tecnológico mayor al del viaje a la Luna!
- Trabajo de >8,000 personas de >100 países durante >20 años
- Costo total de 10,000 millones de dólares
- ¡600 millones de choques por segundo!
- >1,200 imanes de 27 toneladas cada uno



LHC: Algunos Números

- 
- An aerial photograph of a mountainous landscape, likely the Alps, with a red circle drawn around the text. The background shows a vast, hazy mountain range under a blue sky, with a patchwork of green and brown fields in the foreground.
- ¡Esfuerzo tecnológico mayor al del viaje a la Luna!
 - Trabajo de >8,000 personas de >100 países durante >20 años
 - Costo total de 10,000 millones de dólares
 - ¡600 millones de choques por segundo!
 - >1,200 imanes de 27 toneladas cada uno
 - ¡Imanes enfriados a 271 grados bajo cero!

LHC: Algunos Números

- ¡Esfuerzo tecnológico mayor al del viaje a la Luna!
- Trabajo de >8,000 personas de >100 países durante >20 años
- Costo total de 10,000 millones de dólares
- ¡600 millones de choques por segundo!
- >1,200 imanes de 27 toneladas cada uno
- ¡Imanes enfriados a 271 grados bajo cero!
- ¡Temperaturas de billones de grados!

LHC: Algunos Números

- ¡Esfuerzo tecnológico mayor al del viaje a la Luna!
- Trabajo de >8,000 personas de >100 países durante >20 años
- Costo total de 10,000 millones de dólares
- ¡600 millones de choques por segundo!
- >1,200 imanes de 27 toneladas cada uno
- ¡Imanes enfriados a 271 grados bajo cero!
- ¡Temperaturas de billones de grados!
- Datos almacenados en 1 año llenarían una torre de CDs ¡del doble del alto del Everest!

México participa activamente en el LHC,
dentro de las colaboraciones **ALICE**
(UNAM, CINVESTAV, BUAP, UAS) y **CMS**
(CINVESTAV, BUAP, UIA y UASLP)



LHC ¿Para Qué?



LHC ¿Para Qué?

- Beneficios tecnológicos predecibles a corto y mediano plazo



LHC ¿Para Qué?

- Beneficios tecnológicos predecibles a corto y mediano plazo
(P.ej., la **web** se inventó en CERN en 1990; ahora se utiliza nueva tecnología **Grid**)



LHC ¿Para Qué?

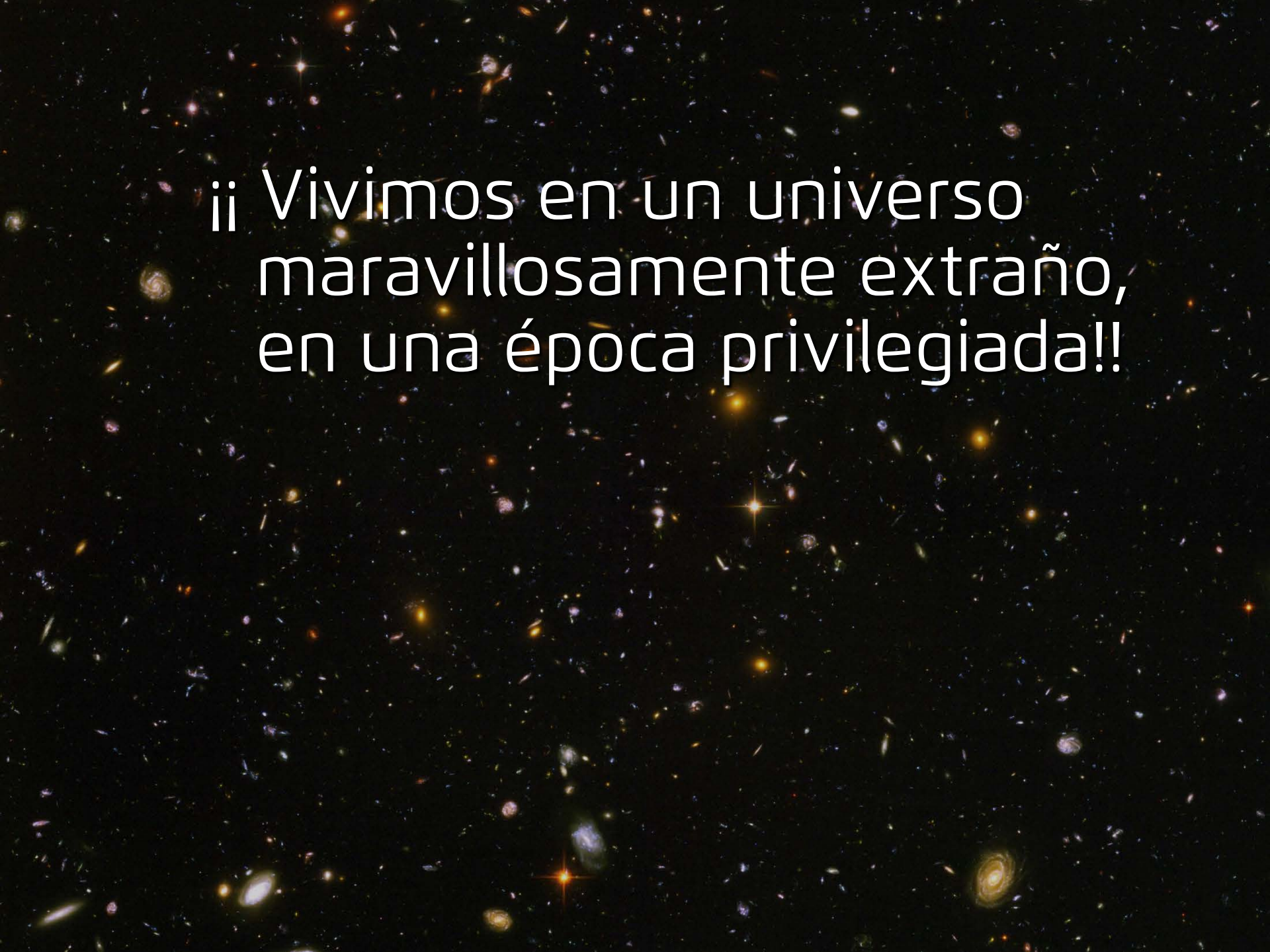
- Beneficios tecnológicos predecibles a corto y mediano plazo
(P.ej., la **web** se inventó en CERN en 1990; ahora se utiliza nueva tecnología **Grid**)
- Beneficios tecnológicos insospechados a largo plazo
(P.ej., la **física cuántica** es la base de la electrónica y toda nuestra alta tecnología)

LHC ¿Para Qué?

- Beneficios tecnológicos predecibles a corto y mediano plazo
(P.ej., la **web** se inventó en CERN en 1990; ahora se utiliza nueva tecnología **Grid**)
- Beneficios tecnológicos insospechados a largo plazo
(P.ej., la **física cuántica** es la base de la electrónica y toda nuestra alta tecnología)
- Beneficios científicos: ¡¡queremos satisfacer nuestra **curiosidad**!!

LHC ¿Para Qué?

- **Higgs:** origen de la masa de las partículas ✓
- **Plasma de Quarks y Gluones (QGP):** ✓
sopa primordial que existió tras Big Bang
- ¿Materia Oscura? (invisible, pero abundante)
- ¿Supersimetría? (más copias de las partículas)
- ¿Dimensiones Adicionales??
- ¿Micro-agujeros Negros??
- ¿Cuerdas??? (1 solo ingrediente básico)

The background of the slide is a deep space photograph, likely from the Hubble Space Telescope, showing a dense field of galaxies. The galaxies are of various shapes and sizes, including spiral, elliptical, and irregular forms. They are scattered across the frame, with some appearing closer and larger, and others as distant points of light. The colors range from bright yellow and orange to deep blues and purples, set against a stark black background.

ii Vivimos en un universo
maravillosamente extraño,
en una época privilegiada!!

Archivos de esta plática:

www.nucleares.unam.mx/~alberto/platicas/recetaa.pptx
[/recetaa.pdf](http://www.nucleares.unam.mx/~alberto/platicas/recetaa.pdf)

Artículos divulgación Modelo Estándar, Higgs, cuerdas:

www.nucleares.unam.mx/~alberto/articulos/receta.pdf
[/higgs.pdf](http://www.nucleares.unam.mx/~alberto/articulos/higgs.pdf)
[/cuerdas.pdf](http://www.nucleares.unam.mx/~alberto/articulos/cuerdas.pdf)
[/espejismos.pdf](http://www.nucleares.unam.mx/~alberto/articulos/espejismos.pdf)

Libros divulgación partículas, LHC, gravedad, cuerdas:

Feynman, *QED: La Extraña Teoría de la Luz y la Materia*

Don Lincoln, *The Quantum Frontier*

Don Lincoln, *The Large Hadron Collider*

Brian Greene, *El Tejido del Cosmos*

Brian Greene, *El Universo Elegante*

Contacto: Correo **alberto@nucleares.unam.mx**

Facebook **[@gaeunam](https://www.facebook.com/gaeunam)**

Sitio web **<http://cuerdas.fisica.unam.mx/gae>**

- Transparencias extra

Modelo Estándar

El universo está completamente lleno de una especie de mar invisible, que llamamos el “campo de Higgs”

Modelo Estándar

El universo está completamente lleno de una especie de mar invisible, que llamamos el “campo de Higgs”

Modelo Estándar

El universo está completamente lleno de una especie de mar invisible, que llamamos el “campo de Higgs”

¡El ‘vacío’ no está nada vacío!

Modelo Estándar

El universo está completamente lleno de una especie de mar invisible, que llamamos el “campo de Higgs”

¡El ‘vacío’ no está nada vacío!

El campo de Higgs da origen a las **masas** de las otras partículas (sin lo cual no podríamos existir)

¿Qué es la Masa?



La masa de un objeto es un número
que nos dice cuánto trabajo cuesta
moverlo (acelerarlo) [Newton]

Masa y el Mar de Higgs

La masa de una partícula depende de si el mar de Higgs está presente o no...

Masa y el Mar de Higgs

La masa de una partícula depende de si el mar de Higgs está presente o no...

SIN Higgs:

Masa y el Mar de Higgs

La masa de una partícula depende de si el mar de Higgs está presente o no...

SIN Higgs:



Fotón

0 kg



Electrón

0 kg



Z

0 kg

Masa y el Mar de Higgs

La masa de una partícula depende de si el mar de Higgs está presente o no...

SIN Higgs:



Fotón

0 kg



Electrón

0 kg



Z

0 kg

CON Higgs: el mar de Higgs **ESTORBA** el paso de las partículas



Masa y el Mar de Higgs

La masa de una partícula depende de si el mar de Higgs está presente o no...

SIN Higgs:



Fotón

0 kg



Electrón

0 kg



Z

0 kg

CON Higgs:



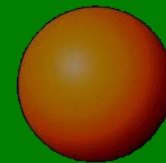
Fotón

0 kg



Electrón

0.000,000,000 000,000,000
0,000,000,0
00,000,911
kg



Z

0.000,000,000 000,000,000
0,000,000,0
0,000,000,1
63 kg

¿Cómo comprobar la existencia
del Mar de Higgs?

¿Cómo comprobar la existencia del Mar de Higgs?

¡Necesitamos 'hacer olas'!



¿Cómo comprobar la existencia del Mar de Higgs?

¡Necesitamos 'hacer olas'!



La ondita más chiquita posible en este mar es una **partícula** que llamamos el **bosón de Higgs**

¿Cómo comprobar la existencia del Mar de Higgs?

¡Necesitamos 'hacer olas'!

Es decir, necesitamos golpear violentamente al 'vacío' para crear un **bosón de Higgs**



¿Cómo comprobar la existencia del Mar de Higgs?

¡Necesitamos 'hacer olas'!

Es decir, necesitamos golpear violentamente al 'vacío' para crear un **bosón de Higgs**



¿Cómo comprobar la existencia del Mar de Higgs?

¡Necesitamos 'hacer olas'!

Es decir, necesitamos golpear violentamente al 'vacío' para crear un **bosón de Higgs**



¿Cómo comprobar la existencia del Mar de Higgs?

¡Necesitamos 'hacer olas'!

Es decir, necesitamos golpear violentamente al 'vacío' para crear un **bosón de Higgs**



Limitaciones del Modelo Estándar

- Materia ordinaria es...
¡sólo 5% del contenido del universo!



Limitaciones del Modelo Estándar

- Materia ordinaria es...
¡sólo 5% del contenido del universo!
Otro 25%: **materia oscura**

Limitaciones del Modelo Estándar



Limitaciones del Modelo Estándar

- Materia ordinaria es...
¡sólo 5% del contenido del universo!
Otro 25%: **materia oscura**
Restante 70%: **energía oscura**

Limitaciones del Modelo Estándar

- Má
- isó
- Ot
- Re

El universo se expande...

iverso!



Limitaciones del Modelo Est



El universo se expande...

rsos!



A deep-field astronomical image, likely from the Hubble Space Telescope, showing a vast field of galaxies and distant stars. The galaxies are of various shapes and sizes, some appearing as bright, colorful spots, while others are faint, elongated structures. The background is a deep black, punctuated by the light of these celestial objects.

El universo se expande...
¡cada vez **más rápido!**

Limitaciones del Modelo Estándar

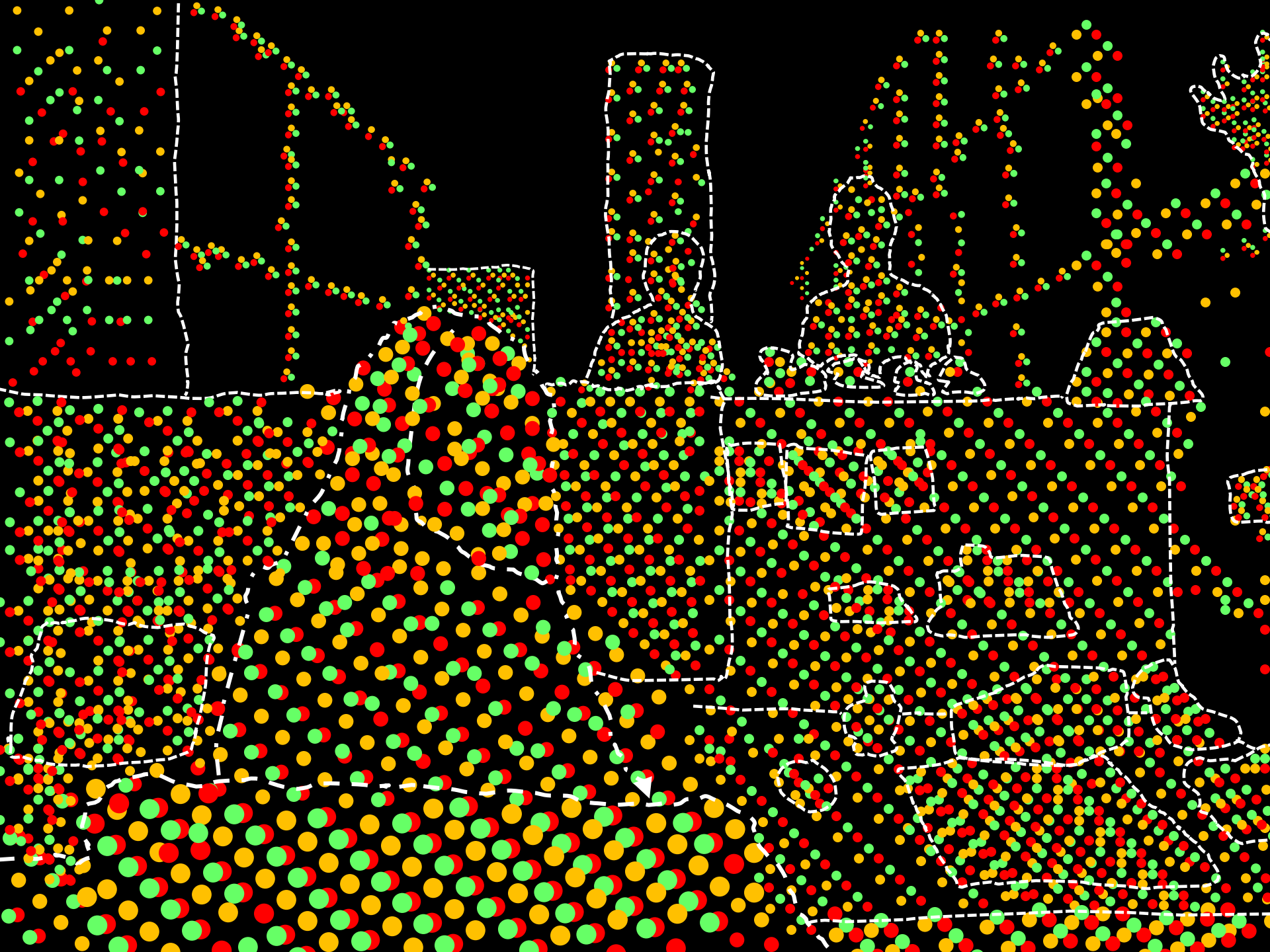
- Materia ordinaria es...
¡sólo 5% del contenido del universo!
Otro 25%: **materia oscura**
Restante 70%: **energía oscura**
(**reponsable de expansión acelerada**)

Limitaciones del Modelo Estándar

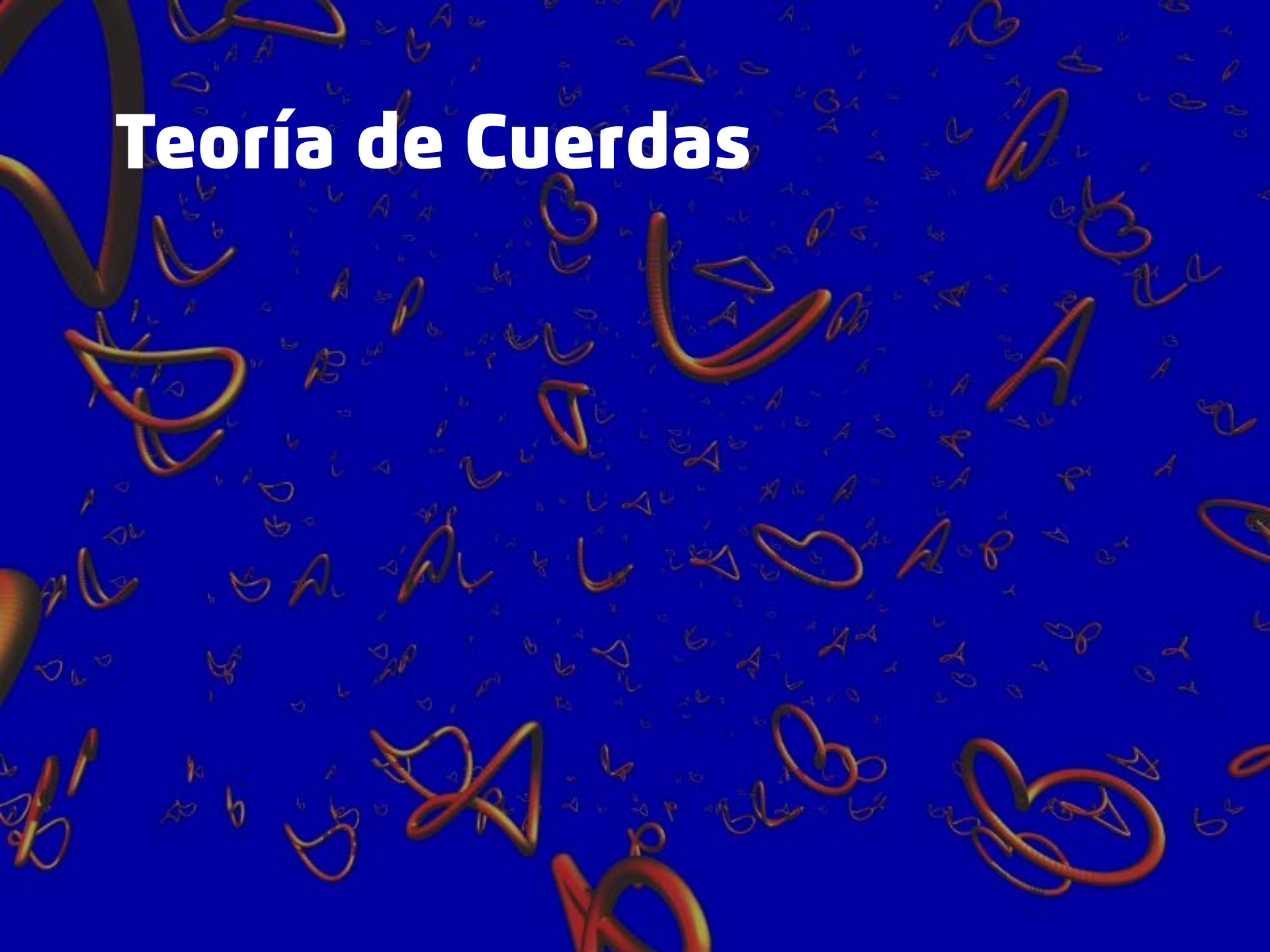
- Materia ordinaria es...
¡sólo 5% del contenido del universo!
Otro 25%: **materia oscura**
Restante 70%: **energía oscura**
- ¡¡Falta describir la gravedad!!
(es la más débil de todas las fuerzas)

Teoría de Cuerdas

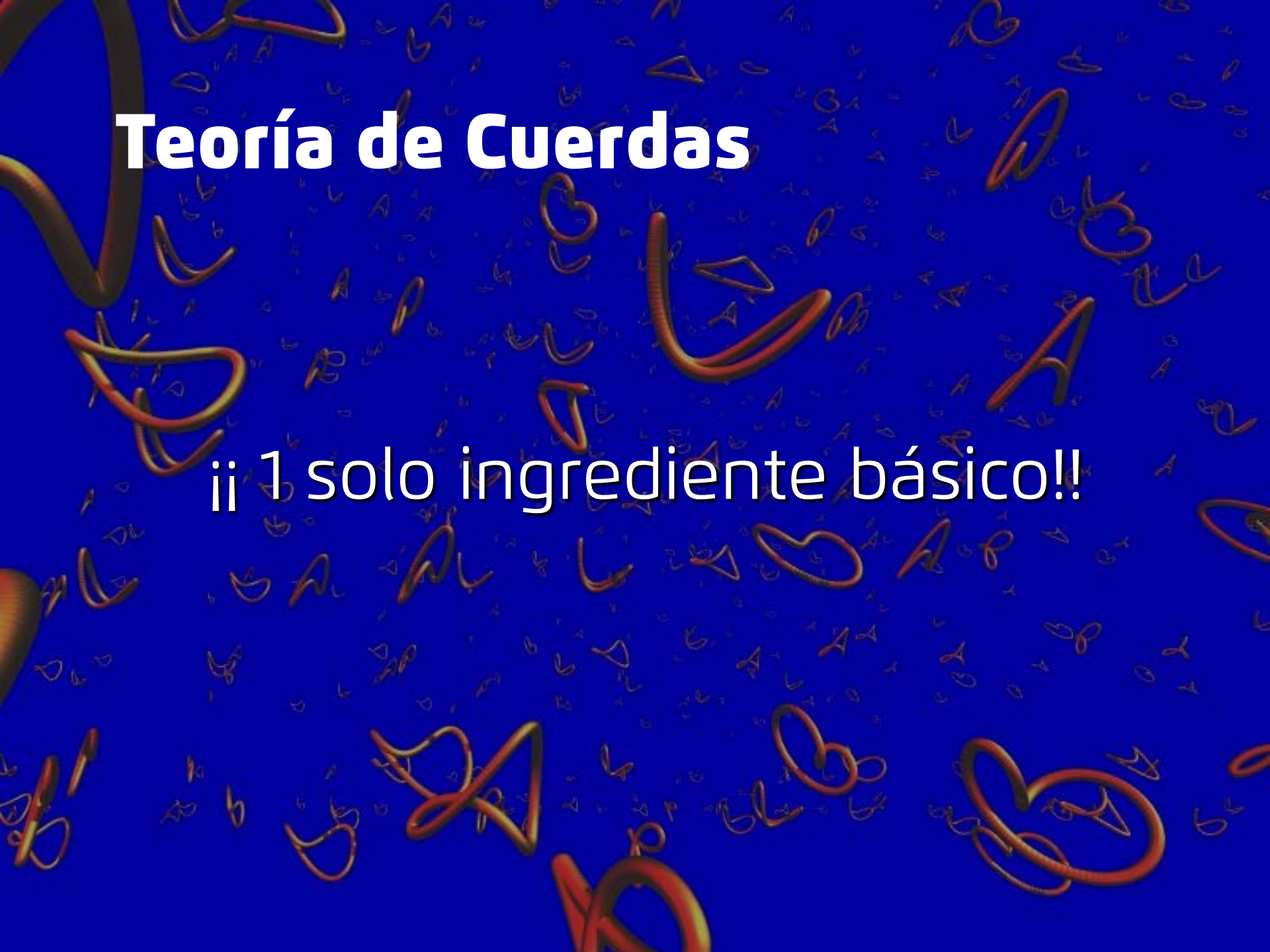




Teoría de Cuerdas



Teoría de Cuerdas

The background of the slide is a deep blue color. It is populated with numerous three-dimensional, orange-gold string configurations. These include simple loops, figure-eight shapes, and more complex, knotted structures. Some strings are straight and appear to be vibrating or moving, while others are static loops. The strings have a metallic, reflective texture. The overall theme is string theory, as indicated by the title.

ii 1 solo ingrediente básico!!

Teoría de Cuerdas

¡¡ 1 solo ingrediente básico!!

¡Incluye a la **GRAVEDAD**!

Teoría de Cuerdas

¡¡ 1 solo ingrediente básico!!

¡Incluye a la **GRAVEDAD**!

Pero aún **NO** hay evidencia experimental que la apoye...