

***Física de partículas en ESO y
Bachillerato:
Construcción de cámaras de niebla y
experimentación en el Aula del Futuro.***

Lugar: Aula del Futuro del CP Juan de Lanuza

Dirigido a: Profesorado Secundaria y bachillerato

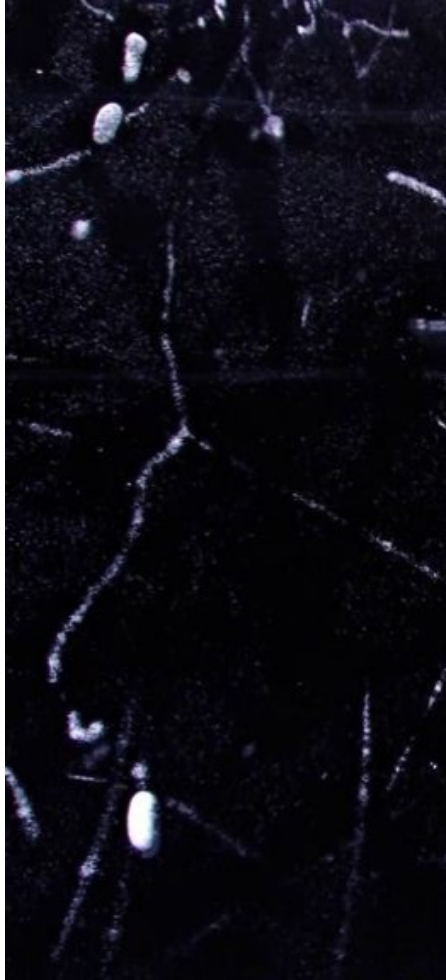
Impartido por: Jorge Pozuelo Muñoz, profesor del Área de Didáctica de las Ciencias Experimentales de la Facultad de Educación de Zaragoza

Coordina: Carmen Julve Tiestos-Asesoría STEAM CP Juan de Lanuza



**Universidad
Zaragoza**






- **Introducir a los estudiantes en la física de partículas y el modelo estándar mediante actividades experimentales** adaptadas a los niveles de **Secundaria y Bachillerato**, en el contexto de los libros de texto y el currículo de Física y Química.
- **Divulgar el trabajo científico** desarrollado en centros de investigación en física de partículas, y su relación con los contenidos abordados, promoviendo el **interés por visitas a estas instituciones** como parte de la formación.
- **Facilitar la construcción de una cámara de niebla con materiales sencillos, integrando conocimientos de diseño, ingeniería y tecnología desde un enfoque STEM para trabajar en la asignatura de Física y Química.**



Universidad
Zaragoza

1474



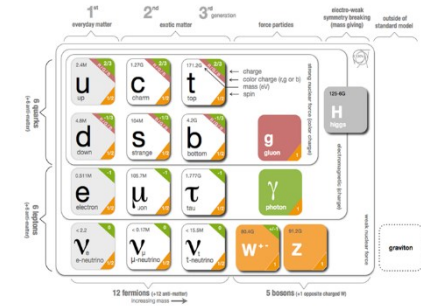


Y este será uno
de nuestros
objetivos

¿Qué vamos a hacer y cómo?

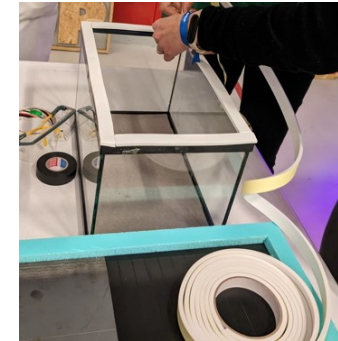
SESIÓN 1

Introducción al Conocimiento Didáctico del Contenido sobre la enseñanza de la física de partículas y planteamiento del problema: ¿cómo podemos demostrar que las partículas existen?



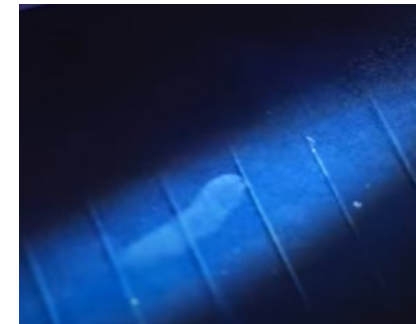
SESIÓN 2

La cámara de niebla como objeto didáctico para el diseño de situaciones de aprendizaje. física experimental, termodinámica, electromagnetismo, física de materiales e ingeniería de diseño, programación, circuitos, radiactividad, física de partículas y más.



SESIÓN 3

Observación con las cámaras de niebla, registro de vídeo/fotográfico de trazas, identificación y creación de un catálogo de partículas



Índice

1. Introducción

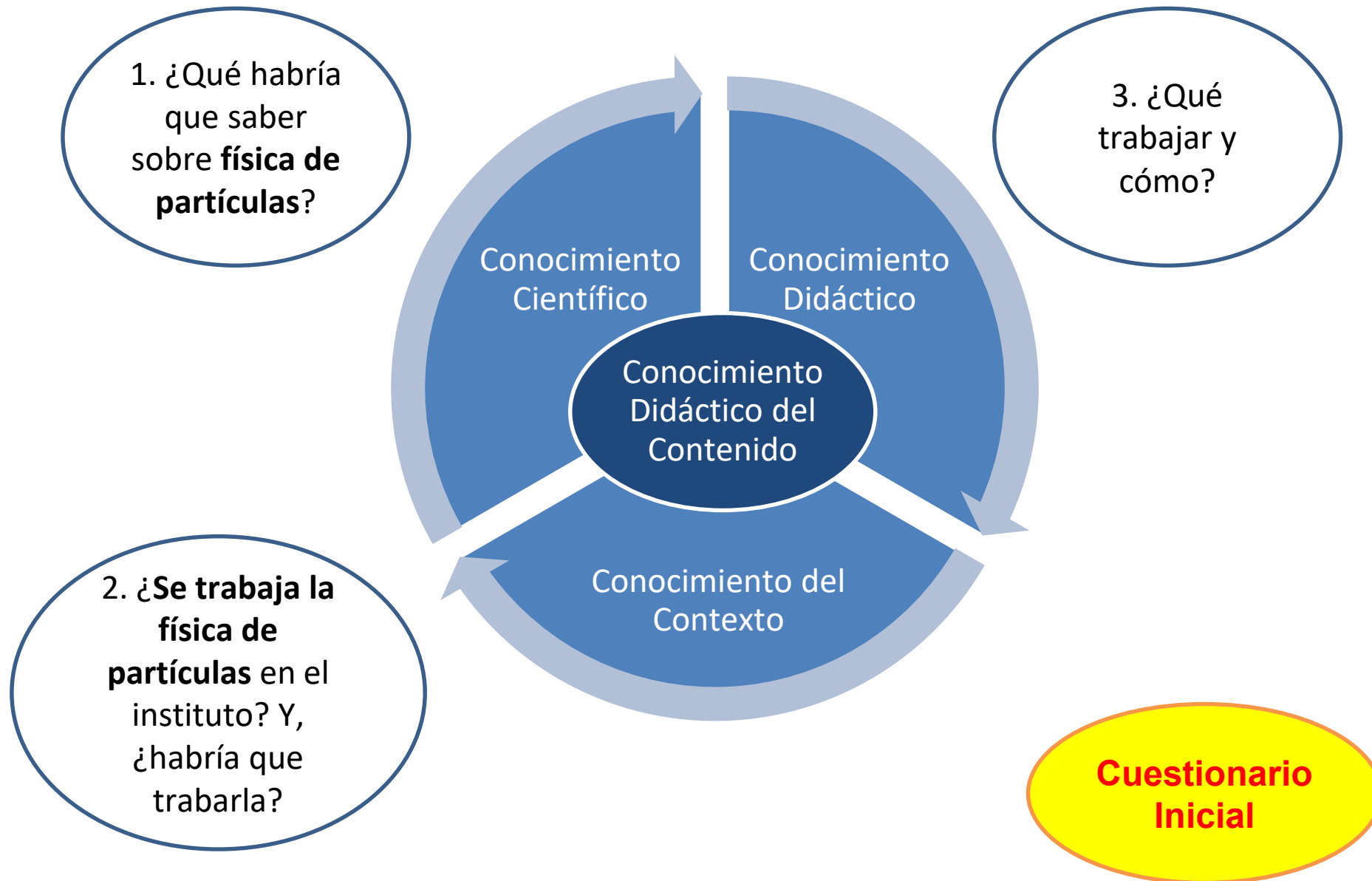
1. ¿Qué sabemos de física de partículas?

2. ¿Se trabaja la física de partículas en ESO y Bach?

3. ¿Qué podemos trabajar en el aula y cómo hacerlo?

Planteamientos para el próximo día

1. Introducción



1. Introducción

**Cuestionario
Inicial**

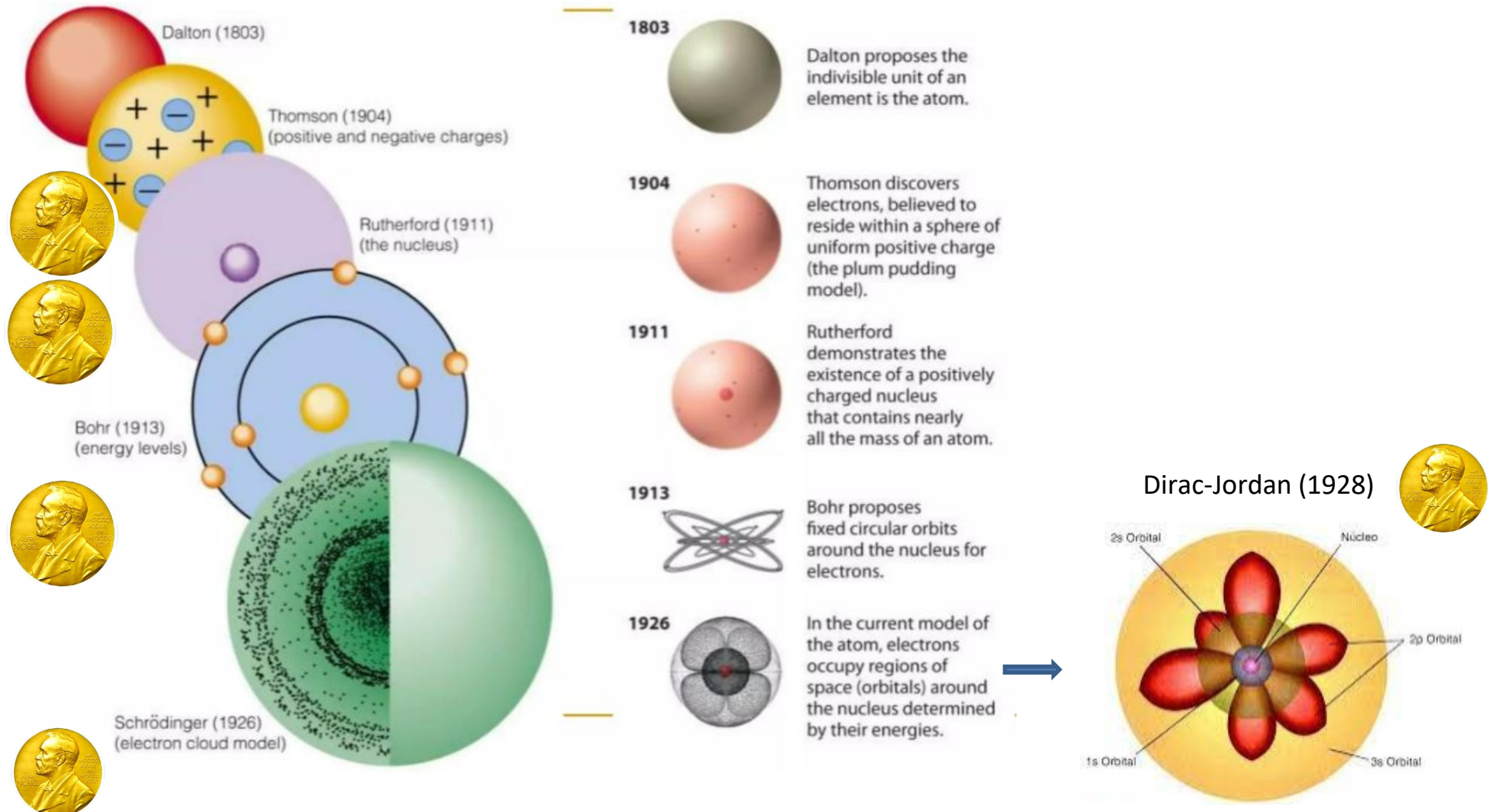
**¿Qué sabemos sobre física de
partículas?**

<https://forms.gle/Y9CFVMFVqeAbUVtm7>



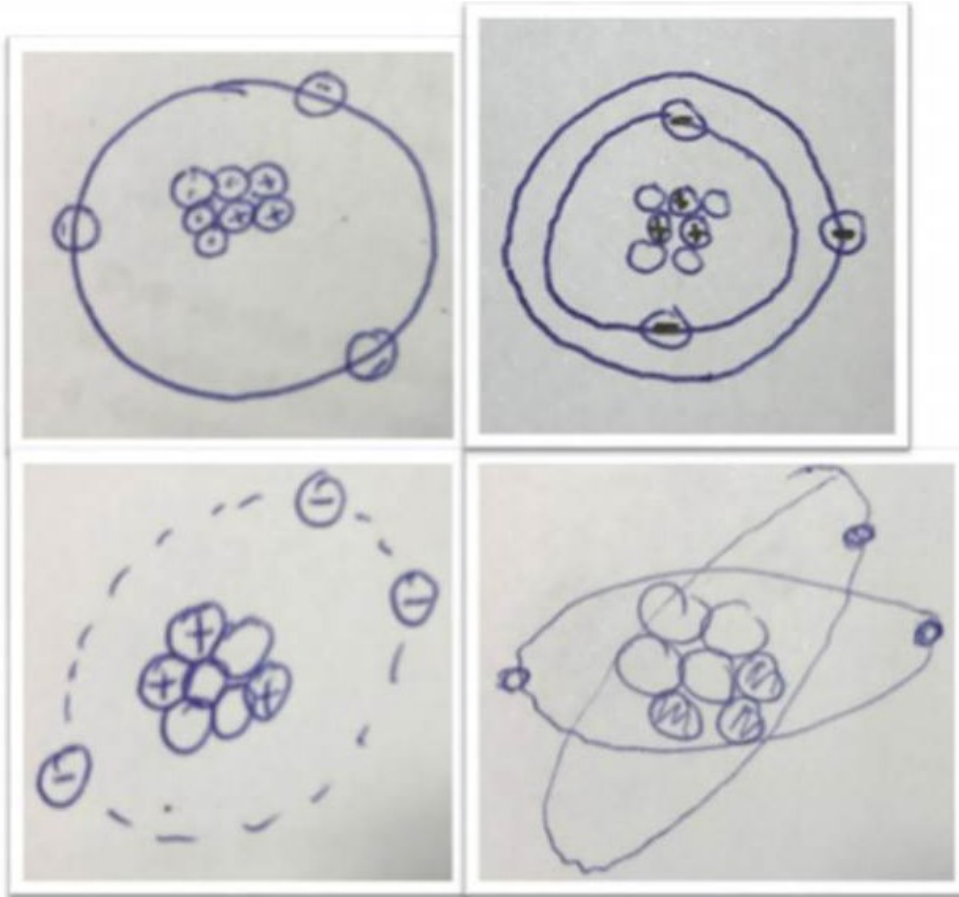
2. ¿Qué sabemos de física de partículas?

Empecemos por el principio... **El modelo atómico**



2. ¿Qué sabemos de física de partículas?

Y hay un reflejo en el alumnado...



n educativa

Analysis of the mental model about the atom concept in Spanish 15- to 18- years old students

Análisis del modelo mental sobre el concepto de átomo en estudiantes españoles de 15 a 18 años

Esther Cascarosa Salillas¹, Jorge Pozuelo Muñoz², Mercedes Jiménez² y Francisco J. Fernández Álvarez²

Recepción: 12/07/2021
Aceptación: 03/10/2021

Por cierto, ¿hay algo en los dibujos de los alumnos y alumnas que no aparezca en los modelos atómicos anteriores?

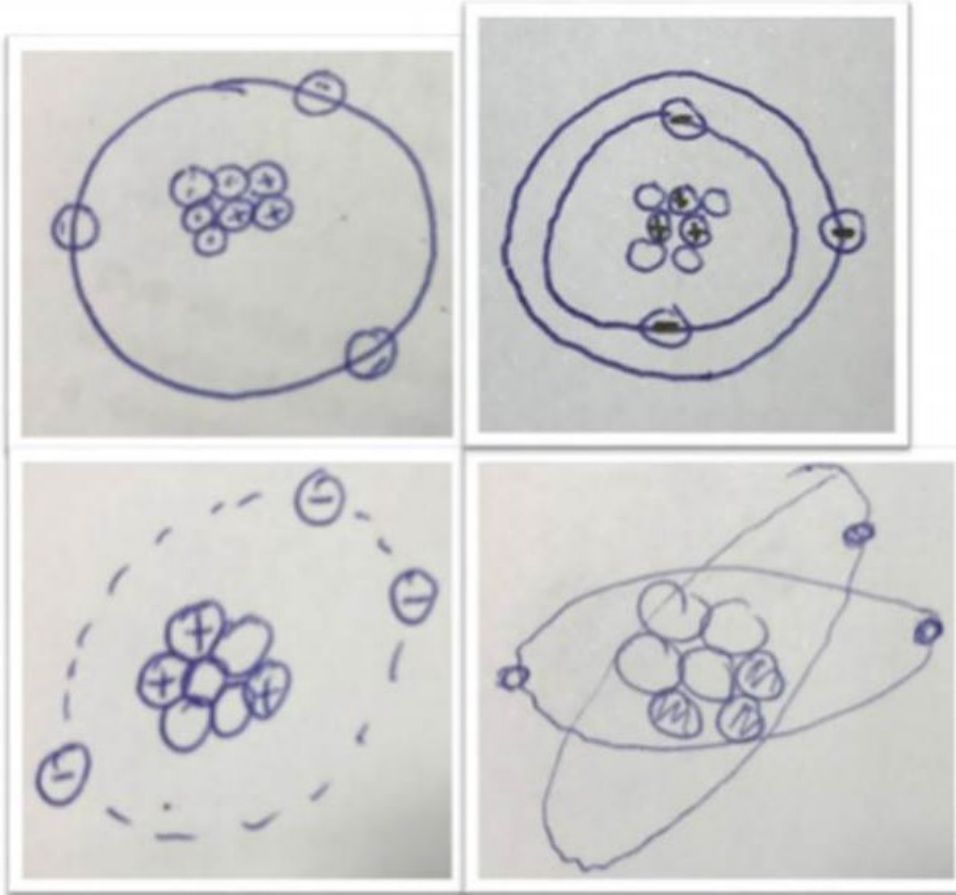
Efectivamente, el **neutrón**: el neutrón fue propuesto por Rutherford en 1920, pero descubierto experimentalmente en 1932 por Chadwick



Modelos atómicos dibujados por alumnado de 4º de ESO.
Imagen extraída del trabajo de Cascarosa et al., 2022

2. ¿Qué sabemos de física de partículas?

Y hay un reflejo en el alumnado...



Modelos atómicos dibujados por alumnado de 4º de ESO. Imagen extraída del trabajo de Cascarosa et al., 2022

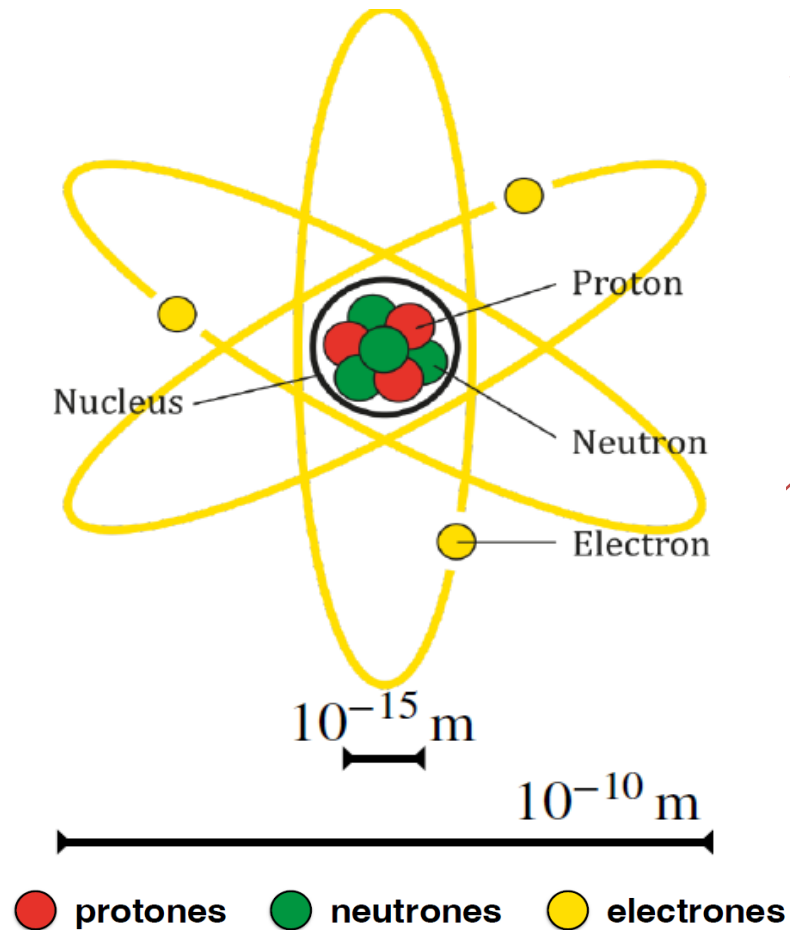
Reflexiones didácticas

El desarrollo del modelo atómico es una parte ideal de las ciencias para poder trabajar la propia **naturaleza de la ciencia**. En este caso, el desarrollo de la teoría (modelos atómicos) frente a la práctica (lo que se descubre)

Hasta aquí, más o menos bien...

2. ¿Qué sabemos de física de partículas?

Pero, ¿y si nos centramos en las partículas que lo forman?



¡Ojo! Entre núcleo y electrones hay 5 ceros...

Es como si comparamos un 1mm frente a 100m

2. ¿Qué sabemos de física de partículas?

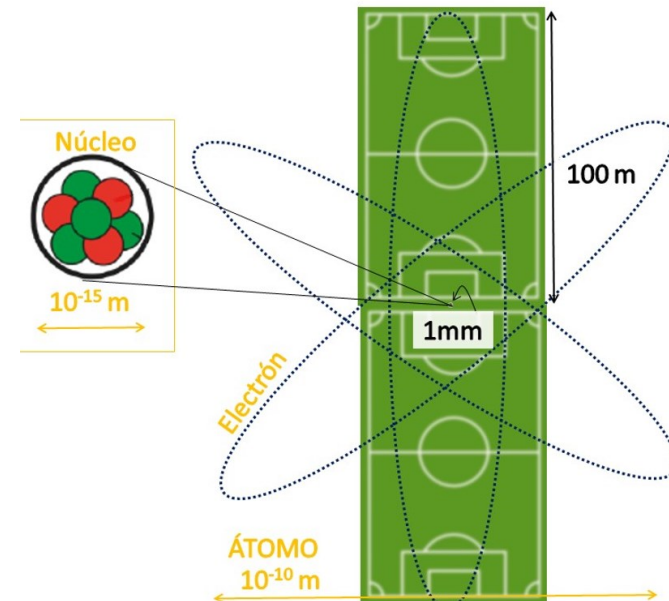
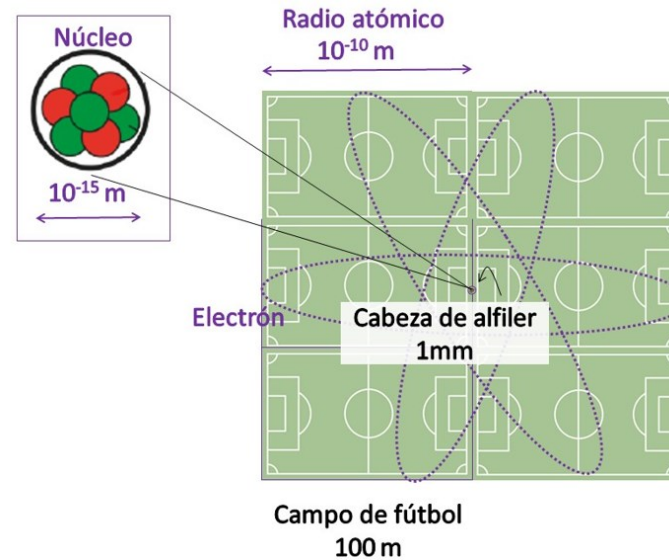
Es como si comparamos un 1mm frente a 100m (como la cabeza de un alfiler en la portería de campo de fútbol comparada con la distancia entre porterías)

Reflexiones didácticas

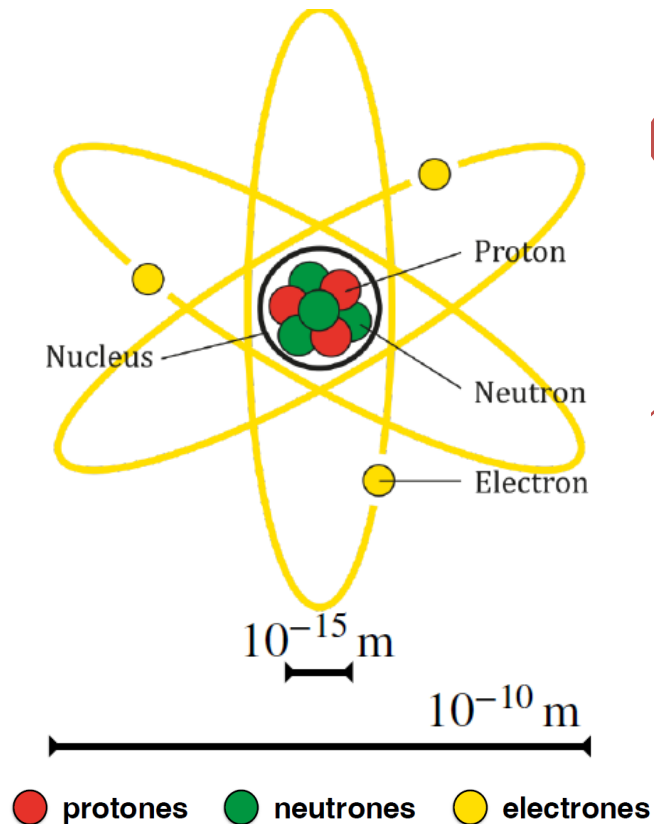
¿Y qué hay en medio?

Pues NADA.

Al tratar el átomo en clase, esta es una verdadera complicación, ya que el concepto del “vacío” es complejo. Explicamos la nada como la ausencia de materia, pero, ¿puede haber materia entre lo que conforma la materia?



2. ¿Qué sabemos de física de partículas?



Estos números son muy pequeños, pero...
¿Cuánto de pequeños?

Reflexiones didácticas

¿Y cómo de pequeño o grande es 10^{-15} ?

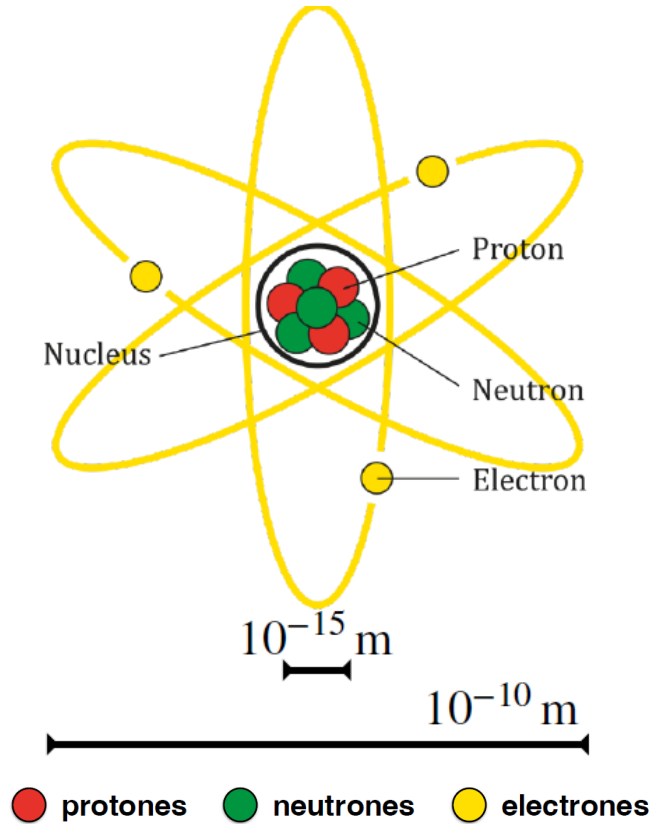
Se pueden trabajar las escalas. Dejar los números escritos con las exponenciales no suele tener significancia para el alumnado. Es interesante incorporar comparaciones.

RECURSO

<https://htwins.net/scale2/>

2. ¿Qué sabemos de física de partículas?

Pero, ¿y si nos centramos en las partículas que lo forman?



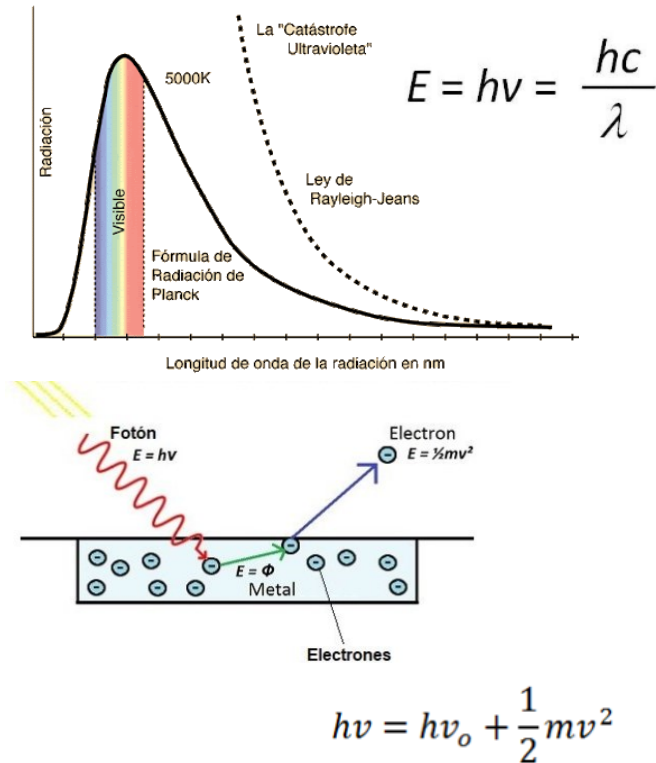
¿Partículas Elementales? ● protones ● neutrones ● electrones

¿Todo se compone de esto o hay más cosas?

¿Todas se comportan de la misma manera?

2. ¿Qué sabemos de física de partículas?

Hasta llegar al modelo atómico...



1900 - Max Planck: al intentar resolver el problema de la radiación del cuerpo negro, introdujo el concepto de los cuantos de energía, un paso que abrió la puerta a la física cuántica.

1905 – Albert Einstein: En 1887 **Heinrich Hertz** observó que cuando luz de cierta frecuencia ilumina un material (como el metal), libera electrones de su superficie (algo contrario a la teoría clásica, porque solo se producía debido a partir de una frecuencia umbral. Einstein explicó este fenómeno aplicando la idea de energía cuantizada de Planck. Efecto Fotoeléctrico y posibilidad de la dualidad onda partícula

1913 – Neils Bohr propone un modelo del átomo en el que los electrones orbitaban en niveles de energía discretos, influenciado por los primeros avances cuánticos.

2. ¿Qué sabemos de física de partículas?

Hasta llegar al modelo atómico...



$$E = h\nu = \frac{hc}{\lambda}$$

1900 - Max Planck: al inter...

PAU 2024
CIENCIAS
GENERALES

4) (2,5 puntos) A continuación, se expone una noticia extraída de un periódico. También se expone una tabla científica que recoge las frecuencias de las ondas electromagnéticas correspondientes a los distintos tipos de radiación del espectro electromagnético.

Ondas electromagnéticas: ¿Malas para la salud?

Unas simples pautas le pueden ayudar a protegerse de ellas en su hogar

CARMEN GIRONA
24 SEPT 2014 - 00:19 CEST

La radiación electromagnética artificial generada por las líneas eléctricas, telefonía móvil inalámbrica o electrodomésticos envuelve nuestra vida diaria. En la última década ha aumentado de manera exponencial en los centros urbanos, sin contar la que se recibe en los hogares. Aunque no se aprecie, sus efectos son acumulativos y pueden dañar la salud, especialmente la de los niños y jóvenes. Pero no hay que alarmarse ni renunciar a las facilidades y ventajas que ofrecen las nuevas tecnologías. Conviene estar informado, reclamar cuando sea necesario, conocer las características de los aparatos y dispositivos del hogar y hacer un buen uso de ellos.

Coloque los electrodomésticos contra paredes que den al exterior. Ayudará a expulsar la radiación y evitará contagiar otras estancias

| f(Hz) | Radiación |
|------------------|-------------------------------------|
| 10 ²² | Rayos Gamma |
| 10 ²¹ | |
| 10 ²⁰ | |
| 10 ¹⁹ | Rayos X |
| 10 ¹⁸ | |
| 10 ¹⁷ | Rayos UV (A, B, C) |
| 10 ¹⁶ | |
| 10 ¹⁵ | Luz visible |
| 10 ¹⁴ | Infrarrojo |
| 10 ¹³ | Microondas |
| 10 ¹² | |
| 10 ¹¹ | Telecomunicaciones (5G), microondas |
| 10 ¹⁰ | |
| 10 ⁹ | Radio FM, Televisión, Telefonía |
| 10 ⁸ | |
| 10 ⁷ | Ondas de Radio AM |
| 10 ⁶ | |
| 10 ⁵ | Ondas de radio largas |
| 10 ⁴ | |
| 10 ³ | Ruido eléctrico |
| <10 ³ | |

$$E = h \cdot f$$

h → Constante de Planck → 6.626 · 10⁻³⁴ J·s
f → Frecuencia de la onda (s⁻¹)

La peligrosidad de las ondas electromagnéticas para la salud viene determinada por su energía. Cuanto más energética es la onda, más potencialmente dañina es. La energía de una onda electromagnética se calcula con la fórmula de Planck (E=h·f). Con esta información y los datos de la tabla, responda a las siguientes preguntas de forma justificada:

- (0,75 puntos) ¿Qué es una onda?, ¿y una onda electromagnética? Ponga un ejemplo de onda electromagnética y otro de onda no electromagnética.
- (0,5 puntos) ¿Qué tipo de radiación es la más dañina para la salud?
- (0,5 puntos) ¿Qué radiación es más energética, las radiaciones correspondientes a las telecomunicaciones o a los rayos UV?
- (0,75 puntos) Conociendo la fórmula de la energía de radiación y las frecuencias correspondientes a las radiaciones más comunes, ¿qué podría decir de la noticia?

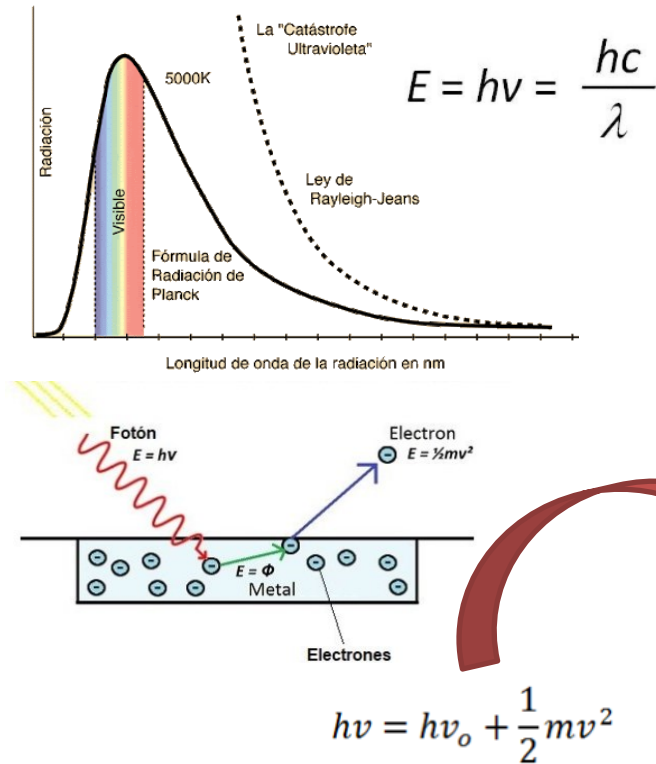
Los modelos orbitales de los átomos se basan en la física clásica, pero no se ajustan a los resultados experimentales.

Hertz observó que al frotar un material con un material que produce una superficie (algo que produce electricidad) se producía una onda que se propagaba. Einstein explicó la naturaleza cuantizada de la luz con la teoría de la dualidad.

Los electrones no orbitaban en órbitas clásicas, sino que se comportaban como ondas cuánticas.

2. ¿Qué sabemos de física de partículas?

Hasta llegar al modelo atómico...



1900 - Max Planck: al intentar resolver el problema de la radiación del cuerpo negro, introdujo el concepto de los cuantos de energía, un paso que abrió la puerta a la física cuántica.

1905 – Albert Einstein: En 1887 **Heinrich Hertz** observó que cuando luz de cierta frecuencia ilumina un material (como el metal), libera electrones de su superficie (algo contrario a la teoría clásica, porque solo se producía cuando se llegaba a partir de una frecuencia umbral. Einstein explicó esto con la idea de energía cuantizada de fotones, la posibilidad de la dualidad onda-partícula.

En PAU muchas veces

1913 – Neils Bohr propone un modelo del átomo en el que los electrones orbitaban en niveles de energía discretos, influenciado por los primeros avances cuánticos.

2. ¿Qué sabemos de física de partículas?

Heisenberg, pupilo de **Bohr** en el Instituto de Física Teórica de la Universidad de Copenhague



Werner Heisenberg

1925 - Desarrolla la mecánica matricial, abstrayendo el comportamiento del átomo mediante matrices que parecían carecer de sentido físico directo.

1927 - Principio de incertidumbre: Establece límites fundamentales al conocimiento simultáneo de la posición y el momento de una partícula, desafiando el determinismo clásico



Interpretación de Copenhague

1926 –Erwin Schrödinger

Introdujo la ecuación de onda cómo evolucionan las funciones de onda de las partículas subatómicas, es decir, las probabilidades de encontrar una partícula en un lugar determinado en un momento dado

Problemas en las interpretaciones y enfrentamientos entre científicos...

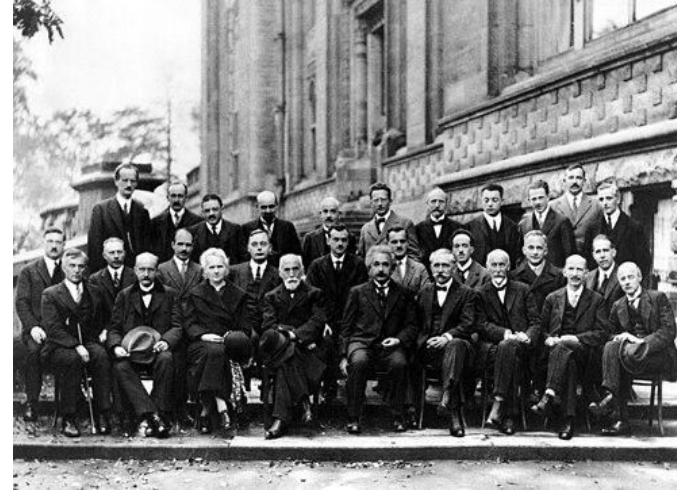
2. ¿Qué sabemos de física de partículas?

SHRODINGER VS. HEISENBERG



Extraído de [aziza-physics](#)

Conferencia de Solvay en 1927



Schödinger habló del gato para afear la incertidumbre de Heisemberg

Albert Einstein dijo a Borh:

"Dios no juega a los dados con el universo"

La respuesta de **Borh**:

"Einstein, deje de decirle a Dios lo que tiene que hacer."

A su vez, **Stephen Hawking** añadió:

"Dios no sólo juega a los dados con el Universo; sino que a veces los arroja donde no podemos verlos."

2. ¿Qué sabemos de física de partículas?

Todo esto y mucho más, viene contado en el libro

Un verdor terrible

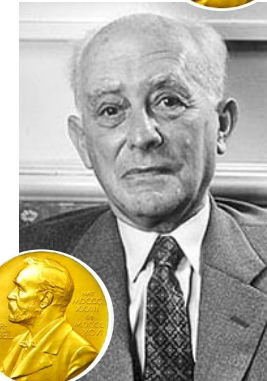
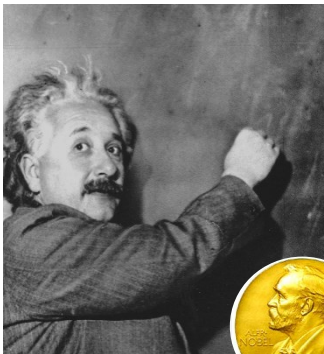
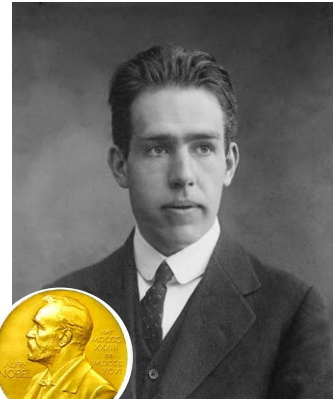
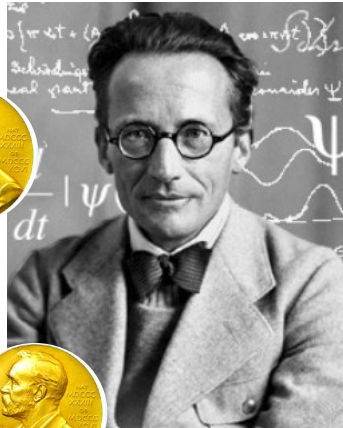
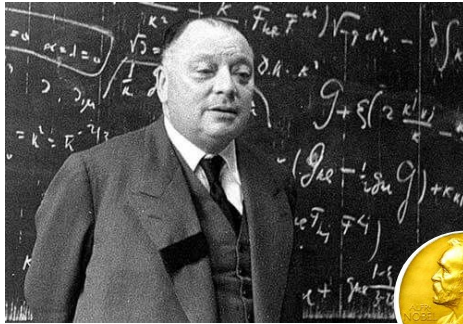
- Libro exquisito, sencillo de leer y apasionante
- Yo lo recomendaría para estudiantes desde 4º de ESO en adelante



2. ¿Qué sabemos de física de partículas?

Y, ¿quién llevaba razón?

Ambos, y las teorías eran complementarias una a la otra



¿Y españoles en la época?

Junto a otros muchos, definieron la **Mecánica Cuántica**

Ahora faltaba intentar unificar las dos grandes teorías del momento: la mecánica cuántica y la relatividad

2. ¿Qué sabemos de física de partículas?



Blas Cabrera Infante

Grande contribuciones
al magnetismo (Ley
Cabrera)

Amigo de Einstein

Su carrera se vio
truncada por la Guerra
Civil y su vinculación a la
República

¿Y españoles?

2. ¿Qué sabemos de física de partículas?

En 1928, **Paul Dirac** planteó una ecuación que unificaba las dos grandes teorías de la época:

Mecánica cuántica

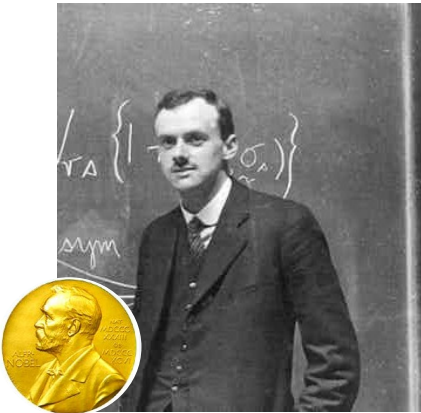
Entre nosotros, la ciencia que estudia las cosas muy pequeñas

Relatividad Especial

Entre nosotros, las cosas que van muy muy rápido

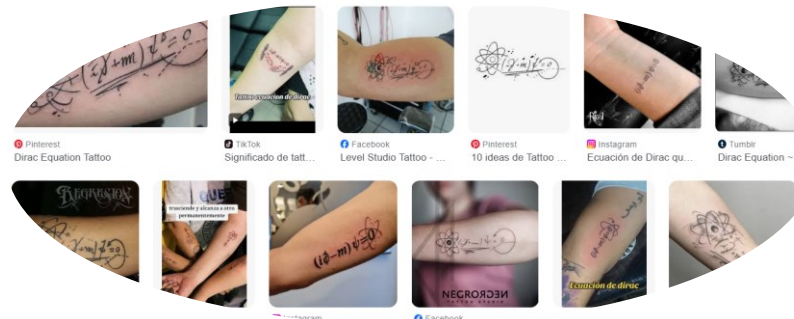
Teoría cuántica de campos

Que suena espectacular, pero entre nosotros podemos entenderla como... cosas muy pequeñas que se mueven muy muy rápido



$$(i\partial - m)\psi = 0$$

Dicen que la ecuación más bella de la física, y también la más....



...tatuada, aunque como a menudo ocurre con una interpretación errónea

2. ¿Qué sabemos de física de partículas?

En 1928, **Paul Dirac** planteó una ecuación que unificaba las dos grandes teorías de la época:

**Mecánica
cuántica**

Entre nosotros, la ciencia que estudia las cosas muy pequeñas

**Relatividad
Especial**

Entre nosotros, las cosas que van muy muy rápido

**Teoría cuántica
de campos**

Que suena espectacular, pero entre nosotros podemos entenderla como... cosas muy pequeñas que se mueven muy muy rápido

Reflexiones didácticas

¿Y todo esto hay que saber?

No. Ni mucho menos hay que saber todo esto, pero sí es importante tener una base un poco más allá de lo que hacemos en clase. La teoría cuántica de campos va mucho más allá de cosas pequeñas que se mueven muy rápido, pero nos da un soporte.

2. ¿Qué sabemos de física de partículas?

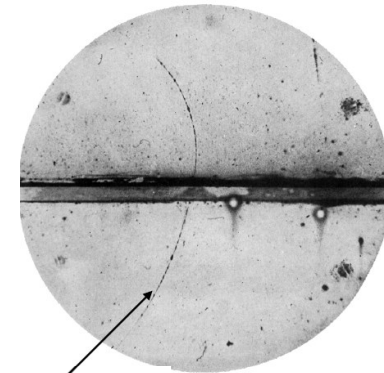
Y más implicaciones...

Según esta ecuación, deben existir partículas idénticas a las que tenemos pero con energía negativa

¿Cómo? ¿Y qué sería eso?



En 1932, **Anderson** capta, usando un instrumento de detección que se comporta como un **electrón pero con carga positiva** ☐. Lo llamó **positrón** y era la prueba de existencia de Antimateria



Electron: e^-

Positrón: e^+

¿Y con qué instrumento?

Se descubre la
ANTIMATERIA

2. ¿Qué sabemos de física de partículas?

Con una cámara de niebla (profesional)

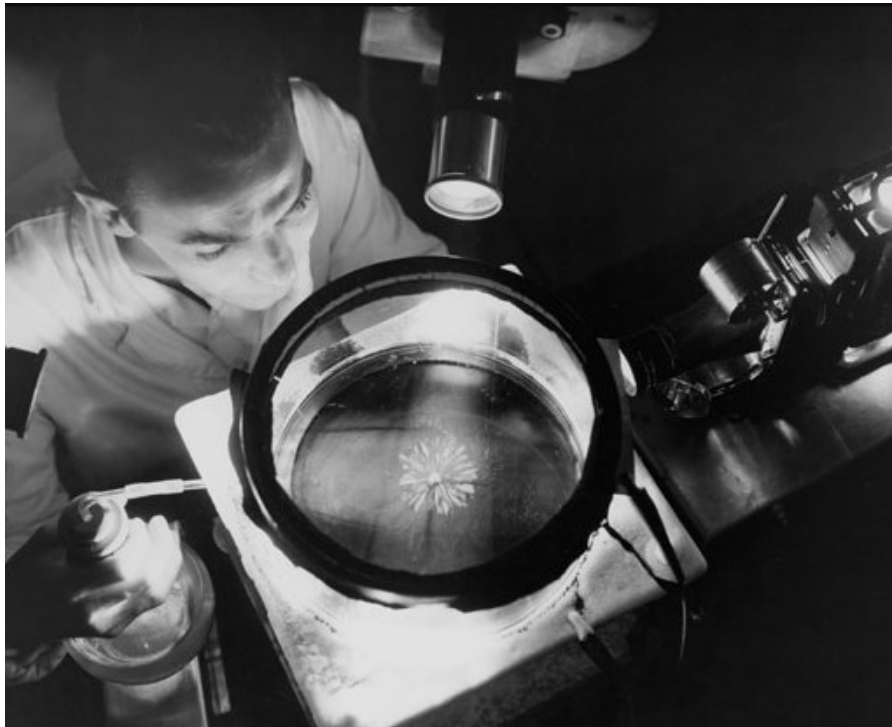
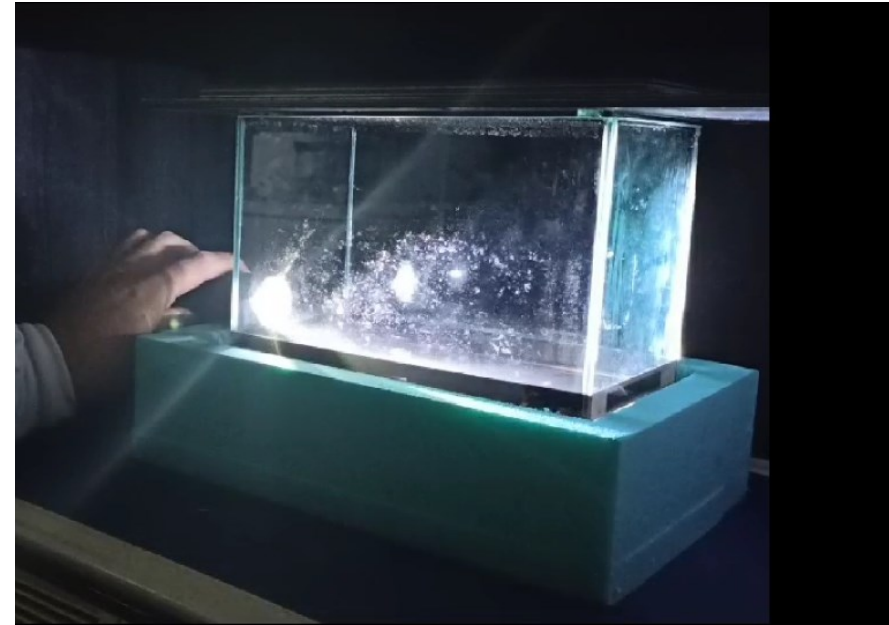


Imagen de 1957 (se observan partículas alfa)

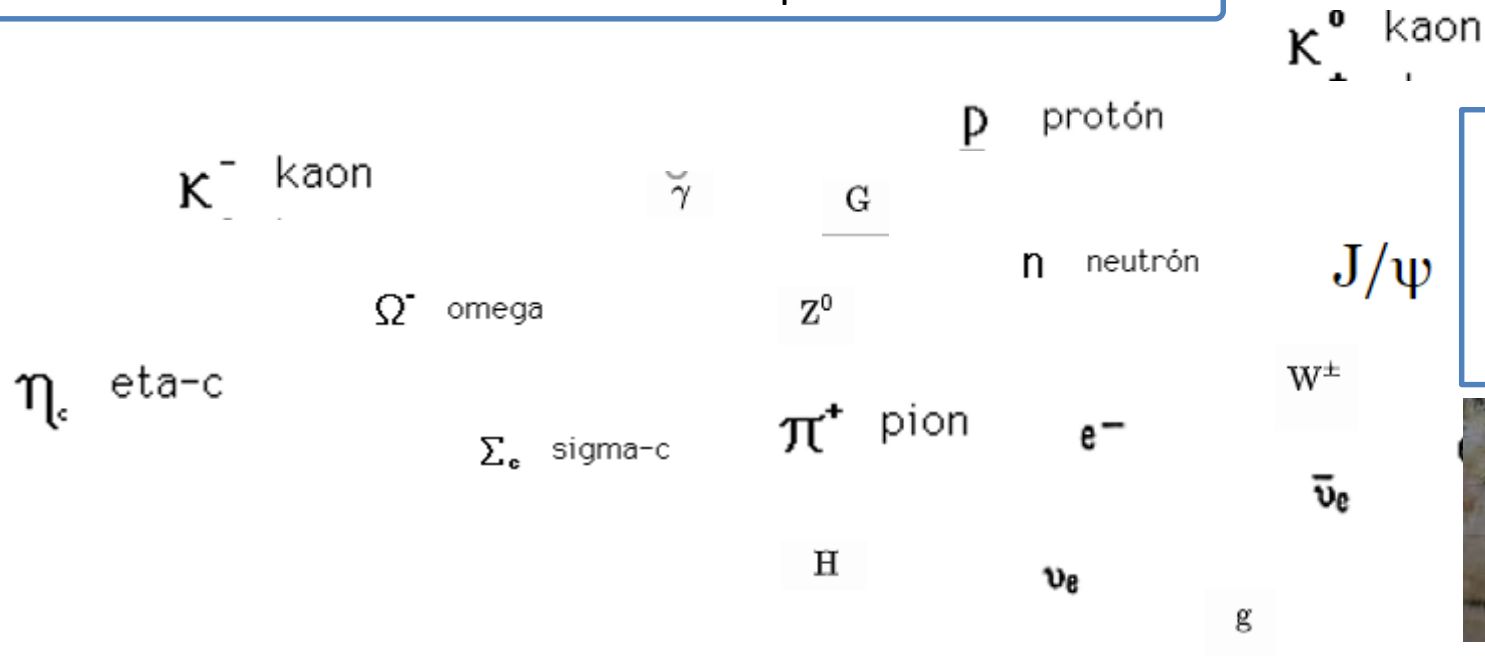
O con una propia...



Pero antes de hablar de la cámara de niebla, sigamos con las partículas...

2. ¿Qué sabemos de física de partículas?

Podría decirse que este descubrimiento es el origen de la identificación de otras muchas partículas...



Un español estuvo en su descubrimiento en 1974: Álvaro de Rújula



1937

μ

1940s

mesones π , K

1950s

partículas Λ , Δ , Σ , ...

Y otras muchas... (actualmente más de 300 partículas)

Entonces se decide comenzar a clasificarlas, al igual que se hizo con la tabla periódica

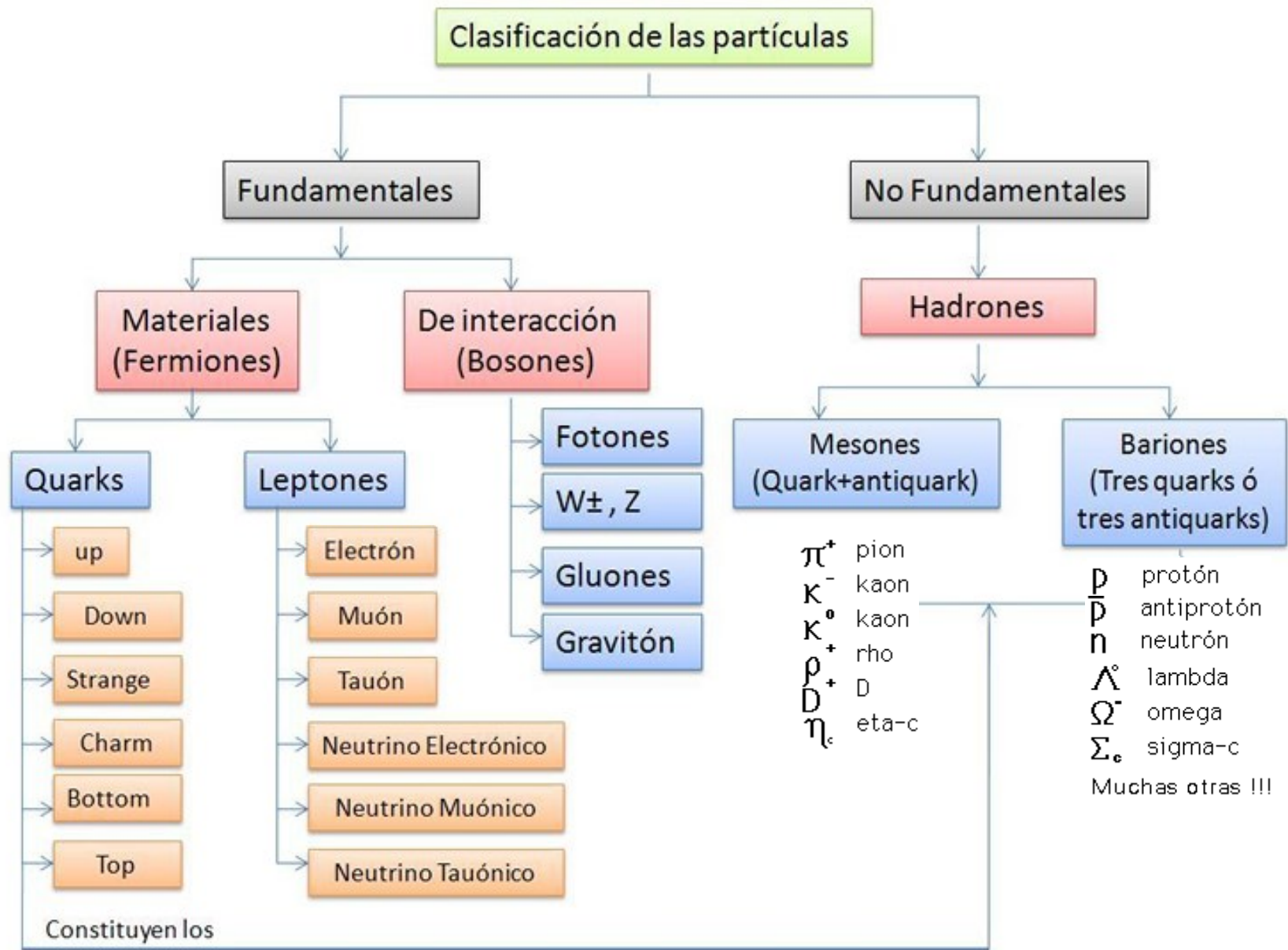
2. ¿Qué sabemos de física de partículas?

Electrón

p protón

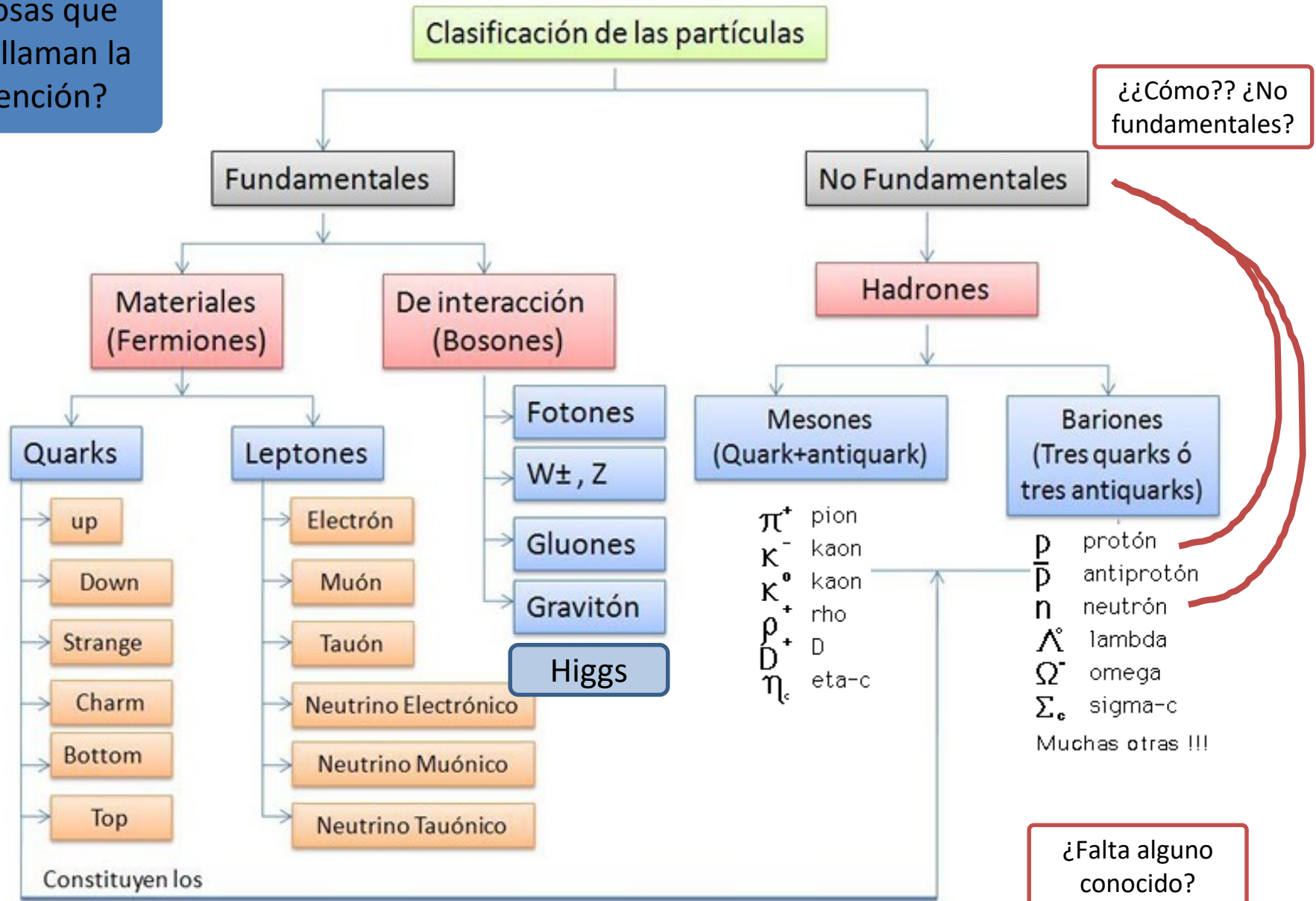
n neutrón

2. ¿Qué sabemos de física de partículas?



2. ¿Qué sabemos de física de partículas?

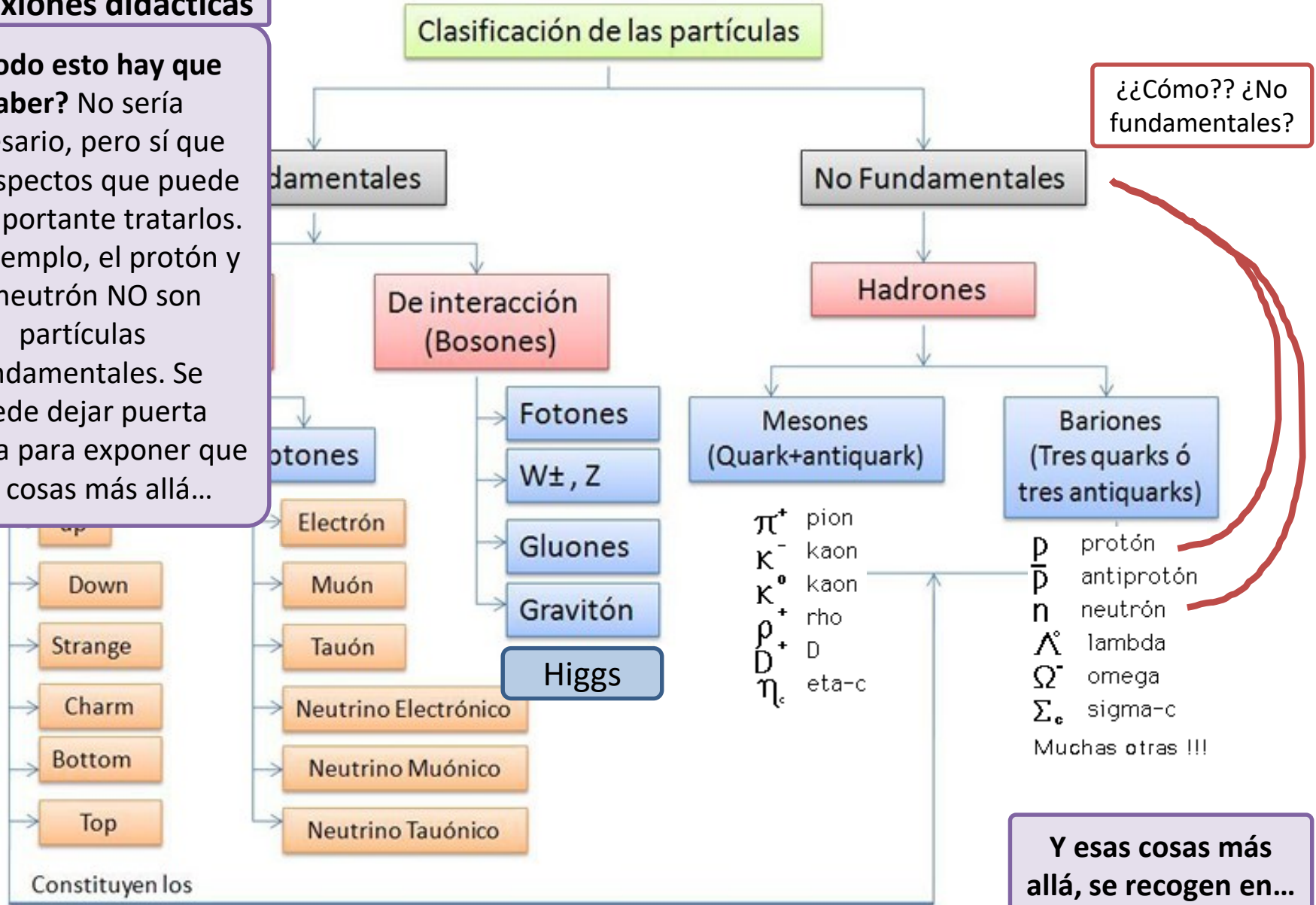
¿Cosas que nos llaman la atención?



2. ¿Qué sabemos de física de partículas?

Reflexiones didácticas

¿Y todo esto hay que saber? No sería necesario, pero sí que hay aspectos que puede ser importante tratarlos. Por ejemplo, el protón y el neutrón NO son partículas fundamentales. Se puede dejar puerta abierta para exponer que hay cosas más allá...

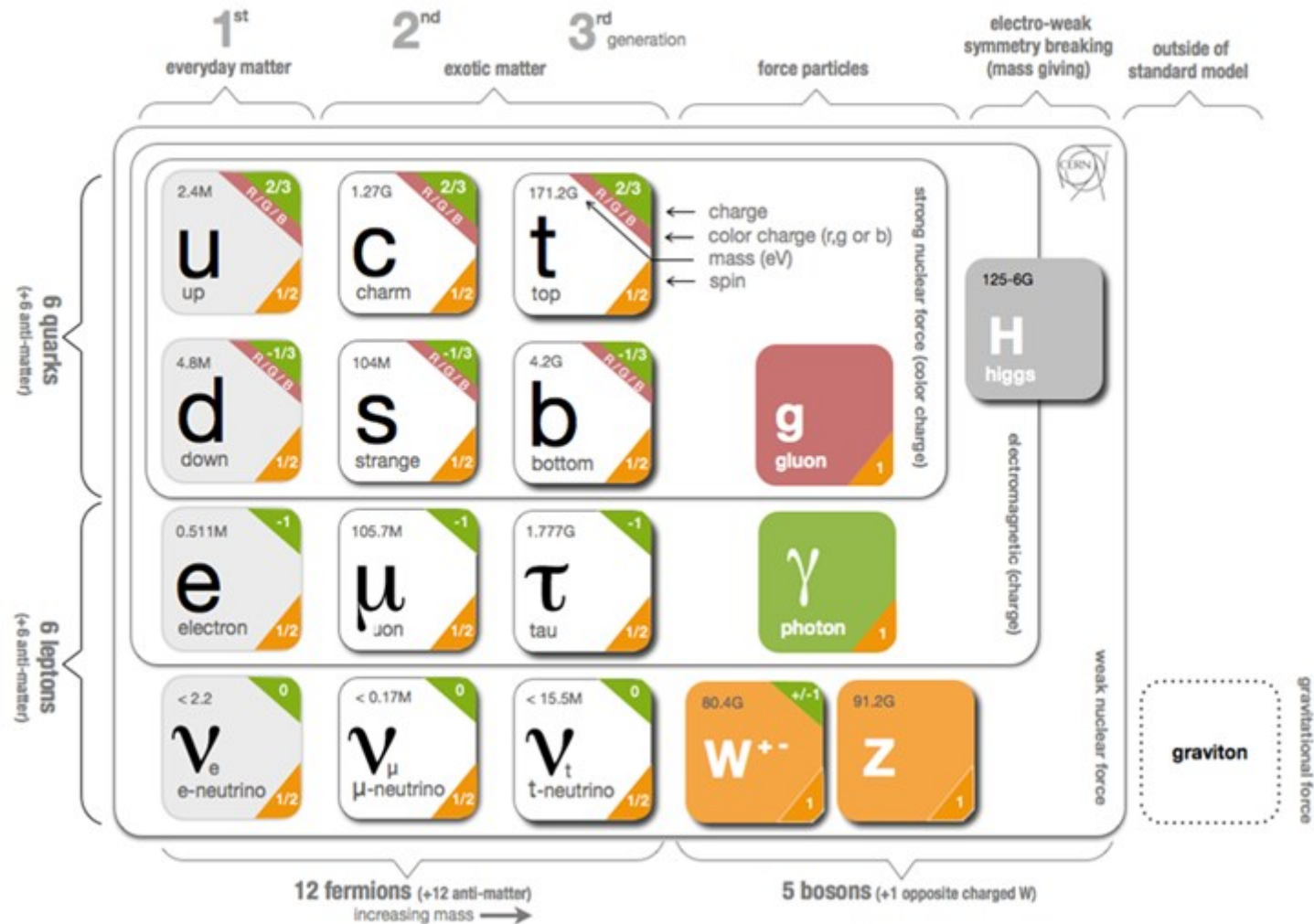


¿¿Cómo?? ¿No fundamentales?

Y esas cosas más allá, se recogen en...

2. ¿Qué sabemos de física de partículas?

EL MODELO ESTÁNDAR DE PARTÍCULAS



2. ¿Qué sabemos de física de partículas?

EL MODELO ESTÁNDAR DE PARTÍCULAS

Y otra forma de representarlo...

$$\mathcal{L}_{\text{fermión}} = \sum_i \bar{\psi}_i (i \not{\partial} - m_i - \frac{m_i H}{v}) \psi_i \quad (1)$$

$$- \frac{g}{2\sqrt{2}} \sum_i \bar{\Psi}_i \gamma^\mu (1 - \gamma^5) (T^+ W_\mu^+ + T^- W_\mu^-) \Psi_i \quad (2)$$

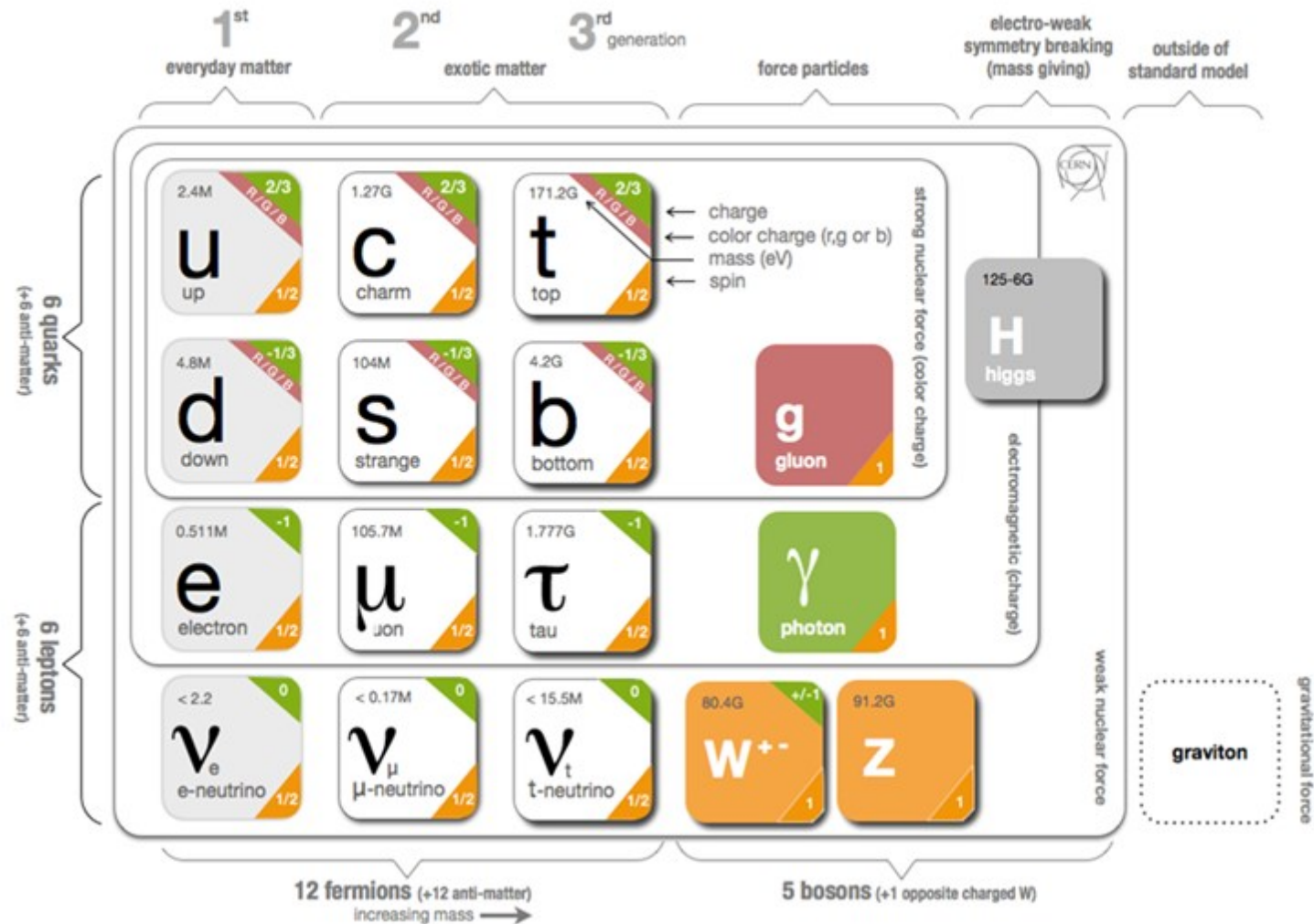
$$- e \sum_i Q_i \bar{\psi}_i \gamma^\mu \psi_i A_\mu \quad (3)$$

$$- \frac{g}{2 \cos \theta_W} \sum_i \bar{\psi}_i \gamma^\mu (g_V^i - g_A^i \gamma^5) \psi_i Z_\mu \quad (4)$$

Aunque mejor quedarnos con la otra forma...

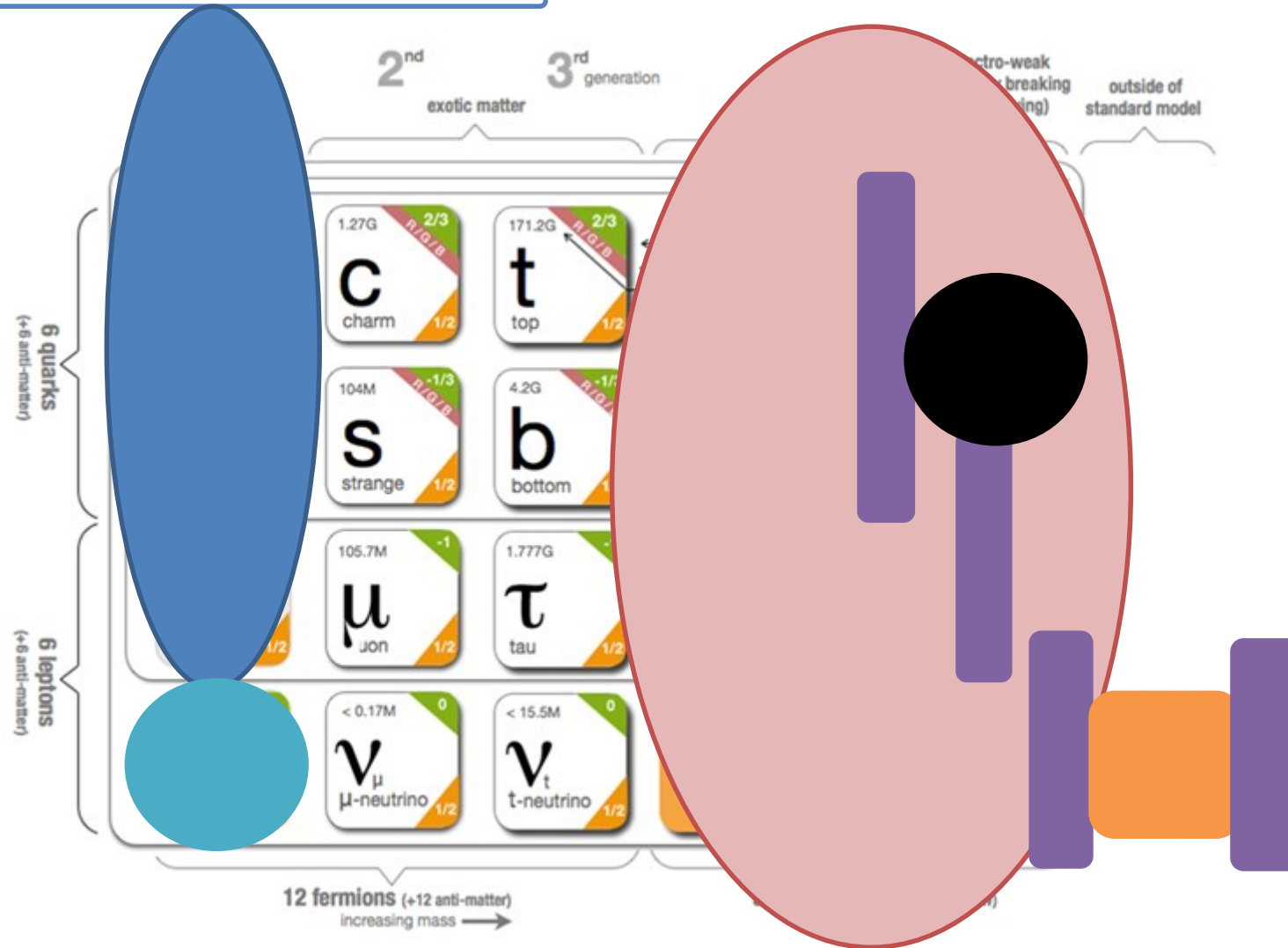
2. ¿Qué sabemos de física de partículas?

EL MODELO ESTÁNDAR DE PARTÍCULAS



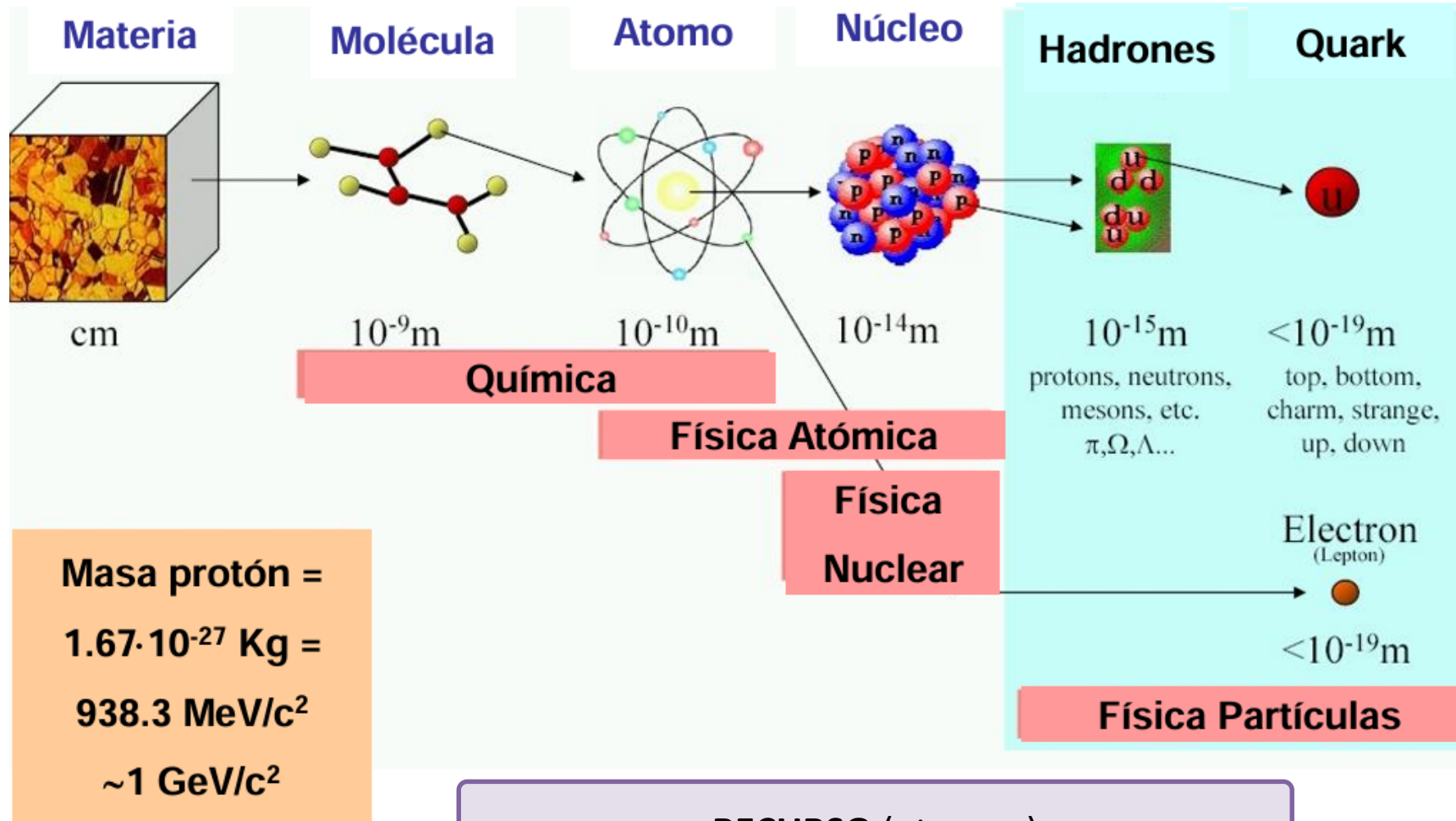
2. ¿Qué sabemos de física de partículas?

EL MODELO ESTÁNDAR DE PARTÍCULAS



2. ¿Qué sabemos de física de partículas?

Volvamos a las escalas...



Masa protón =
 $1.67 \cdot 10^{-27} \text{ Kg} =$
 $938.3 \text{ MeV}/c^2$
 $\sim 1 \text{ GeV}/c^2$

RECURSO (otra vez)
<https://htwins.net/scale2/>

2. ¿Qué sabemos de física de partículas?

En 1964, se propuso la idea de los..

- “ACES” nombre dado por Zweig
- “Quarks” nombre dado por Gell-mann



Gell-Mann



Zweig

“Three **quarks** for Muster” del libro *Finnegans Wake* de James Joyce (1939)

La propuesta consistía en partículas elementales con cargas no enteras, y con características diferentes (“personalidades” o “sabores”)

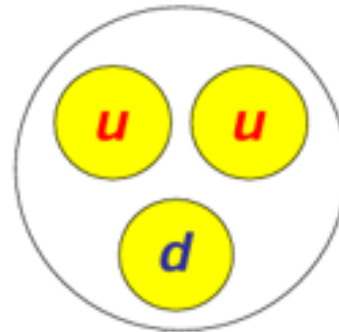
¿y quién mantiene unidos a los quarks?

Entonces, sabiendo que...

$q(u) = +2/3$

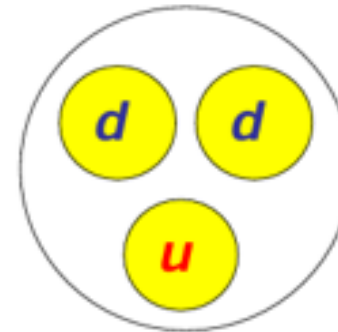
$q(d) = -1/3$

¿cómo se podría formar un protón o un neutrón?



protón

$q(p) = +1$



neutrón

$q(n) = -1/3 - 1/3 + 2/3 = 0$

2. ¿Qué sabemos de física de partículas?

En 1964, se propuso la idea de los..

- "ACES" nombre dado por Zweig
- "Quarks" nombre dado por Gell-mann



Gell-Mann

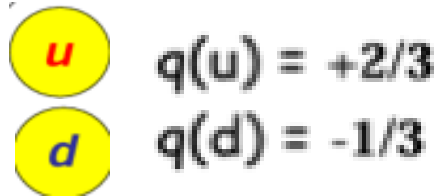


Zweig

"Three **quarks** for Muster" del libro *Finnegans Wake* de James Joyce (1939)

La propuesta consistía en partículas elementales con cargas no enteras, y con características diferentes ("personalidades" o "sabores")

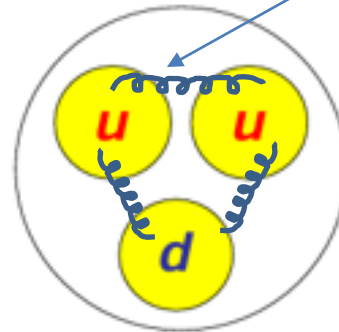
Entonces, sabiendo que...



¿cómo se podría formar un protón o un neutrón?

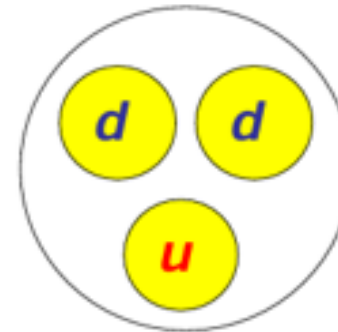
gluones

¿y quién mantiene unidos a los quarks?



protón

$$q(p) = +1$$



neutrón

$$q(n) = -1/3 - 1/3 + 2/3 = 0$$

2. ¿Qué sabemos de física de partículas?

En 1964, se propuso la idea de los..

- "ACES" nombre dado por Zweig
- "Quarks" nombre dado por Gell-mann



Gell-Mann



Zweig

"Three **quarks** for Muster" del libro *Finnegans Wake* de James Joyce (1939)

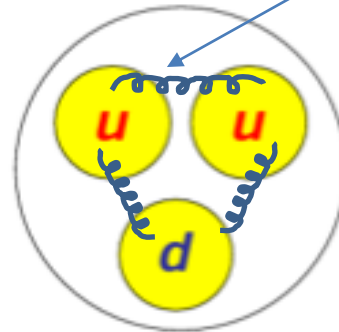
La propuesta consistía en partículas elementales con cargas no enteras, y con características diferentes ("personalidades" o "sabores")

LIBRO contado por un investigador "novato" que comparte pasillo con Gell-Mann y **Feynman**

Entonces, sabiendo que...

$$\begin{array}{l} \text{u} \quad q(\text{u}) = +2/3 \\ \text{d} \quad q(\text{d}) = -1/3 \end{array}$$

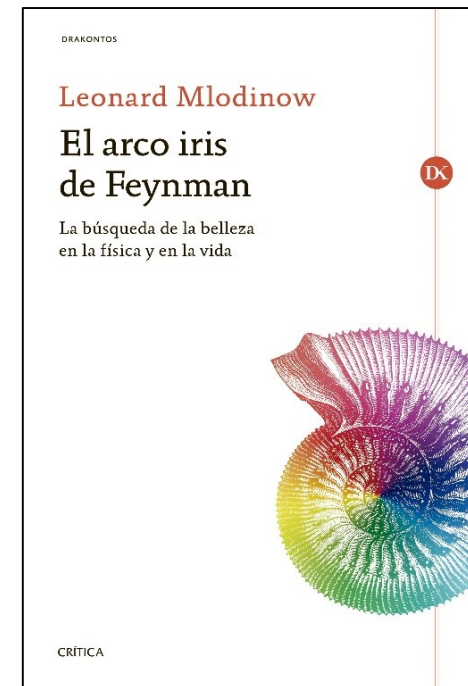
¿cómo se podría formar un protón o un neutrón?



protón

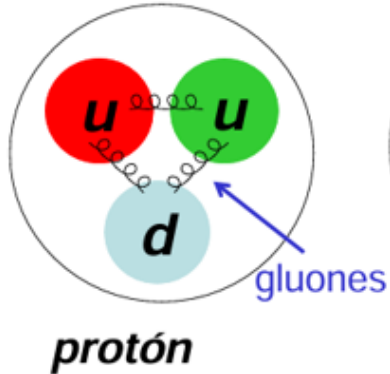
$$q(\text{p}) = +1$$

gluones



2. ¿Qué sabemos de física de partículas?

Pero los quarks se representan con colores...



¿Hay un razón?

SÍ

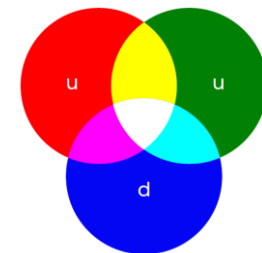
Duda: ¿También se representan con colores otras partículas como electrones, protones o neutrones..?

NO
Provoca problemas de comprensión

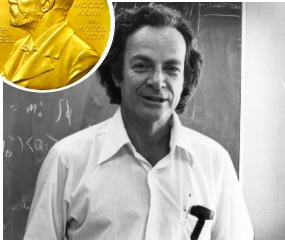
Cromodinámica Cuántica (QCD)

CARGA DE COLOR

- Se asigna un a los quarks tres "colores" (rojo, verde y azul) y sus anticolores ☐ representación matemática abstracta
- Los quarks NO pueden observarse de forma aislada debido al **confinamiento de color**, ya que siempre se agrupan en **hadrones**, donde sus colores se neutralizan (como en el protón).



2. ¿Qué sabemos de física de partículas?

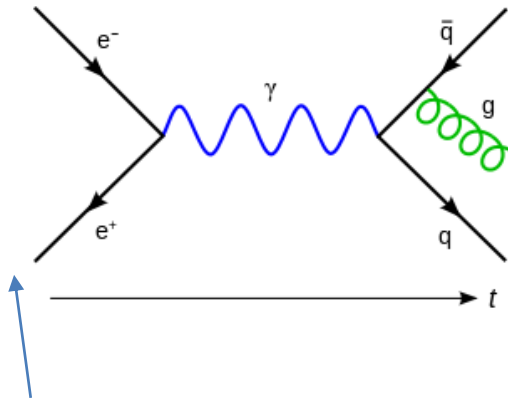


Richard Feynman trabajó sobre esto, unificando la Teoría cuántica de Campos y la Electrodinámica Cuántica

Aunque si hablamos de Feynman y partículas, la genialidad vino en otra cosa...

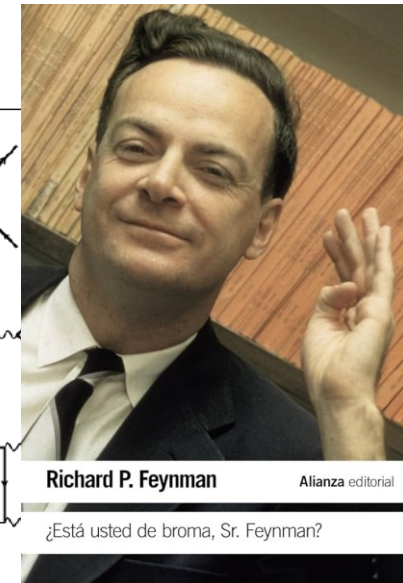
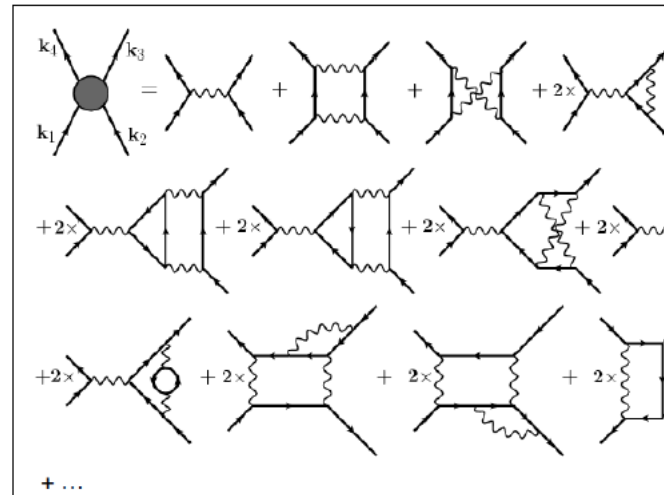
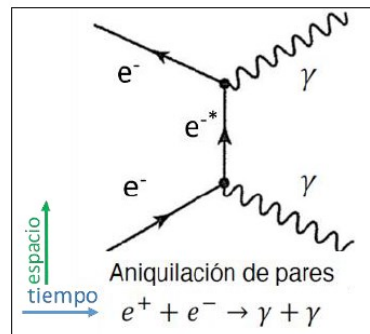
LOS DIAGRAMAS DE FEYNMAN

Una genialidad que reduce a un gráfico sencillísimo las interacciones de la materia a nivel fundamental



Y no solo interacciones básicas...
(cada línea representa un desarrollo matemático)

¿va hacia el pasado?
No, representa la antimateria



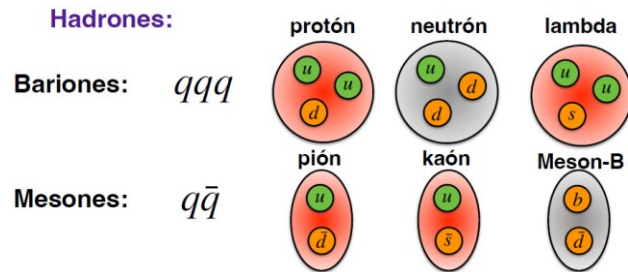
Richard P. Feynman Alianza editorial

¿Está usted de broma, Sr. Feynman?

2. ¿Qué sabemos de física de partículas?

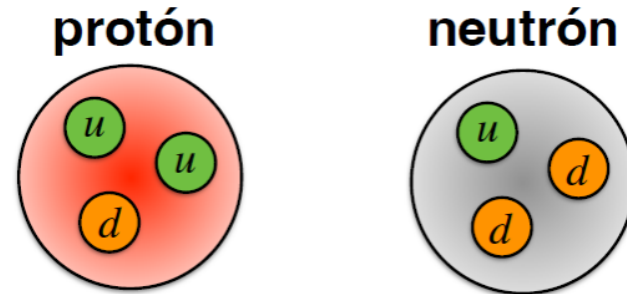
Aterricemos...

Partículas que generan la materia de nuestro día a día: Los quarks



Lo que realmente nos interesa

Protón y Neutrón NO son partículas fundamentales



Reflexiones didácticas

¿Es importante tener esto presente?

Entender qué es un quark, cómo están unidos para formar un protón o neutrón, analizar las características que los definen... Todo eso, no es necesario

2. ¿Qué sabemos de física de partículas?

Reflexiones didácticas

Partículas que generan la materia de nuestro día a día: Los quarks

¿Es interesante plantear **preguntas** de ciencia en el aula que están **en el límite del conocimiento actual**?

Nunca un alumno o alumna os ha preguntado: **¿y no hay algo más pequeño de los protones o neutrones?**

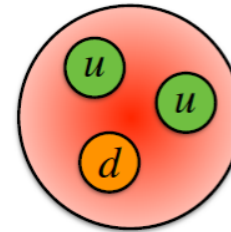
¿**Debería el profesorado estar preparado para responder**, al menos de forma sencilla, estas preguntas?

¿y podemos encontrar **quarks sueltos de uno e uno?**
¿y son **bolitas dentro de bolitas?** ¿y los protones y neutrones son bolitas?

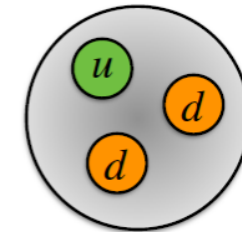
¿puede hacer que el alumnado se haga preguntas que ni siquiera nosotros planteamos por estar “encorsetados” a la noción de “bolita”?

Protón y Neutrón **NO** son partículas fundamentales

protón



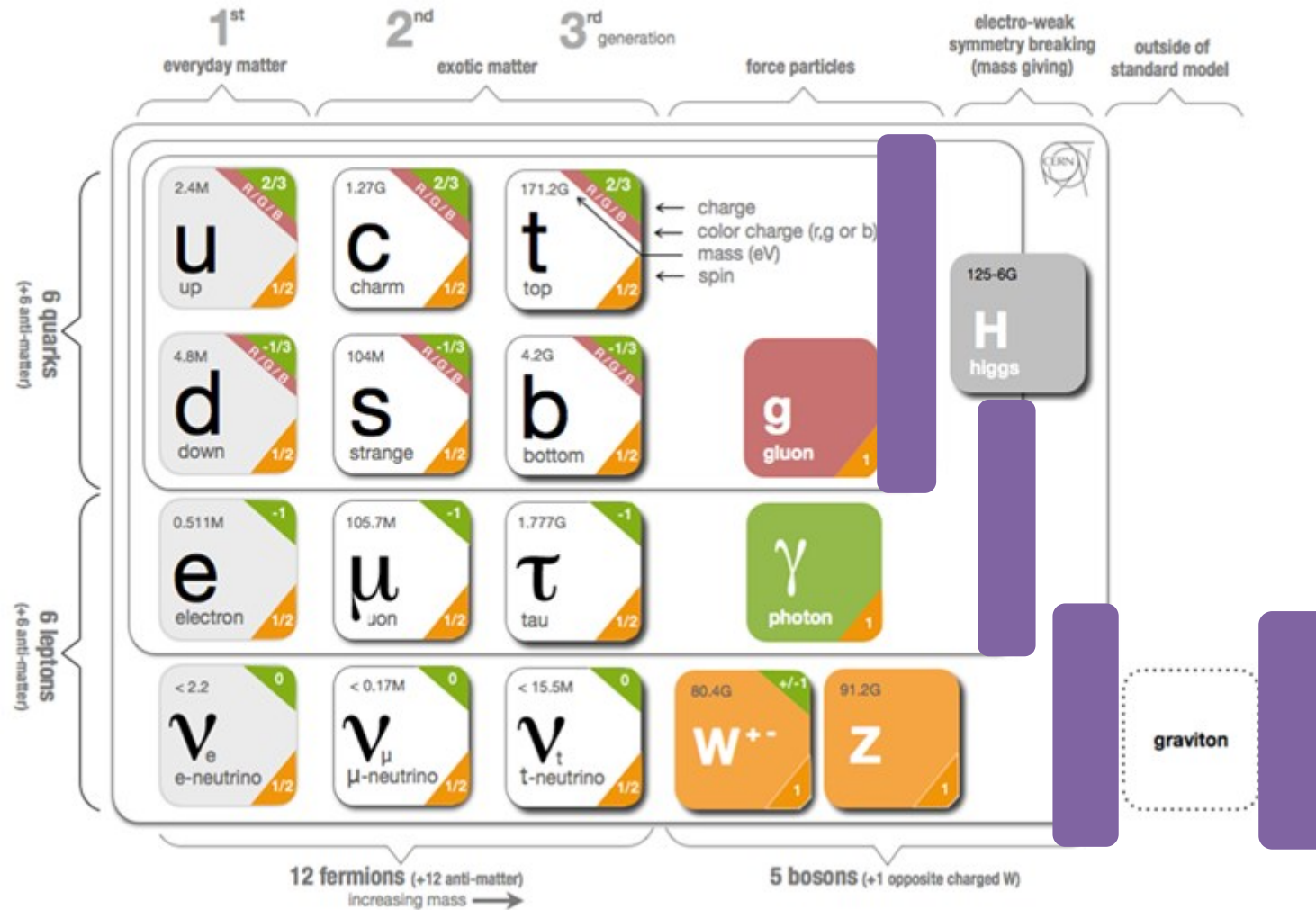
neutrón



SABER LOS NOMBRES DE LAS COSAS IMPORTA POCO, LO IMPORTANTE ES TENER LA IDEA, EL CONCEPTO o al menos LA NOCIÓN e incluso la DUDA de lo que es algo...

2. ¿Qué sabemos de física de partículas?

Las FUERZAS FUNDAMENTALES DEL UNIVERSO



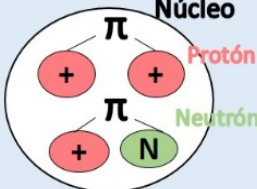
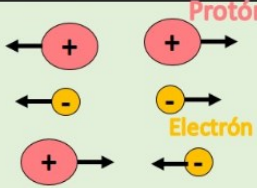
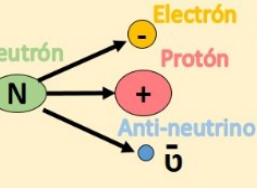
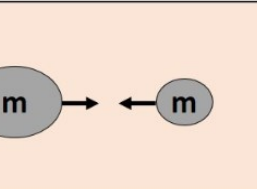
2. ¿Qué sabemos de física de partículas?

Las FUERZAS FUNDAMENTALES DEL UNIVERSO

Para nosotros entendernos:

¿Nunca un o una estudiante os ha preguntado **por qué si los protones se repelen, están unidos dentro del núcleo?**

INTERACCIONES FUNDAMENTALES

| | | | | | |
|------------------|--|---|---------------------------|---|---|
| Fuerte |  | Mantiene unido el núcleo | Fuerza 1 | Rango (m): 10^{-15} Diámetro de un núcleo medio | Partícula intermedia: gluón |
| Electromagnética |  | Repulsión y atracción entre cargas | Fuerza 1/137 | Rango (m): Infinito | Partícula intermedia: Fotón |
| Débil |  | Desintegraciones radiactivas (decaimiento de núcleos) | Fuerza 10^{-6} | Rango (m): 10^{-18} 0,1% del diámetro de un protón | Partículas intermedias: Bosones W^+ , W^- , Z_0 |
| Gravitatoria |  | Atracción entre masas | Fuerza $6 \cdot 10^{-39}$ | Rango (m): Infinito | Partícula intermedia: ¿Gravitón? |

2. ¿Qué sabemos de física de partículas?

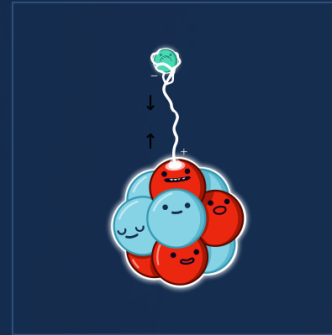
Las FUERZAS FUNDAMENTALES DEL U

Para poder exponer:

Las 4 interacciones fundamentales

Electromagnetismo

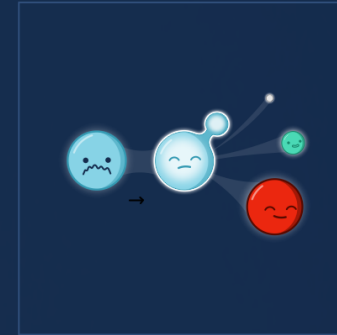
Mantiene unido el átomo y las moléculas entre sí.



Partícula Portadora: Fotón

Nuclear Débil

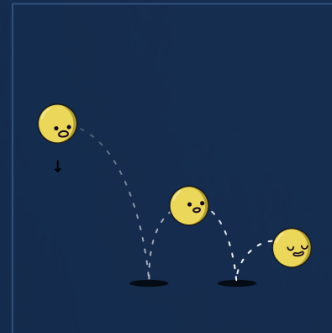
Provoca algunos tipos de desintegraciones radioactivas incluido el decaimiento Beta.



Partícula Portadora: Bosones W y Z

Gravedad

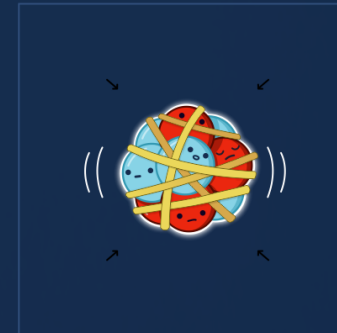
Afecta a todas las partículas y rige el movimiento de los astros.



Partícula Portadora: Gravitón* (hipotética)

Nuclear Fuerte

Mantiene unido protones y neutrones en el núcleo atómico.

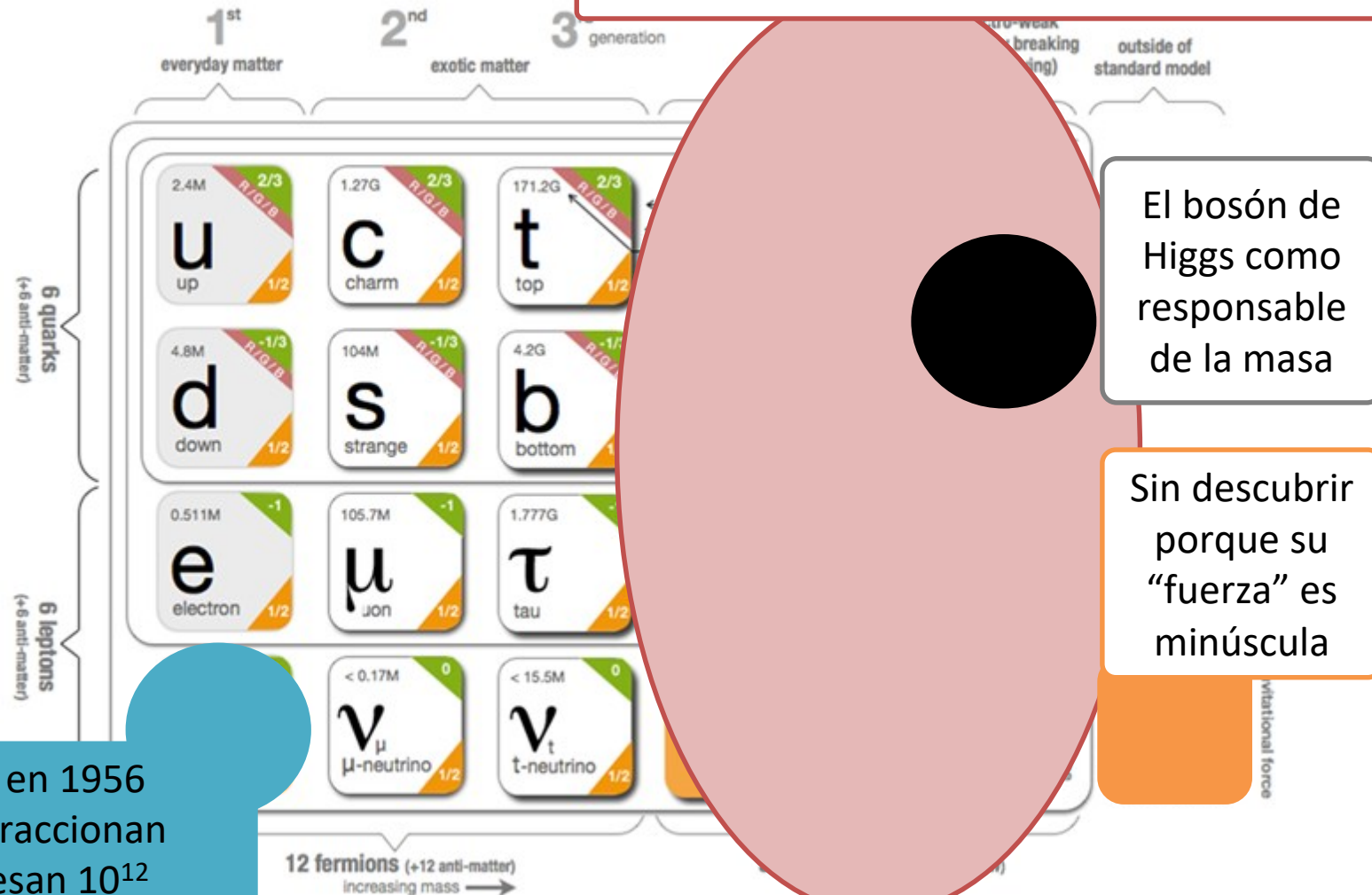


Partícula Portadora: Gluón (Existen 8 tipos)

2. ¿Qué sabemos de física de partículas?

Y otras cosas...

Bosones como intercambiadores de fuerzas



Detectado en 1956
Apenas interaccionan
Nos atraviesan 10^{12}
neutrinos por segundo

Modelo Estándar de partículas. Extraído de: [CERN](https://cern.ch)

2. ¿Qué sabemos de física de partículas?

Y si hablamos de física de partículas, tenemos que hablar del **Bosón de Higgs**

PROBLEMAS EN EL MODELO CON EL ORIGEN DE LA CARGA

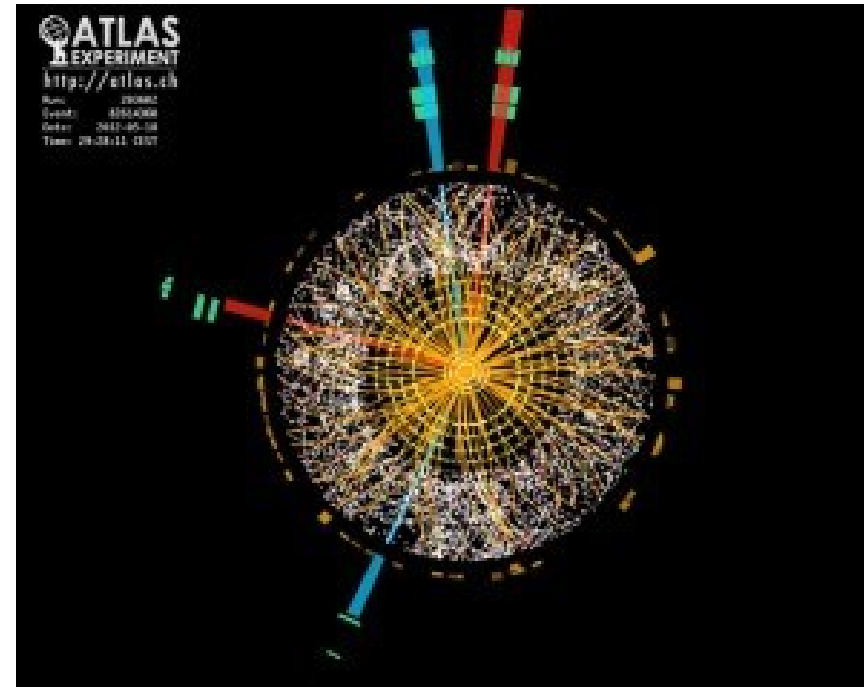
El Modelo Estándar requiere que las partículas mediadoras (bosones), no tengan masa... pero sabemos que eso no es así

¿Cómo adquieren masa las partículas?






Mecanismo de Higgs
1964 - Peter Higgs teorizaron esta idea



Todas las partículas serían **generadas en el Big Bang SIN MASA**, pero al interactuar con un nuevo campo, **CAMPO DE HIGGS**, adquirirían masa
Mayor masa cuando mayor sea la interacción



2. ¿Qué sabemos de física de partículas?

-  Higgs Field
-  neutrino ≈ 0 MeV
-  electron ≈ 0.5 MeV
-  muon ≈ 140 MeV
-  top quark ≈ 170.000 MeV

2. ¿Qué sabemos de física de partículas?



Se predijo en 1964, pero se encontró experimentalmente en 2012

Recibió el Nobel en 2013

Peter Higgs murió en Abril de 2024

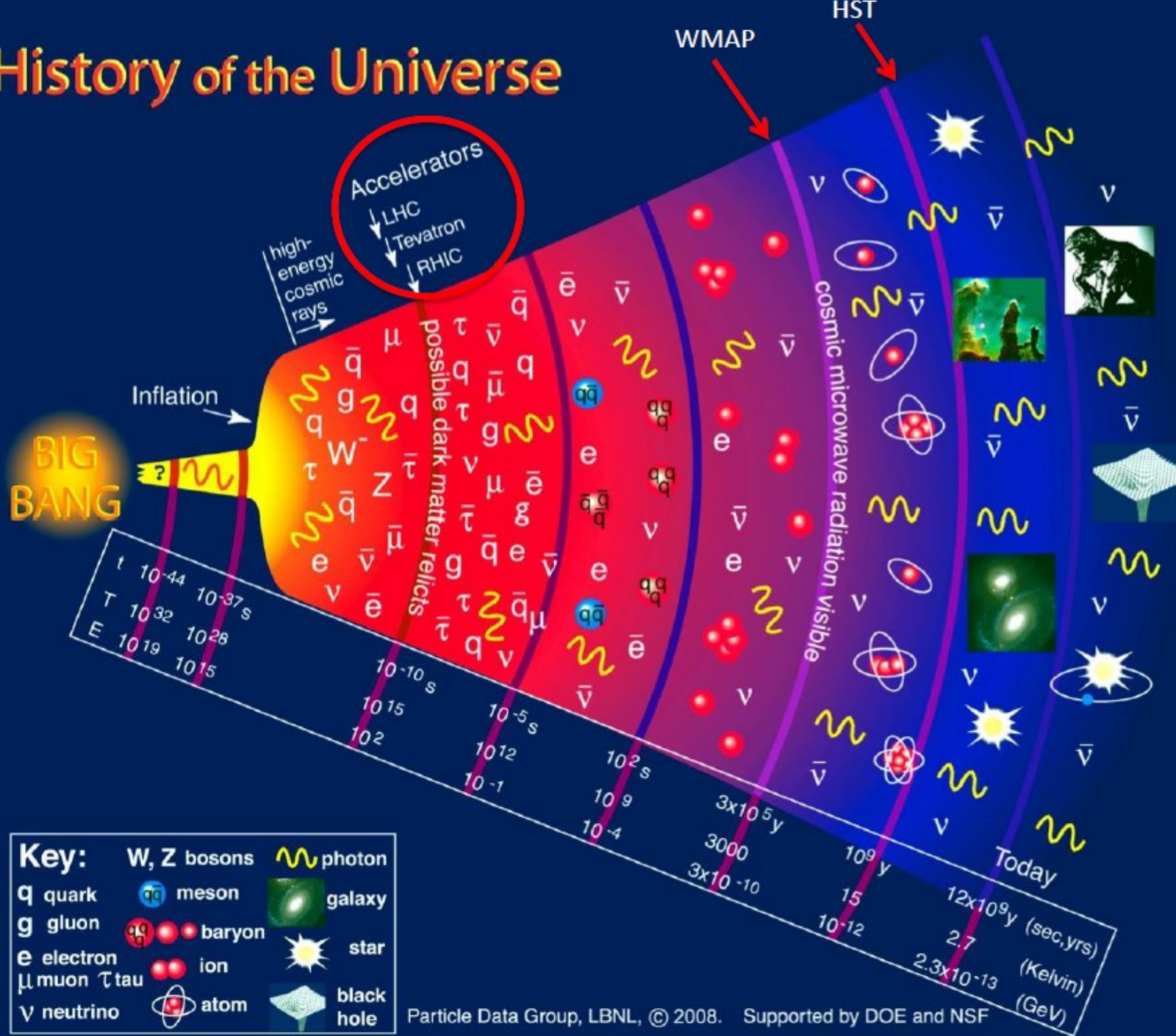
Si visitas el CERN, te avisan de cuál era el sitio en el que se sentaba Peter Higgs



Y entonces, todo el mundo se hace la foto...



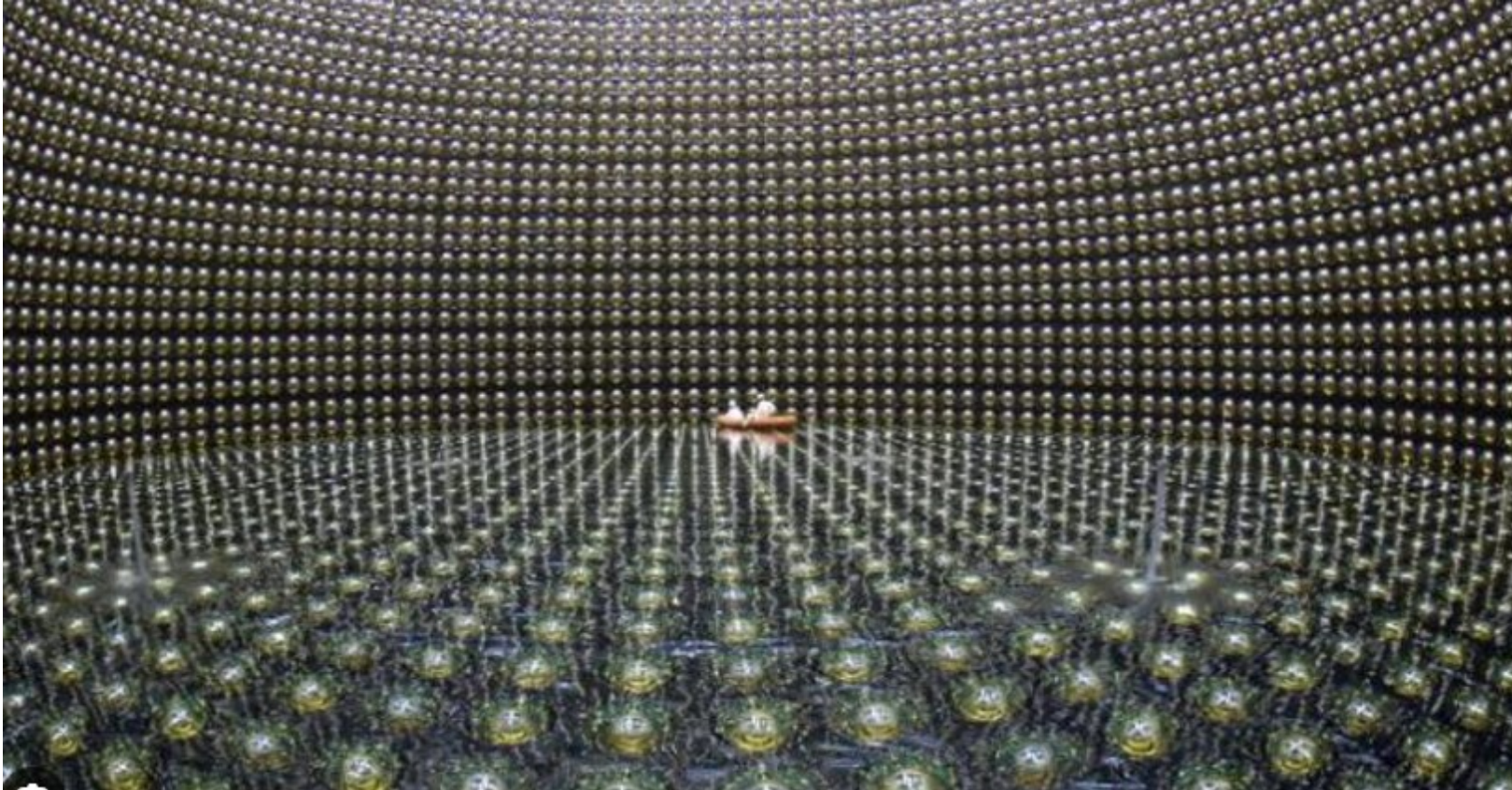
History of the Universe



2. ¿Qué sabemos de física de partículas?

CENTROS DE INVESTIGACIÓN

Internacionales



Detector de neutrinos Super-Kamiokande (Japón)

2. ¿Qué sabemos de física de partículas?

CENTROS DE INVESTIGACIÓN

Internacionales



CERN (Suiza)

2. ¿Qué sabemos de física de partículas?

CENTROS DE INVESTIGACIÓN

Internacionales



CERN (Suiza)

2. ¿Qué sabemos de física de partículas?

CENTROS DE INVESTIGACIÓN

Internacionales



Y puede ser visitado por
profes de secundaria

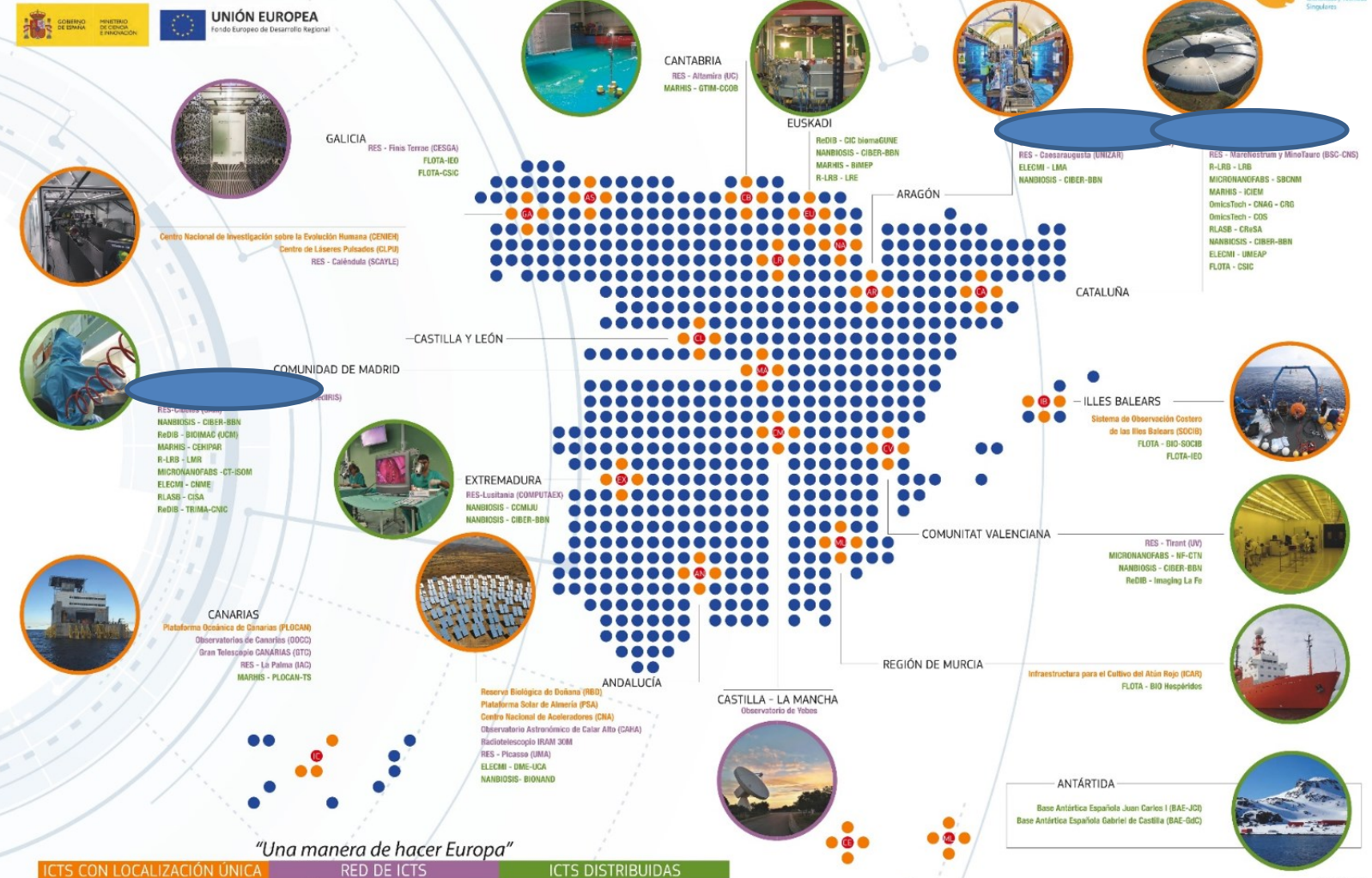
CERN (Suiza)

2. ¿Qué sabemos de física de partículas?

CENTROS DE INVESTIGACIÓN

Y nacionales

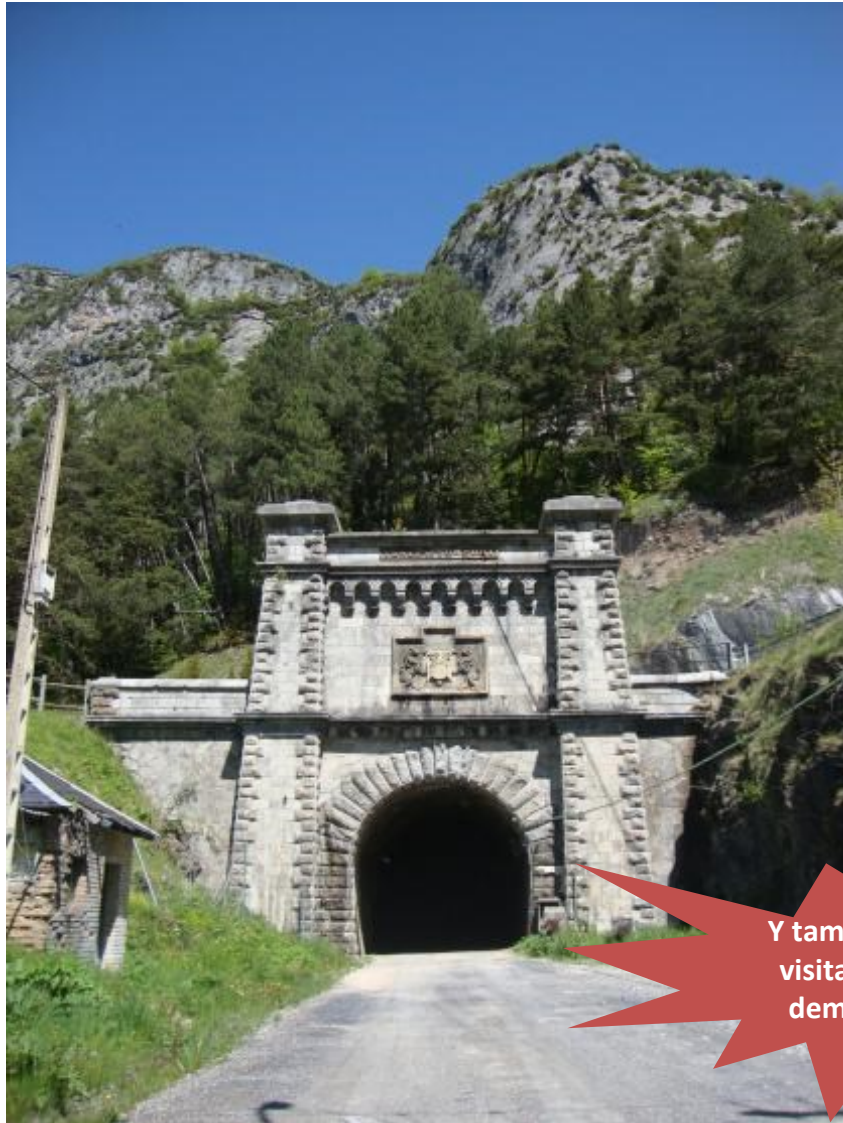
MAPA DE INFRAESTRUCTURAS CIENTÍFICAS Y TÉCNICAS SINGULARES



2. ¿Qué sabemos de física de partículas?

CENTROS DE INVESTIGACIÓN

Y regionales/locales



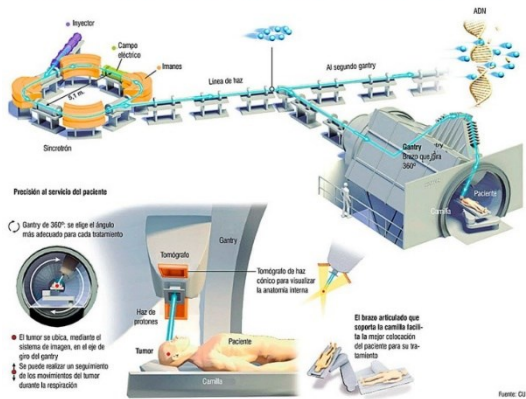
Y también se puede
visitar sin un viaje
demasiado largo

2. ¿Qué sabemos de física de partículas?

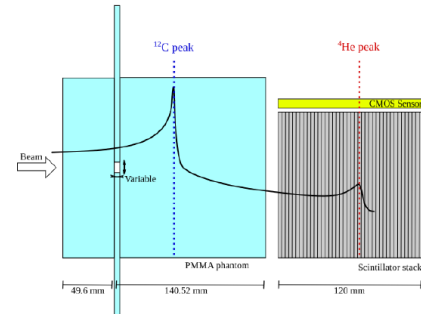
Algunas aplicaciones actuales

Terapia de cáncer

PROCESO DE LA UTILIZACIÓN DE LA RADIOTERAPIA CON PROTONES



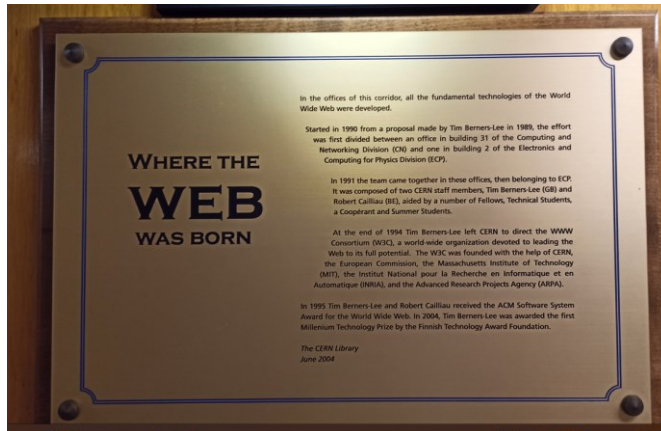
Haces mixtas: terapia y diagnósticos al mismo tiempo



Limpieza de escape marítimo



Nacimiento de la www



Y tecnología del día a día con origen en los laboratorios de física de partículas

Diseño y fabricación de la pantalla táctil



A principios de los años 70, dos ingenieros del CERN, **Frank Beck y Bent Stumpe**, desarrollaron la primera pantalla táctil capacitiva. Stumpe, quien previamente había trabajado con pantallas en su etapa como productor de televisión, desarrolló su prototipo en 1973 después de evaporar finas capas de cobre en una lámina de film de poliéster (BoPET) transparente.

2. ¿Qué sabemos de física de partículas?

¿Actualidad?

FISICA >

Un experimento confirma que la antimateria cae hacia abajo

Los antiátomos de hidrógeno reaccionan a la gravedad igual que los átomos, lo que mantiene el enigma de la falta de antimateria en el universo



CIENCIA

Un investigador de la Universidad de Zaragoza logra 13 millones de euros para ahondar en la materia oscura

El campus público aragonés gestionará cuatro de ellos durante los próximos seis años.



2. ¿Qué sabemos de física de partículas?

¿Actualidad?



[CONVOCATORIAS Y EVENTOS](#) [DIVULGACIÓN](#) [NEWSLETTER](#) [¿QUÉ ES EL CPAN?](#)

[Noticias](#) >

[Convocatorias y eventos](#) >

[Divulgación](#) >

[Información institucional](#) >

[Colaboración nacional e internacional](#) >

Científicos de la Universidad de Zaragoza lideran la búsqueda más precisa de axiones, una misteriosa partícula que podría explicar la materia oscura

Enviado el Jue. 05/12/2024 - 14:05

Científicos del Centro de Astropartículas y Física de Altas Energías (CAPA) de la Universidad de Zaragoza, en colaboración internacional con el CERN, han establecido el límite más restrictivo hasta la fecha en la búsqueda de axiones, unas partículas que podrían ser la clave para resolver dos de los mayores misterios de la física moderna.

El nuevo resultado publicado en

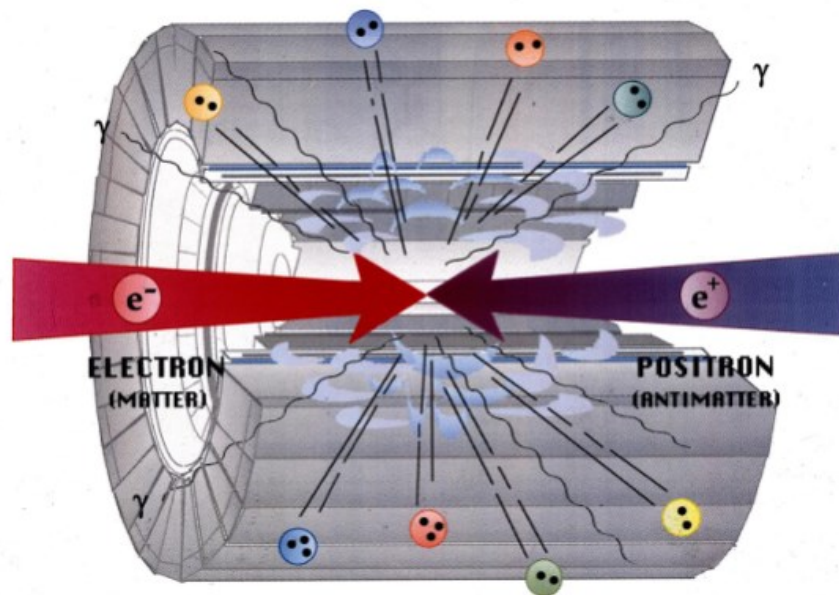


Extraído de [CPAN](#)

2. ¿Qué sabemos de física de partículas?

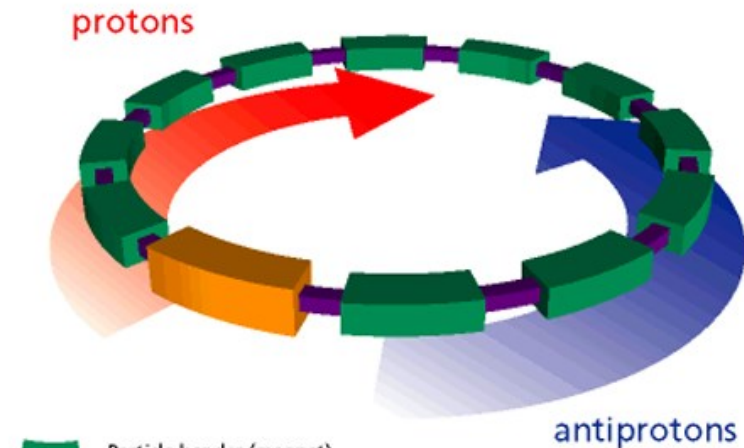
Aceleradores

Colisionar partículas a muy alta energía



Curvan trayectorias

Aceleran partículas



Haces de partículas giran en sentidos opuestos, en trayectorias separadas, y en algunos puntos se les hace colisionar.

2. ¿Qué sabemos de física de partículas?

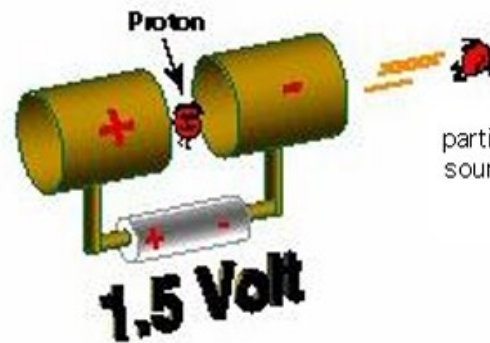
Aceleradores

¿Y cómo se aceleran?

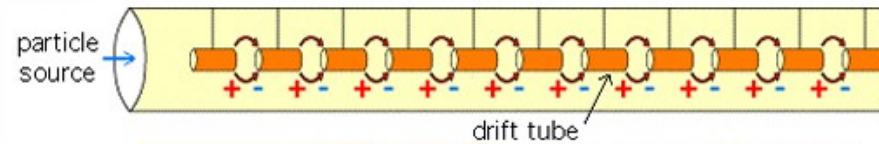
Esto entra en 2º
de bachillerato...

Por medio de campos eléctricos $\vec{F} = m \cdot \vec{a} = q \cdot \vec{E}$

➔ Partículas cargadas (e^- , p , \bar{p} , e^+ , núcleos, ...)



Campos eléctricos alternantes
aceleran a lo largo de longitud, L

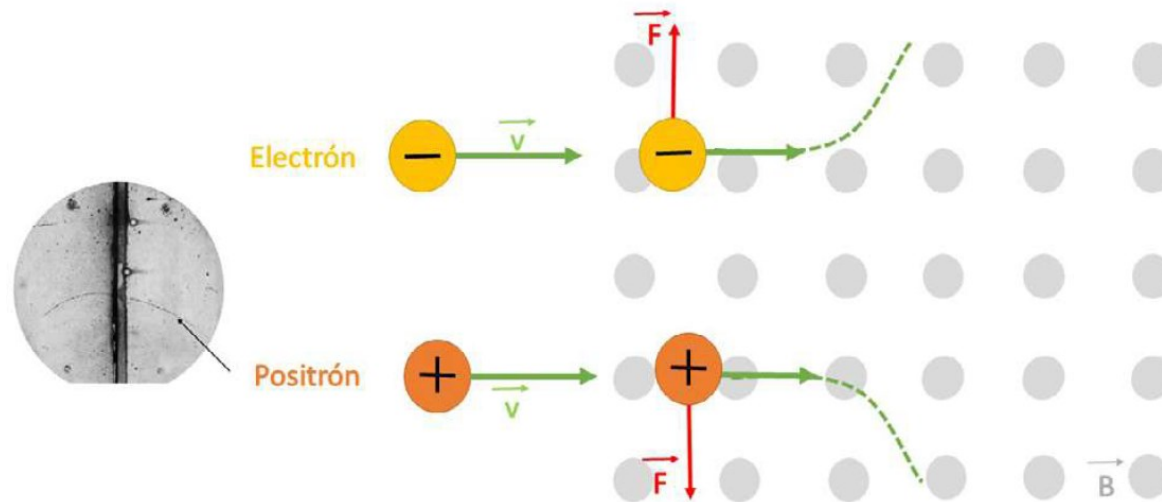


2. ¿Qué sabemos de física de partículas?

Aceleradores

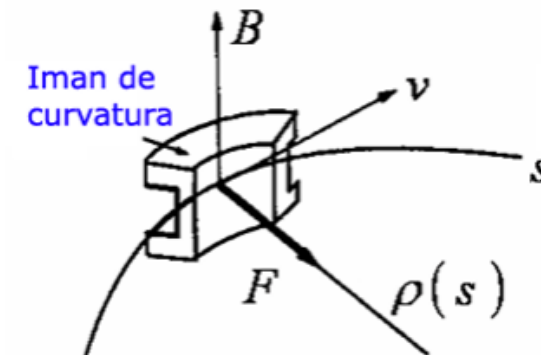
¿Y cómo se curvan las partículas?

Esto también
entra en 2º de
bachillerato...



Extraído de [Pozuelo-Muñoz y Rodríguez-Casals \(2024\)](#)

$$\vec{F} = q \cdot (\vec{v} \times \vec{B})$$



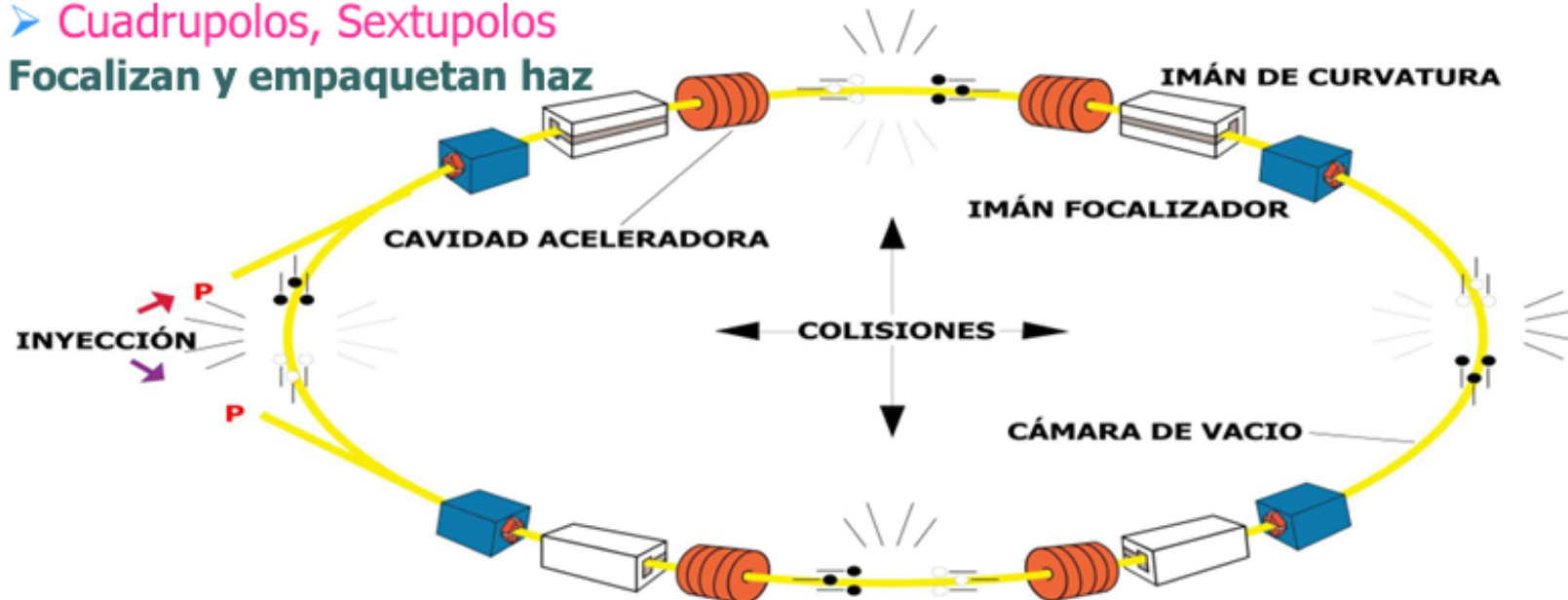
$$\rho = 1/r = e B / p$$

Extraído de Dra. Begoña de la Cruz ([CIEMAT](#))

2. ¿Qué sabemos de física de partículas?

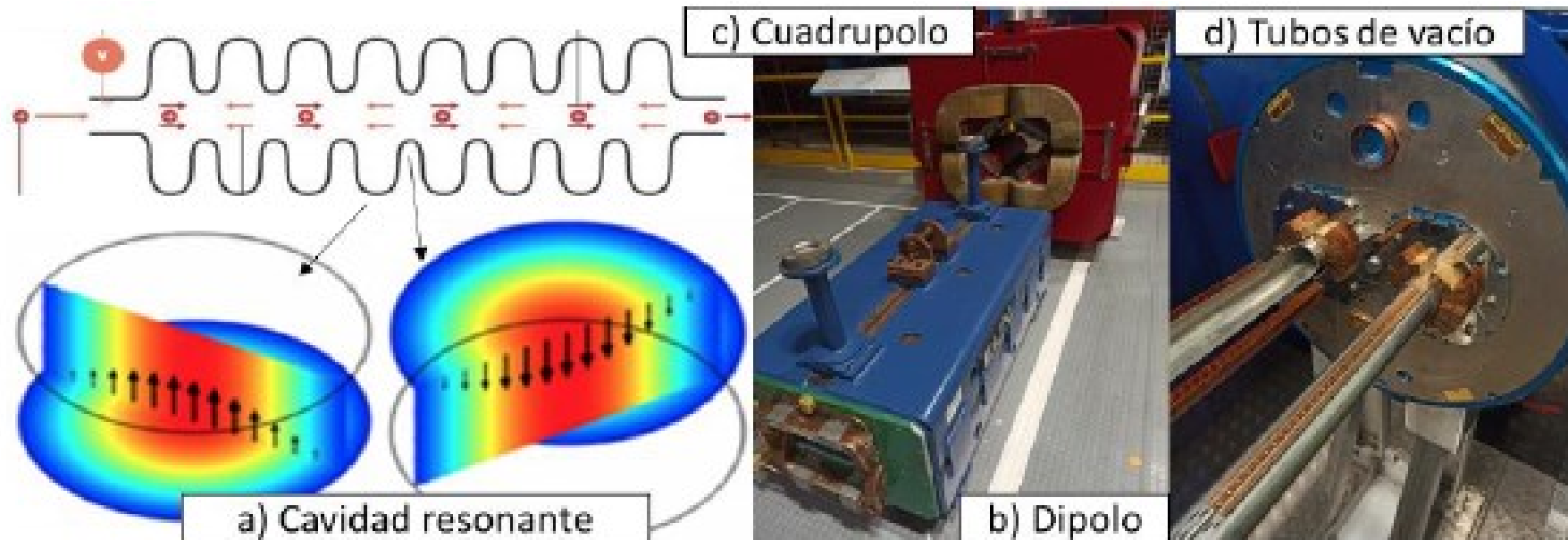
Aceleradores

- **Cavidades aceleradoras**
Superconductoras Nb (a 4.5 K)
- **Dipolos** Imanes superconductores,
curvan trayectoria
- **Cuadrupolos, Sextupolos**
Focalizan y empaquetan haz
- **Tubo del haz**
Vacío mejor que espacio exterior
- **Túnel**
Gran obra ingeniería civil



2. ¿Qué sabemos de física de partículas?

Aceleradores



a) Extraído del CERN; b) c) d) Elaboración propia

2. ¿Qué sabemos de física de partículas?

Aceleradores



2. ¿Qué sabemos de física de partículas?

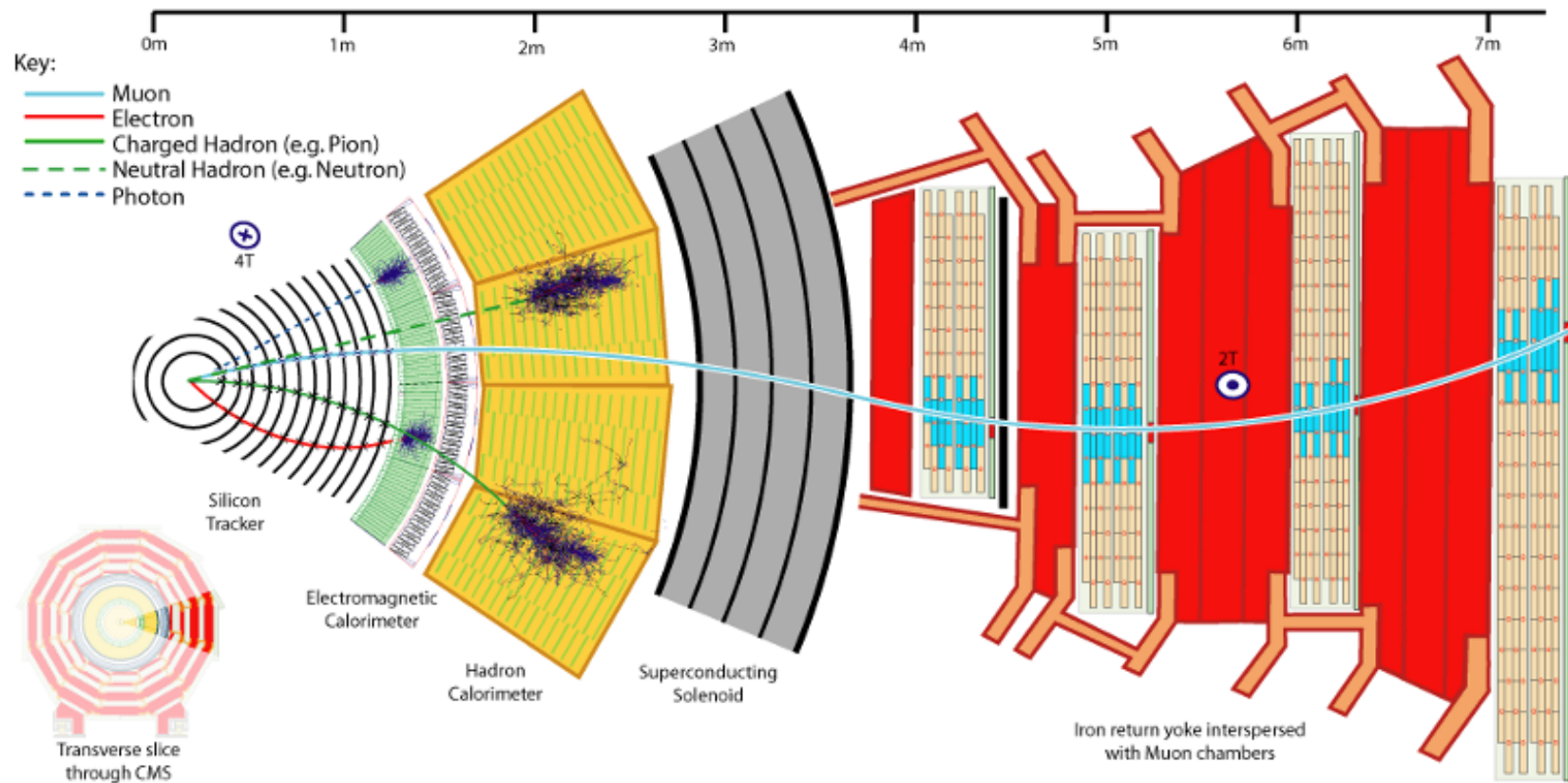
Detectores



2. ¿Qué sabemos de física de partículas?

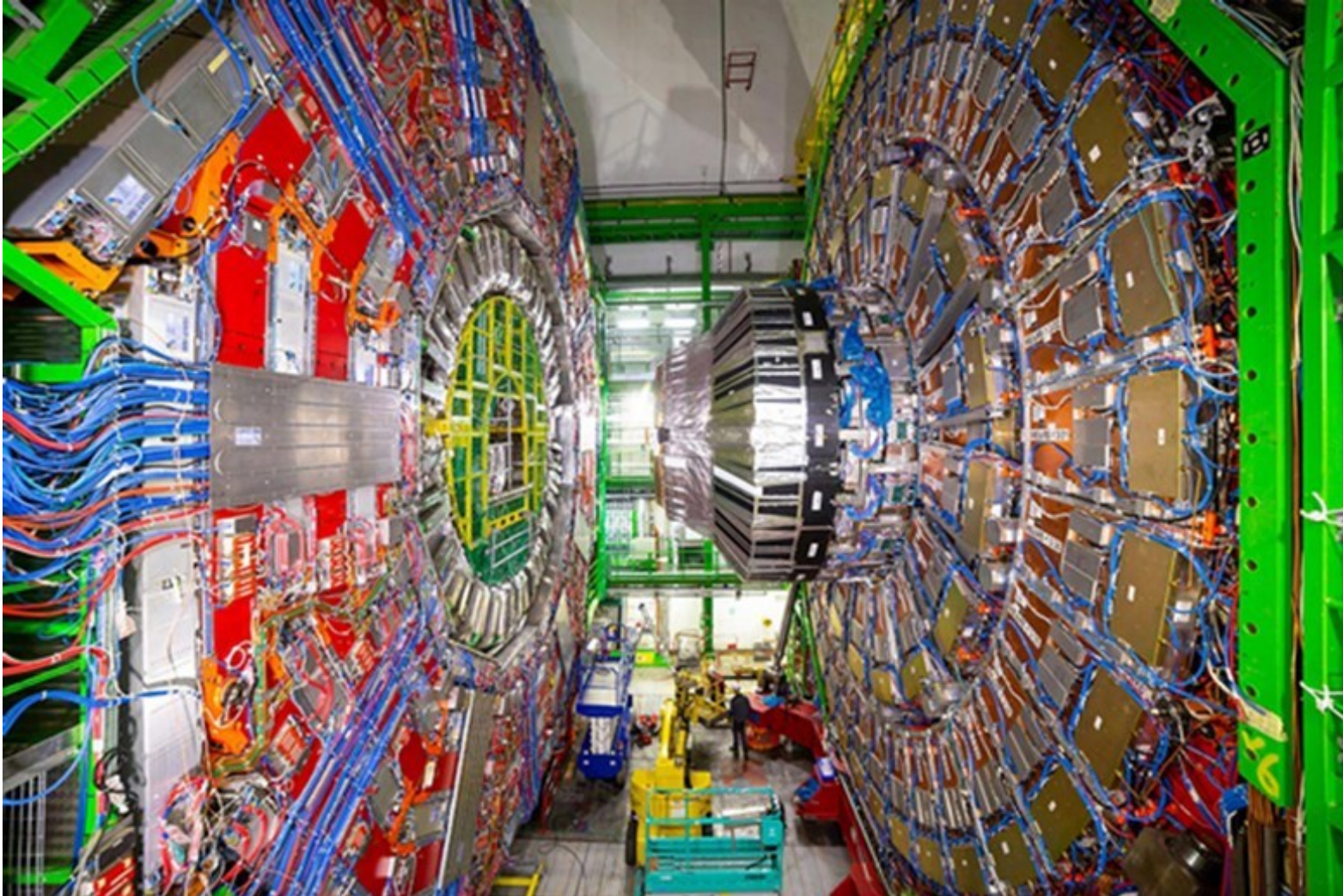
Detectores

Compact Muon Solenoid (CMS)



2. ¿Qué sabemos de física de partículas?

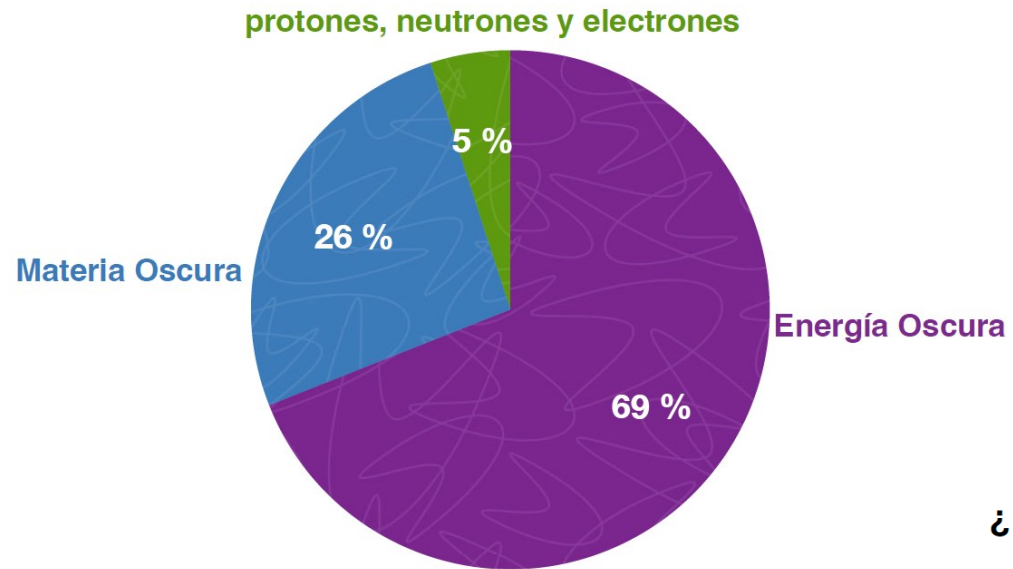
Detectores



2. ¿Qué sabemos de física de partículas?

Y todo eso, para darnos cuenta de que....

La composición del Universo



Y que...

¿Qué fracción de la densidad del Universo viene por física más allá del Modelo Estándar?

Reflexiones didácticas

¿Y nuestros alumnos y alumnas no deben ser conscientes de lo poco que conocemos?

99.85%!

3. ¿Se trabaja la física de partículas en ESO y Bachillerato?

El caso del currículum

El caso de los libros de texto

No vamos a analizar de forma exhaustiva el currículum o los libros de texto, pero se mostrarán algunos ejemplos de lo que nos podemos encontrar

Reflexiones didácticas

¿Hacer caso a los libros de texto?

Es importante recordar que los libros de texto NO SON el punto de partida sobre lo que hay que impartir, sino el Currículum. Pero es interesante tener presente cómo van cambiando los libros y si dichos cambios encajan con nuestro criterio como docente

3.1. ¿Está en el currículum?

Los Saberes Básicos LOMLOE (de 1º a 3º de ESO)

A. Las destrezas científicas básicas

- Diversos entornos y recursos de aprendizaje científico como el laboratorio o los entornos virtuales: materiales, sustancias y herramientas tecnológicas.
- Normas de uso de cada espacio, asegurando y protegiendo así la salud propia y comunitaria, la seguridad en las redes y el respeto hacia el medio ambiente.
- El lenguaje científico: unidades del Sistema Internacional y sus símbolos. Herramientas matemáticas básicas en diferentes escenarios científicos y de aprendizaje.

B. La materia

- Teoría cinético-molecular: aplicación a observaciones sobre la materia explicando sus propiedades, los estados de agregación, los cambios de estado y la formación de mezclas y disoluciones.
- Experimentos relacionados con los sistemas materiales: conocimiento y descripción de sus propiedades, su composición y su clasificación.
- Principales compuestos químicos: su formación y sus propiedades físicas y químicas, valoración de sus aplicaciones. Masa atómica y masa molecular.
- Nomenclatura: participación de un lenguaje científico común y universal formulando y nombrando sustancias simples, iones monoatómicos y compuestos binarios mediante las reglas de nomenclatura de la IUPAC.

C. La energía

- La energía: formulación de cuestiones e hipótesis sobre la energía, propiedades y manifestaciones que la describan como la causa de todos los procesos de cambio.
- Diseño y comprobación experimental de hipótesis relacionadas con el uso doméstico e industrial de la energía en sus distintas formas y las transformaciones entre ellas.
- Elaboración fundamentada de hipótesis sobre el medio ambiente y la sostenibilidad a partir de las diferencias entre fuentes de energía renovables y no renovables.
- Efectos del calor sobre la materia: análisis de los efectos y aplicación en situaciones cotidianas.
- Naturaleza eléctrica de la materia: electrización de los cuerpos, circuitos eléctricos y la obtención de energía eléctrica. Concienciación sobre la necesidad del ahorro energético y la conservación sostenible del medio ambiente.

3.1. ¿Está en el currículum?

D. La interacción

- Predicción de movimientos sencillos a partir de los conceptos de la cinemática, formulando hipótesis comprobables sobre valores futuros de estas magnitudes, validándolas a través del cálculo numérico, la interpretación de gráficas o el trabajo experimental.
- Las fuerzas como agentes de cambio: relación de los efectos de las fuerzas, tanto en el estado de movimiento o de reposo de un cuerpo como produciendo deformaciones en los sistemas sobre los que actúan.
- Aplicación de las leyes de Newton: observación de situaciones cotidianas o de laboratorio que permiten entender cómo se comportan los sistemas materiales ante la acción de las fuerzas y predecir los efectos de estas en situaciones cotidianas y de seguridad vial.
- Fenómenos gravitatorios, eléctricos y magnéticos: experimentos sencillos que evidencian la relación con las [REDACTED]

E. El cambio

- Los sistemas materiales: análisis de los diferentes tipos de cambios que experimentan, relacionando las causas que los producen con las consecuencias que tienen.
- Interpretación macroscópica y microscópica de las reacciones químicas: explicación de las relaciones de la química con el medio ambiente, la tecnología y la sociedad.
- Ley de conservación de la masa y de la ley de las proporciones definidas: aplicación de estas leyes como evidencias experimentales que permiten validar el modelo atómico-molecular de la materia.
- Factores que afectan a las reacciones químicas: predicción cualitativa de la evolución de las reacciones, entendiendo su importancia en la resolución de problemas actuales por parte de la ciencia.

3.1. ¿Está en el currículum?

Los Saberes Básicos LOMLOE (de 4º de ESO)

B. La materia

- Sistemas materiales: resolución de problemas y situaciones de aprendizaje diversas sobre las disoluciones y los gases, entre otros sistemas materiales significativos.

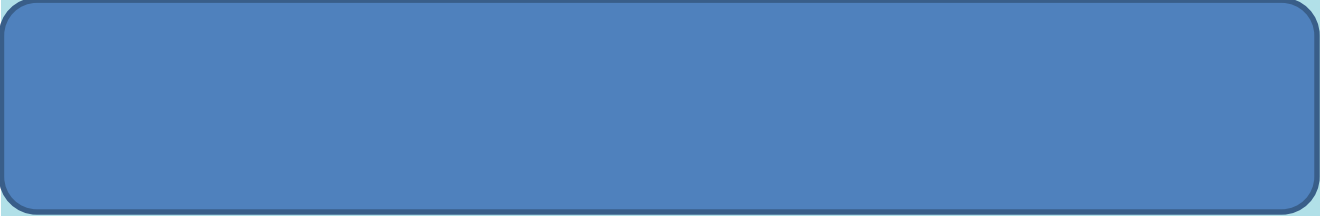


- Estructura electrónica de los átomos: configuración electrónica de un átomo y su relación con la posición del mismo en la tabla periódica y con sus propiedades fisicoquímicas.
- Compuestos químicos: su formación, propiedades físicas y químicas y valoración de su utilidad e importancia en otros campos como la ingeniería o el deporte.
- Cuantificación de la cantidad de materia: cálculo del número de moles de sistemas materiales de diferente naturaleza, manejando con soltura las diferentes formas de medida y expresión de la misma en el entorno científico.
- Nomenclatura inorgánica: denominación de sustancias simples, iones y compuestos químicos binarios y ternarios mediante las normas de la IUPAC.
- Introducción a la nomenclatura orgánica: denominación de compuestos orgánicos monofuncionales a partir de las normas de la IUPAC como base para entender la gran variedad de compuestos del entorno basados en el carbono.

3.1. ¿Está en el currículum?

Los Saberes Básicos LOMLOE (de 2º de BACH)

D. Física relativista, cuántica, nuclear y de **partículas**

- Principios fundamentales de la Relatividad especial y sus consecuencias: contracción de la longitud, dilatación del tiempo, energía y masa relativistas.
 - Dualidad onda-corpúsculo y cuantización: hipótesis de De Broglie y efecto fotoeléctrico. Principio de incertidumbre formulado en base al tiempo y la energía.
- 
- Núcleos atómicos y estabilidad de isótopos. Radiactividad natural y otros procesos nucleares. Aplicaciones en los campos de la ingeniería, la tecnología y la salud.

3.1. ¿Está en el currículum?

Currículum Aragón (de 4º de ESO)

III.2.3. Física y Química 4º ESO

A. Las destrezas científicas básicas

Este curso debe servir para consolidar algunas de las destrezas científicas básicas como son la observación, la elaboración de hipótesis, la experimentación, la interpretación de resultados y la extracción de conclusiones. En este proceso deberían estar presentes el razonamiento lógico-matemático y el uso de herramientas científicas como la interpretación gráfica y analítica de los resultados o la identificación de las relaciones entre las variables controladas y no controladas del problema. Dichos procedimientos pueden abordarse de forma transversal al resto de saberes o a partir de una investigación científica estructurada en la que el alumnado debería ganar libertad en la elección, diseño e implementación de la investigación.

| Conocimientos, destrezas y actitudes | Orientaciones para la enseñanza |
|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"> – Trabajo experimental y proyectos de investigación: estrategias en la resolución de problemas y el tratamiento del error mediante la indagación, la deducción, la búsqueda de evidencias y el razonamiento lógico-matemático, haciendo inferencias válidas de las observaciones y obteniendo conclusiones que vayan más allá de las condiciones experimentales para aplicarlas a nuevos escenarios. – Diversos entornos y recursos de aprendizaje científico como el laboratorio o los entornos virtuales: materiales, sustancias y herramientas tecnológicas. – Normas de uso de cada espacio, asegurando y protegiendo así la salud propia y comunitaria, la seguridad en red y el respeto hacia el medio ambiente. – El lenguaje científico: manejo adecuado, estar enfocadas a la utilización de rubricas que analicen el desempeño del alumnado en las distintas destrezas científicas implicadas en la investigación (Ferrés-Gurat <i>et al.</i>, 2014). | <p>Las destrezas científicas son la base sobre las que se construye el conocimiento científico y por ello deben tratarse de forma transversal al resto de saberes. En este curso el alumnado ya ha comenzado a usar las leyes y teorías científicas para dar explicación a los principales fenómenos fisicoquímicos del entorno y está familiarizado con los procedimientos básicos con los que se lleva a cabo una investigación científica. También reconoce algunas de las características básicas de la naturaleza de la ciencia y el trabajo científico, como son la importancia de la construcción colectiva del conocimiento científico, los objetivos y finalidad de la ciencia y los valores sobre los que se basa. Así, en este curso se pueden plantear situaciones de aprendizaje más abiertas en las que sea el propio alumnado el que diseñe investigaciones científicas que incluyan la puesta en práctica de las destrezas científicas básicas. Estas situaciones de aprendizaje pueden partir de una situación cercana y real, y gradualmente favorecer su aplicación a contextos desconocidos (contextualizar-descontextualizar-recontextualizar) (Litwin, 2008).</p> |

B. La materia

Sistemas materiales en el contexto cotidiano. Se relaciona la evolución del modelo atómico con los avances recientes de la Física y Química. Se introducen los compuestos químicos a partir de su utilidad. Cuantificación de la materia. Formulación y nomenclatura de acuerdo a la IUPAC.

| Conocimientos, destrezas y actitudes | Orientaciones para la enseñanza |
|--|--|
| <ul style="list-style-type: none"> – Sistemas materiales: resolución de problemas y situaciones de aprendizaje diversas sobre las disoluciones y los gases, entre otros sistemas materiales significativos. – Modelos atómicos: desarrollo histórico de los principales modelos atómicos clásicos y cuánticos y descripción de las partículas subatómicas, estableciendo su relación con los avances de la física y de la química. | <p>Este bloque se iniciaría poniendo en práctica los saberes trabajados en los dos cursos previos. Se plantea que, con los conocimientos que tienen, el alumnado trate de resolver problemas cotidianos en los que necesite aplicar dichos saberes de manera activa. Se podría aprovechar este bloque para trabajar en mayor profundidad la ciencia en la sociedad y el medio ambiente.</p> <p>Otra visita interesante puede ser a un huerto cercano, en el que hubiera un invernadero. La visita genera situaciones de aprendizaje relativas a una gran variedad de saberes. Por ejemplo, a través del símil con la capa protectora en el invernadero, se pueden trabajar la atmósfera y los gases que la componen. Identificando los compuestos químicos utilizados en el cultivo del huerto, se puede percibir la utilidad de la química desde una perspectiva crítica, incluso, partir de los compuestos y su utilidad local, para buscar alternativas a dichos compuestos en la</p> |

: carácter histórico (por ejemplo, la utilización de la

3.1. ¿Está en el currículum?

| D. Física relativista, cuántica, nuclear y de partículas | |
|--|---|
| Los contenidos desarrollados hasta este momento cierran los fundamentos del imponente edificio que se conoce como Física Clásica y corresponde a todos los saberes que implican a la Física, acumulados desde el principio de los tiempos hasta comienzos del siglo XX. En ese momento, nada indicaba que pudieran aparecer fisuras en este edificio, sin embargo, una serie de fenómenos sin explicar dan origen a lo que conocemos como revolución relativista y cuántica, asociadas a la formulación de la teoría de la relatividad y a la mecánica cuántica. Esta crisis en la concepción de la naturaleza y el universo durante el primer cuarto del siglo XX da origen al desarrollo de la Física Moderna. | |
| <i>Conocimientos, destrezas y actitudes</i> | <i>Orientaciones para la enseñanza</i> |
| <ul style="list-style-type: none">– Principios de la relatividad, de la Física cuántica y de la Física de partículas en el estudio de las principales partículas involucradas en la Física atómica y nuclear: propiedades e interacciones. Implicaciones de la dualidad onda-corpúsculo y del principio de incertidumbre.– El efecto fotoeléctrico como sistema de transformación energética y de producción de diferencias de potencial eléctrico para su aplicación tecnológica.– Radiactividad natural: procesos y constantes implicados que permiten el cálculo de la variación poblacional y actividad de muestras radiactivas. Aplicación en el campo de las ciencias y de la salud. | <p>Este bloque de conocimientos podría introducirse de forma que alumnos y las alumnas puedan percibir la importancia de la nueva concepción Física de la naturaleza y de cómo ha influido e influye en el desarrollo tecnológico y social hasta nuestros días. Los conocimientos y destrezas asociados al bloque pueden afrontarse en tres sub-bloques asociados a: los principios de la relatividad; la mecánica cuántica; y la Física nuclear y de partículas.</p> <p>El desarrollo de los principios relativistas puede partir de la idea del movimiento como un estado dependiente del sistema de referencia elegido y de cómo la velocidad de la luz es independiente del observador que la mide y del estado de movimiento de la fuente que emite dicha luz. Estos principios llevan a Einstein a desarrollar la Teoría de Relatividad Especial, que es aquella que el alumnado debería relacionar a la contracción de la longitud, la dilatación del tiempo y la famosa fórmula $E=mc^2$. Es importante que el alumnado comprenda que la relatividad especial de Einstein no sustituye a la dinámica de Newton y que su formulación lo que hace es ampliar el conocimiento para sistemas con velocidades altas en las que la mecánica clásica no arrojaba respuestas. Por otro lado, este bloque de conocimientos también invita a realizar una introducción de la Teoría de la Relatividad General como aquella que establece la curvatura del espacio-tiempo. Esta teoría permite establecer conexiones con el primer bloque dedicado al estudio del campo gravitatorio y a su vez mostrar la vigencia de esta teoría en investigaciones científicas actuales como la medición de las ondas gravitacionales en el año 2016.</p> <p>La introducción al segundo sub-bloque, la Física cuántica, podría partir de las dificultades encontradas por la Física clásica para explicar algunos fenómenos relacionados con la radiación emitida por los cuerpos en función de su temperatura, lo que lleva a Max Planck a plantear su hipótesis de la cuantificación de la energía. Este planteamiento permite afrontar la interpretación cuántica de los espectros atómicos, el efecto fotoeléctrico postulado por Einstein (que a su vez permite la realización de cálculos relacionados con el trabajo de extracción y la energía cinética de los fotoelectrones), el efecto Compton y el planteamiento de la dualidad onda-corpúsculo. Todo ello lleva a la formulación del principio de incertidumbre de Heisenberg (que se puede aplicar en la resolución de problemas sencillos) y a presentar el planteamiento de Schödinguer con su ecuación de ondas de la materia y el concepto de densidad de probabilidad, como final de este sub-bloque de conocimientos, pero a su vez como el punto de partida para la reinterpretación del mundo a nivel atómico. Esta reinterpretación tiene un impacto directo en la sociedad con el desarrollo de tecnologías como el láser, la resonancia magnética nuclear, los microscopios de efecto túnel o han dado pie a la aparición de nuevas ramas de investigación científica como la superconductividad o la nano-ciencia.</p> |

**Currículum
Aragón
(de 2º de
BACH)**

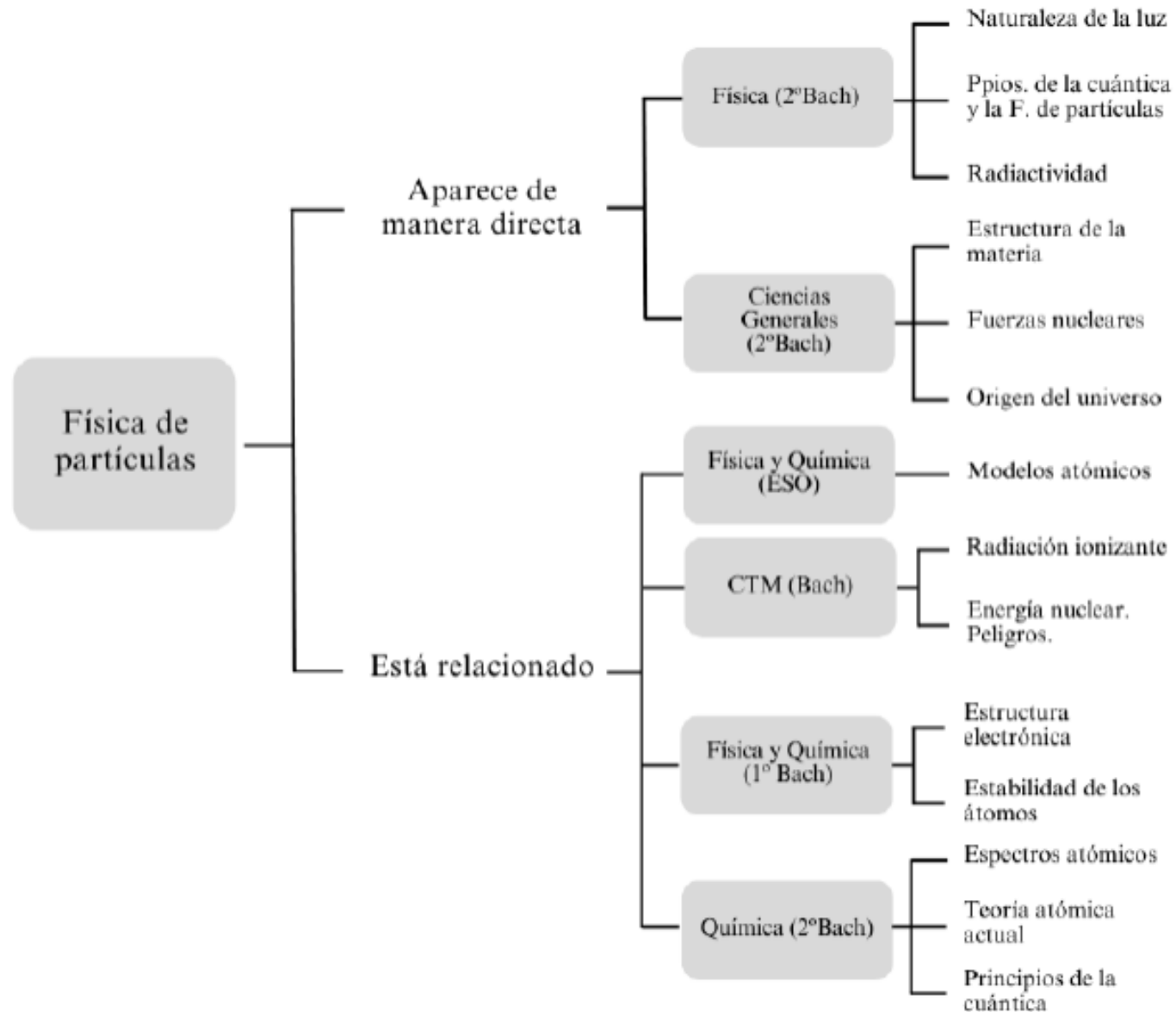
3.1. ¿Está en el currículum?

**Currículum
Aragón
(de 2º de
BACH)**

Los conocimientos matemáticos asociados a la Física moderna que se abordan en este curso no deberían requerir de herramientas matemáticas de excesiva complejidad. La resolución de problemas que requiera una aplicación del conocimiento (por ejemplo, en las desintegraciones radiactivas, el efecto fotoeléctrico o en el cálculo del principio de incertidumbre), debería ir acompañada de una explicación conceptual del mismo, de forma que la descripción del fenómeno evidencie la comprensión del mismo. La actualidad de la investigación científica en torno a los fenómenos estudiados en este bloque debe quedar patente en su desarrollo, dado que muchos de los conocimientos trabajados suponen el límite del conocimiento humano y ello debería servir como elemento motivador entre los alumnos y las

de nuestro conocimiento y al mismo tiempo servir como culminación a la enseñanza de la Física en secundaria y bachillerato, como la rama del saber que pretende comprender de la manera más detallada y profunda posible el funcionamiento de las leyes que rigen el universo

3.1. ¿Está en el currículum?



3.1. ¿Está en el currículum?

Reflexiones didácticas

En definitiva, en el currículum tenemos presente la física de partículas en mayor o menor medida

2. ¿Qué sabemos de física de partículas?

EVAU Unizar

IES Bajo Aragón.
Departamento de
Física y Química

| | |
|-----------------------------|---|
| Junio 22-23, Extraordinaria | Dualidad onda-corpúsculo |
| Junio 22-23, Ordinaria | Desintegración radiactiva |
| Junio 21-22, Extraordinaria | Dualidad onda-corpúsculo |
| Junio 21-22, Ordinaria | Desintegración radiactiva. Datación |
| Junio 20-21, Extraordinaria | Efecto fotoeléctrico (potencial de frenado) |
| Junio 20-21, Ordinaria | Desintegración radiactiva |
| Septiembre 19-20, Opción A | Dualidad onda-corpúsculo |
| Junio 19-20, Opción A | Efecto fotoeléctrico (frecuencia umbral y potencial de frenado) |
| Septiembre 18-19, Opción A | Desintegración radiactiva |
| Junio 18-19, Opción A | Efecto fotoeléctrico (frecuencia umbral) |
| Septiembre 17-18, Opción B | Efecto fotoeléctrico. Trabajo de extracción |
| Junio 17-18, Opción A | Desintegración radiactiva |
| Septiembre 16-17, Opción A | Desintegración radiactiva |
| Junio 16-17, Opción A | Efecto fotoeléctrico (f umbral y V de frenado) |
| Septiembre 15-16, Opción A | Dualidad onda-corpúsculo |
| Junio 15-16, Opción A | Datación por desintegración |
| Septiembre 14-15, Opción A | Fusión nuclear |
| Junio 14-15, Opción B | Hipótesis de De Broglie |
| Septiembre 13-14, Opción A | Hipótesis de Planck. Energía del fotón |
| Junio 13-14, Opción A | Datación por desintegración y actividad de una muestra |
| Septiembre 12-13, Opción A | Efecto fotoeléctrico |
| Junio 12-13, Opción A | Principio de incertidumbre |
| Septiembre 11-12, Opción A | Efecto fotoeléctrico |
| Junio 11-12, Opción B | Física cuántica. Energía fotón. |

3.2. ¿Y en los libros de texto?

¿Aparece la física de partículas en los libros de texto?

¿Hasta qué nivel de profundidad o complejidad?

¿En qué cursos sí y en qué cursos no?

Actividad

Por parejas, vamos a buscar en diferentes libros de texto de física y química si aparece la física de partículas y anotamos lo que hemos encontrado

3.2. ¿Y en los libros de texto?

Libros 2º de ESO

REPASO FÍSICA Y QUÍMICA

1. Los átomos

La materia está formada por átomos que tienen un núcleo muy pequeño en relación con el tamaño total del átomo.

- En el núcleo se encuentran los protones y los neutrones. Estas partículas más pequeñas se llaman quarks.
- Alrededor del núcleo, en la corteza, se mueven los electrones a una distancia del núcleo muy grande en comparación con el tamaño de este. Es decir, la mayor parte del átomo está vacía.

Para representar un átomo se usan los números $^A_Z X$:

- El símbolo, X , es la inicial del elemento. Puede ir seguido de otros símbolos con la misma inicial.
- El número atómico, Z , indica el número de protones y neutrones en el núcleo.
- En un átomo neutro la cantidad de protones es igual al número de electrones.

Por ejemplo, para el $^{39}_{19}K$:

| Nombre | Potasio |
|----------------------|------------------------|
| Número atómico, Z | 19 |
| Número másico, A | 39 |
| Número de protones | 19 |
| Número de electrones | 19 |
| Número de neutrones | $A - Z = 39 - 19 = 20$ |

ACTIVIDADES

RETO

30 ¿Existen en la naturaleza otras fuerzas además de la gravitatoria y la electromagnética? ¿Cuáles?

Además de las fuerzas que acabamos de estudiar existen otras...

COMPARACIÓN ENTRE LAS FUERZAS FUNDAMENTALES

Fuerza nuclear fuerte
Hace que los protones y los neutrones permanezcan unidos dentro del núcleo atómico. Es una fuerza muy intensa y de muy corto alcance. Es decir, sus efectos se notan a distancias tan pequeñas como las que hay en un núcleo atómico.

Fuerza gravitatoria

- Afecta a todos los cuerpos con masa.
- Es de largo alcance.
- Es de atracción.
- Es la menos intensa de todas.

Fuerza electromagnética

- Afecta a partículas con carga eléctrica e imanes.
- Es más intensa que la fuerza nuclear débil.
- Puede ser de atracción o de repulsión.
- Es de largo alcance.

Las fuerzas fundamentales

Fuerza nuclear débil

- Afecta a las partículas del núcleo atómico.
- Es de corto alcance.
- Es responsable de algunas reacciones radiactivas.
- Es de corto alcance, aunque su intensidad es menor que la de la fuerza fuerte.

Fuerza nuclear fuerte

- Es de muy corto alcance.
- Es de atracción.

Fuerza gravitatoria

- Es de atracción.

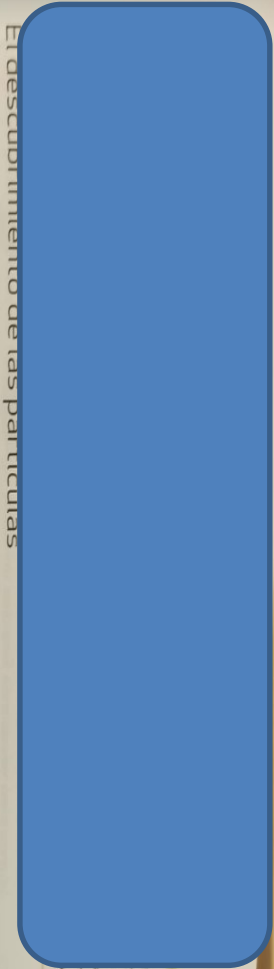
Las fuerzas fundamentales

Rigen los fenómenos que suceden en el mundo que vemos.

Rigen los fenómenos que suceden en el interior de los átomos.

3.2. ¿Y en los libros de texto?

Libros 3º de ESO



El descubrimiento de las partículas

La primera partícula en descubrirse fue el **electrón**, en 1897, por J. J. Thomson.

- Su masa es muy pequeña: $9,11 \cdot 10^{-31}$ kg. Imagínate lo pequeña que es una cantidad de cero seguido de treinta ceros más, y luego el 9.
- Su carga es negativa y la más pequeña conocida hasta entonces. Se la considera la **carga unidad**.

Unos años después, en 1919, Ernest Rutherford descubrió el **protón**.

- Su carga es igual que la del electrón, pero positiva.
- Su masa es mucho mayor, casi dos mil veces más. Se la considera la **masa unidad** en el átomo.

La **materia** es **neutra** porque los átomos que la forman tienen el mismo número de cargas positivas que negativas.

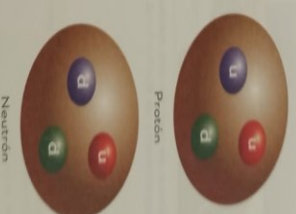
Posteriormente, en 1932, James Chadwick descubrió que todavía existía otro tipo de partículas en el átomo que no tenían carga y cuya masa era prácticamente la misma que la del protón; por todo ello la llamó **neutrón**.

| Partícula | Masa | Masa unidad | Carga | Carga unidad |
|--------------------|--------------------------|-------------|-------------------------|--------------|
| Electrón (e^-) | $9,11 \cdot 10^{-31}$ kg | $\cong 0$ | $-1,6 \cdot 10^{-19}$ C | -1 |
| Protón (p^+) | $1,67 \cdot 10^{-27}$ kg | 1 | $+1,6 \cdot 10^{-19}$ C | +1 |
| Neutrón (n^0) | $1,67 \cdot 10^{-27}$ kg | 1 | 0 | 0 |

Actividades

1. Un átomo está formado por 4 protones, 4 electrones y 4 neutrones.
 - a) ¿Cuál es su masa?
 - b) ¿Qué masa tendría si careciese de electrones?
 - c) ¿Cuánto valen la masa relativa y la carga relativa de ese átomo?
 - d) ¿Qué carga relativa adquiere si gana un electrón? ¿Y si pierde dos?

Más que...
protones y los neutrones
formados por partículas
pequeñas, llamadas cuarks
articulares, por la combinación
es de ellos de dos tipos dis-
tos: up (u) y down (d).



Recuerda

Cuando una cantidad se toma como unidad, las que se obtienen por comparación a ella se dan por relativas a dicha unidad.

3.2. ¿Y en los libros de texto?

Libros 4º de ESO

Investigación sobre los radioisótopos

¿La física o la química mejoran la vida del individuo?
La radiactividad puede facilitar la vida al ser humano. Es este el que decide hacer un uso responsable o no de todo cuanto existe. En todo caso, habrá que buscar medios de protección y valorar la relación beneficio-peligrosidad a la hora de usarla.

No todos los elementos poseen el mismo número de isótopos, ni todos los isótopos poseen la misma estabilidad. Dependiendo del número de protones que posea su núcleo, el isótopo será estable o inestable (radioisótopo).

Los **radioisótopos** son átomos inestables que espontáneamente **emiten radiación**, de ahí sus usos en diferentes campos (agricultura, industria, fuente de energía, medicina...). Su peligrosidad varía en función de la energía asociada a la radiación emitida.



El Tc-99 se emplea en las gammagrafías óseas y el I-123 en las urografías.

En 1948 Maria Goeppert-Mayer desarrolla el **modelo de capa nuclear** para explicar la diferente estabilidad de los isótopos. En este modelo, los nucleones se distribuyen en capas según su nivel de energía, como lo hacían los electrones. Esta distribución conduce a una situación energéticamente favorable (isótopo estable) o desfavorable (radioisótopo).



Paso 1
Analiza los diferentes campos en los que tienen utilidad los radioisótopos haciendo un pequeño esquema. Céntrate en las aplicaciones dentro de la medicina.

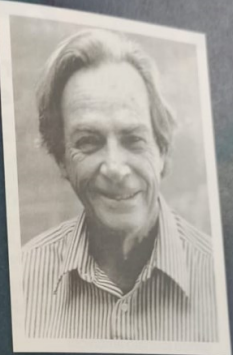
Paso 2
¿Qué medidas de protección se deben tomar? Como es lógico, no son las mismas para un paciente que recibe la dosis esporádicamente que para un trabajador que constantemente está expuesto a la radiación.



- 1 CONTRASTAMOS JUNTOS.** Pon en común los trabajos realizados, valorando todas las aportaciones. Entabla una conversación con tus compañeros sobre el tema.
- 2 PLANTEAMOS JUNTOS.** En 1963 la científica Maria Goeppert-Mayer recibe el Premio Nobel de Física. Un periódico local titula la noticia: "Una madre de San Diego gana el Premio Nobel". Ahonda en su biografía y comenta esta frase de la segunda mitad del siglo XX.
- Una vez realizado el estudio empleando un radioisótopo, el paciente seguirá siendo activo. ¿Qué crees que significa esto?
- Compara los períodos de semidesintegración de los diferentes isótopos radiactivos empleados en medicina con los del polonio y el radio con los que trabajó Marie Curie y que le provocaron la muerte.

La importancia de la ciencia

Los nuevos materiales que revolucionan el mundo: los nanomateriales

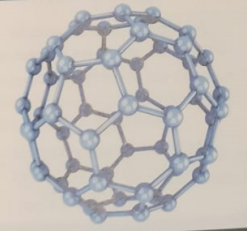


Richard Feynman (1919-1988) fue un físico al que se considera el primer teórico de la nanotecnología. Nacido en Estados Unidos, es uno de los físicos más conocidos y respetados de la Historia. Nada más doctorarse, creó varios modelos que aún rigen el mundo de la física teórica, ganó un Premio Nobel, y predijo el mundo de los nanomateriales. También destacó siendo uno de los primeros divulgadores científicos, haciendo comprensible la física para el público no especializado.

Los nanomateriales son elementos microscópicos que conforman la estructura de los materiales que siempre han acompañado al ser humano. Un nanomaterial es un material que en alguna de sus dimensiones es menor de 100 nm. Un nanómetro es 10^{-9} m.

La ciencia de los nanomateriales ha experimentado un desarrollo vertiginoso en los últimos años. Los avances científicos a la escala nanométrica han generado descubrimientos, herramientas y técnicas novedosas. La Academia sueca de los Premios Nobel no ha sido ajena a este progreso y por eso ha galardonado en los últimos años a varios científicos de este campo.

Materiales. Una historia sobre la evolución humana y los avances tecnológicos. Nanomateriales. Universidad de Burgos.
<https://historiamateriales.ubuinvestiga.es/nanomateriales/>



Fullereno. Es un nanomaterial constituido por átomos de C que tiene importantes aplicaciones biomédicas. Su capacidad para unirse a proteínas y otras moléculas lo ha convertido en un buen material para la fabricación de numerosos fármacos.

Richard Feynman: el padre de la nanotecnología
"Si solo pudiéramos transmitir una idea científica a las próximas generaciones, yo elegiría esta: la materia está hecha de átomos, pequeñas partículas en perpetuo movimiento".

- 1 ¿Qué son los nanomateriales?
- 2 ¿Qué tipo de nanomateriales se fabrican?
- 3 ¿Qué aplicaciones tienen los nanomateriales?
- 4 Agrupaos por parejas y poneos de acuerdo para preparar una presentación en Power Point entre todos. Cada grupo ha de investigar un tipo de nanomaterial y preparar un par o tres de diapositivas sobre su estructura, propiedades y aplicaciones.
- 5 Una de las preocupaciones en el mundo de los materiales es su sostenibilidad medioambiental. ¿Qué problemas podría crear la potencial dispersión y exposición a los nanomateriales?

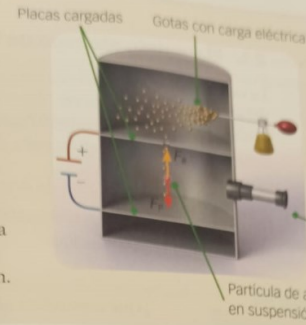
3.2. ¿Y en los libros de texto?

Libros 1º BACH

Masa y carga del electrón

En 1909 y 1912, los científicos estadounidenses Robert Millikan y Harvey Fletcher realizaron varios experimentos para medir la masa y la carga del electrón.

1. Dejaban caer gotas de aceite que salían electrizadas por rozamiento.
2. Colocaron dos placas cargadas negativa y positivamente. Entre ellas caían las gotas.
3. Ajustando el voltaje entre las placas, podían dejar una gota en suspensión, pues la fuerza eléctrica (F_e) se igualaba a la fuerza peso (F_p). Así, pudieron conocer la masa y la carga del electrón.



El descubrimiento del electrón hizo que la comunidad científica se planteara la siguiente hipótesis: «Puesto que la materia es neutra, si los átomos tienen partículas con carga negativa, también deberían tener partículas con carga positiva».

1.2. El descubrimiento del protón

En 1886, el físico alemán Eugen Goldstein encontró otro tipo de rayos formados por partículas cargadas positivamente. Las características de estas partículas dependían del gas empleado en el tubo. Rutherford estudió estos rayos y en 1918 descubrió que la carga de dichas partículas siempre era múltiplo de una carga positiva más pequeña. Rutherford denominó **protón** a la partícula con esa carga positiva más pequeña. Su masa es unas 1840 veces mayor que la del electrón.

Para que cuadrasen los datos de las masas de las partículas cargadas positivamente, Rutherford predijo la existencia de otra partícula eléctricamente neutra y de masa similar a la del protón. Llamó a esta partícula **neutrón**, que fue descubierta por el científico británico James Chadwick en 1931.

El **culombio (C)** es la unidad empleada en el SI para medir la **carga eléctrica** de las partículas. Sin embargo, como los protones, neutrones y electrones son partículas muy pequeñas, cuando se trabaja con átomos es frecuente emplear la **escala atómica**, que utiliza como unidad de masa y de carga cantidades aproximadas a la masa y a la carga de un protón.

| Electrón | |
|----------|--------------------------|
| Masa | $9,11 \cdot 10^{-31}$ kg |
| Carga | $-1,6 \cdot 10^{-19}$ C |

| Protón | |
|--------|---------------------------|
| Masa | $1,673 \cdot 10^{-27}$ kg |
| Carga | $+1,6 \cdot 10^{-19}$ C |

| Neutrón | |
|---------|---------------------------|
| Masa | $1,675 \cdot 10^{-27}$ kg |
| Carga | 0 |

unidad de masa atómica (u):
 $1 u = 1,66 \cdot 10^{-27}$ kg

unidad de carga atómica (e):
 $1 e = 1,6 \cdot 10^{-19}$ C

| | Masa | Carga eléctrica |
|----------|----------|-----------------|
| Protón | 1 u | +1 e |
| Electrón | 1/1836 u | -1 e |
| Neutrón | 1 u | 0 |

ACTIVIDADES

6. ¿Cuál es la masa de un átomo que tiene 3 protones, 3 electrones y 4 neutrones? ¿Y si no tuviese electrones? Resuélvelo utilizando unidades del SI. Luego calcúlalo trabajando a escala atómica.

3.2. ¿Y en los libros de texto?

Libros 2º de BACH

12 Física de partículas



Una máquina gigantesca

En 2008 se completó la máquina más compleja construida por el ser humano: el Gran Colisionador de Hadrones (LHC, *large hadron collider*), cerca de Ginebra (Suiza), en la frontera con Francia. Fue desarrollado por la Organización Europea para la Investigación Nuclear (CERN). Participaron en su construcción más de 10000 científicos de unos 100 países.

Es una instalación gigantesca, con un túnel principal de 27 km de longitud en el que se acumulan partículas como protones a una velocidad cercana a la de la luz en el vacío. De este modo, las partículas adquieren una gran energía y, cuando chocan contra otras partículas, se generan nuevas partículas.

Analizando en detectores como el de la imagen superior las partículas procedentes de estos choques se descubrió en 2012 el bosón de Higgs, la partícula que faltaba para completar las predicciones del modelo estándar de partículas.



RECUERDO LO QUE SE

- ¿Qué partículas subatómicas conoces? ¿Todas tienen carga eléctrica?
- ¿Cómo afectan los campos magnéticos a las partículas con carga eléctrica en movimiento?



Rayos cósmicos primarios
Rayos cósmicos secundarios

N: neutrón
 π : pión
 μ : muon
 ν : neutrino

- Cuando se coloca un potente imán cerca de una cámara de niebla, un detector de partículas sencillo, pueden observarse algunas estelas curvadas. Explica este fenómeno.

INTERPRETO LA IMAGEN

Para estudiar la materia, a menudo se emplean partículas a modo de proyectil que colisionan con un blanco o con otras partículas en movimiento. En los rayos cósmicos ocurre algo parecido cuando partículas muy energéticas procedentes del espacio impactan con las partículas de la atmósfera.

- Fíjate en una de las bifurcaciones. ¿Hacia dónde salen despedidas las partículas procedentes de la desintegración?
- ¿Qué leyes de conservación se aplican durante las colisiones?
- Revisa las demás desintegraciones. ¿Se forman siempre partículas con carga eléctrica? ¿Se conserva la carga eléctrica? ¿Se conserva el número de partículas?

EN ESTA UNIDAD ...

- 1 Partículas menores que el átomo. Quarks
- 2 Las interacciones fundamentales
- 3 El modelo estándar
- 4 Interacciones entre partículas
- 5 Cómo se generan y detectan las partículas

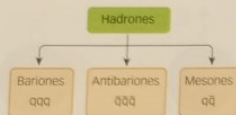
APLICO LO APRENDIDO
Resonancia magnética nuclear

362

3.2. ¿Y en los libros de texto?

Libros 2º de BACH

1. Partículas menores que el átomo. Quarks



Tipos de hadrones.

1.4. Los hadrones

Los quarks no se han observado como partículas independientes. Las agrupaciones de varios quarks se llaman **hadrones**. Las características (masa, carga eléctrica, etc.) de cada hadrón dependen de los quarks que lo integran.

Existen dos tipos de hadrones:

Bariones: son combinaciones de tres quarks o de tres antiquarks. Ejemplo: el protón, formado por dos quarks u y un quark d.



Mesones: son combinaciones de dos quarks: un quark y un antiquark. Ejemplo: el pión π^+ , formado por un quark u y un antiquark d.



El «color» de los quarks

Los quarks, como los electrones, tienen espín 1/2. Según las leyes de la física cuántica, todas las partículas con espín semientero deben cumplir el principio de exclusión de Pauli. Es decir, en un sistema físico no puede haber dos partículas en el mismo estado. Observa los bariones Δ^{++} y Δ^- que se muestran en la figura. Ambos están formados por tres quarks iguales. En ambos casos, el espín del barión es 3/2; por tanto, todos los quarks tienen su momento angular intrínseco idéntico. Para evitar la violación del principio de exclusión de Pauli, los tres quarks u del Δ^{++} y los tres quark d del Δ^- se deben diferenciar en otra propiedad.

En 1964 Oscar W. Greenberg (n. 1932) propuso que los quarks tenían una nueva propiedad, llamada **carga de color**. Se trata de una propiedad análoga a la carga eléctrica, pero que puede ser de tres tipos diferentes. Los tipos de esta carga de color se identificaron con los colores primarios: rojo, verde y azul. Obviamente, esto es una analogía; no se trata de color real. Los antiquarks tienen anticolors (antirrojo, antiverde o antiazul). La existencia de tres tipos de carga de color se ha confirmado experimentalmente.

Así pues, cada sabor de quark se puede presentar en tres colores diferentes. Por eso existen $3 \cdot 6 = 18$ quarks y sus correspondientes antiquarks.

La teoría del color para los quarks señala que solo son posibles las combinaciones de quarks que forman una partícula «sin color».

- En los **bariones**, un quark debe tener carga de color rojo, otro carga de color verde y otro carga de color azul.

En el caso de antipartículas, debe haber un antiquark con carga de color antirrojo, otro con carga antiverde y otro con carga antiazul.

Los bariones son combinaciones de tres quarks o tres antiquarks de colores «que suman blanco» cuando se superponen.

- Los **mesones** son combinaciones de un quark y un antiquark con el anticolor correspondiente; su suma da color blanco. Ejemplos:

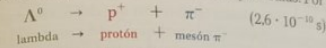


Carga de color en mesones.

Ejemplos de hadrones

Los hadrones más comunes son el protón y el neutrón. Son los bariones más estables y están en el núcleo de los átomos, por eso se llaman **nucleones**.

Los demás bariones se llaman **hiperones**. Tienen una vida media muy pequeña, ya que se desintegran rápidamente en otras partículas. Por ejemplo:



En general, las características de un hadrón resultan de los quarks que los forman. Sin embargo, la masa del protón y el neutrón es mucho mayor que la de sus quarks. Esta cuestión se abordará más adelante.



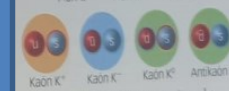
Composición en quarks de algunos bariones. La carga de color no es fija para cada quark. Al cabo de cierto tiempo el color de cada quark cambia, pero la suma de todos ellos siempre debe dar blanco.

RECUERDA

La **masa** de las partículas se expresa en MeV/c². Es su masa relativista en reposo.

La **carga** de las partículas está referida a la carga del electrón: $e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$.

El **espín** se expresa en unidades $\hbar/2 = 1,06 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$.



Composición en quarks y antiquarks de algunos mesones.

RECUERDA

Cada partícula tiene su antipartícula, con carga eléctrica opuesta. Algunas partículas neutras, como el fotón, son su propia antipartícula. En otros casos, como el del neutrón, la antipartícula de la partícula neutra es diferente a la partícula.

ACTIVIDADES

2. Dibuja los quarks que forman un neutrón. Obtén la carga eléctrica del neutrón a partir de las características de sus quarks. Analiza cómo puede ser el espín y la carga de color de cada quark que forma el neutrón.
3. Dibuja los quarks que forman un antineutrón. Obtén la carga eléctrica del antineutrón a partir de las características de sus quarks. Analiza cómo puede ser el espín y la carga de color de cada quark del antineutrón.

3.2. ¿Y en los libros de texto?

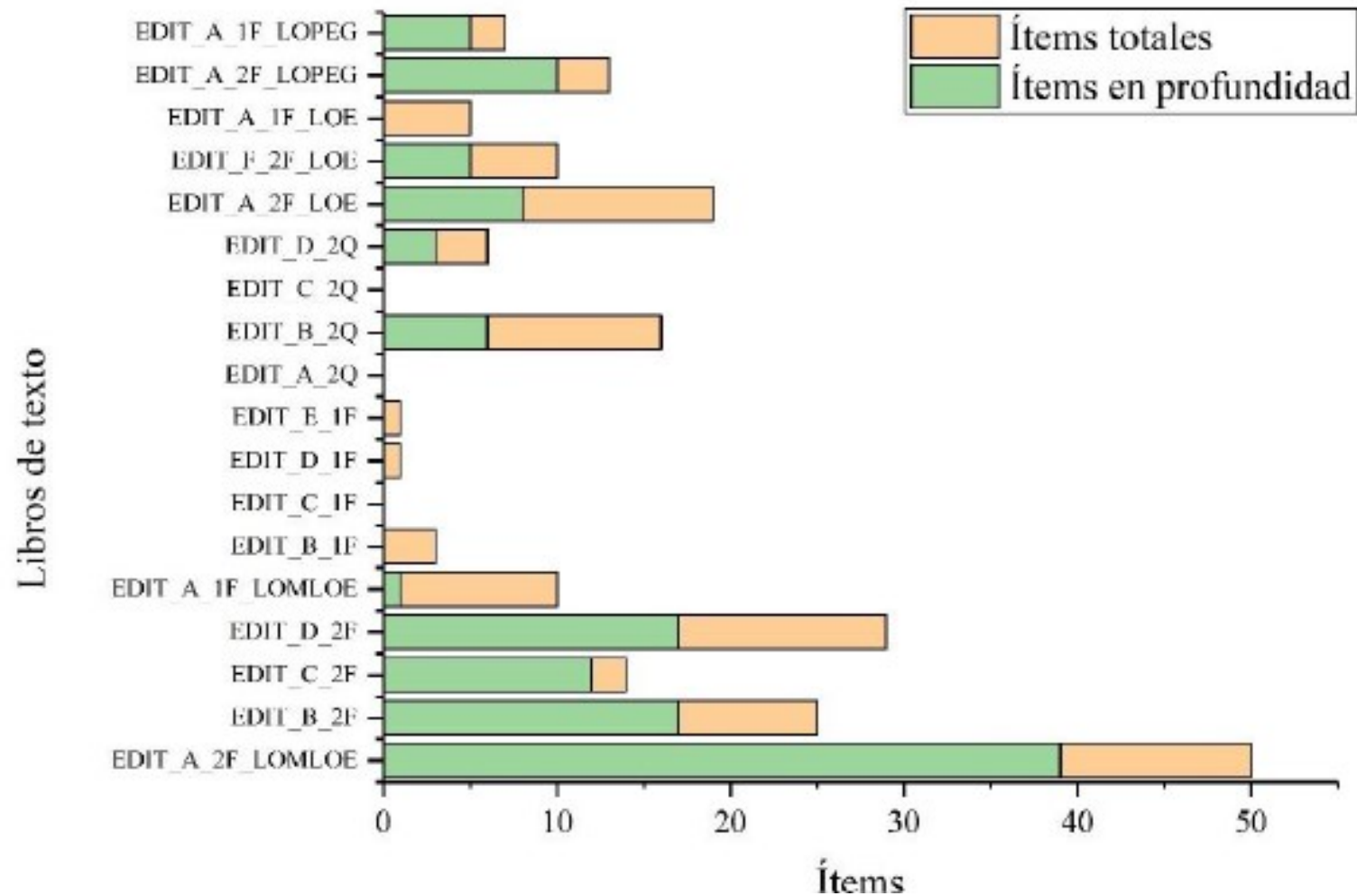
| Nivel | Criterio | Descripción |
|-------------|---------------------------------|--|
| Básico. | 1. Modelo Estándar. | Aparece nombrado el Modelo Estándar (SM, por sus siglas en inglés) y las partículas que lo forman. Se considera en profundidad si aparecen las partículas que forman el SM, se nombra éste como tal y aparecen las diferencias existentes entre las diferentes generaciones. |
| | 2. Detectores. | Se explican una o más formas o instrumentos de detectar partículas. Se considera en profundidad si se explica el funcionamiento de estos. |
| | 3. Aplicaciones. | Se describen aplicaciones de la Física de partículas (como la TEP ³). |
| | 4. Científicos. | Se nombran varias figuras que aportaron al desarrollo de la Física de partículas. Para ser considerado en profundidad deben de aparecer varios, así como relacionarse con las contribuciones que realizaron. |
| Intermedio. | 5. Hadrones y leptones. | Se diferencian entre hadrones y leptones. Será considerado en profundidad si aparecen las diferencias entre ambos y se nombra al menos un hadrón que no sea un nucleón. |
| | 6. Interacciones fundamentales. | Se explican las cuatro interacciones fundamentales, con especial atención en la fuerte y la débil. Se considerará tratado en profundidad si se comparan los órdenes de magnitud y su alcance. Además, en el caso de la interacción fuerte se nombra el color y en el de la interacción débil el cambio de sabor (aunque no aparezca el nombre sabor como tal). |
| | | Se explica el concepto de las antipartículas. Si tan solo se nombra o se nombra alguna antipartícula como el positrón no será considerado tratado en profundidad. |
| | 7. Antipartículas. | |

Extraído de TFM de investigación de Javier Gómez Fauro (Director Jorge Pozuelo-Muñoz)

3.2. ¿Y en los libros de texto?

| | | | |
|-----------|-----|--------------------------------|--|
| Avanzado. | 8. | Nucleones formados por quarks. | Se nombran los quarks ⁴ como las partículas que forman los neutrones y protones. Este punto será tratado en profundidad si se nombran que el protón está formado por dos quarks up y uno down y el neutrón por dos down y uno up |
| | 9. | Bosones mediadores. | Se nombran las partículas mediadoras de las interacciones más allá del fotón. Se considera tratado en profundidad si se relacionan con su interacción correspondiente. |
| | 10. | Bosón de Higgs. | Aparece el bosón de Higgs. Tratado en profundidad si nombra el hecho de que es el responsable de dar masa a las partículas. |
| | 11. | Más allá del Modelo Estándar. | Aparece la posibilidad de Física más allá del SM (BSM, por sus siglas en inglés “Beyond SM”). Se consideran el gravitón, la materia oscura o la teoría de cuerdas como ejemplos de Física BSM y será tratado en profundidad si se explican dichos conceptos. |

3.2. ¿Y en los libros de texto?



3.2. ¿Y en los libros de texto?

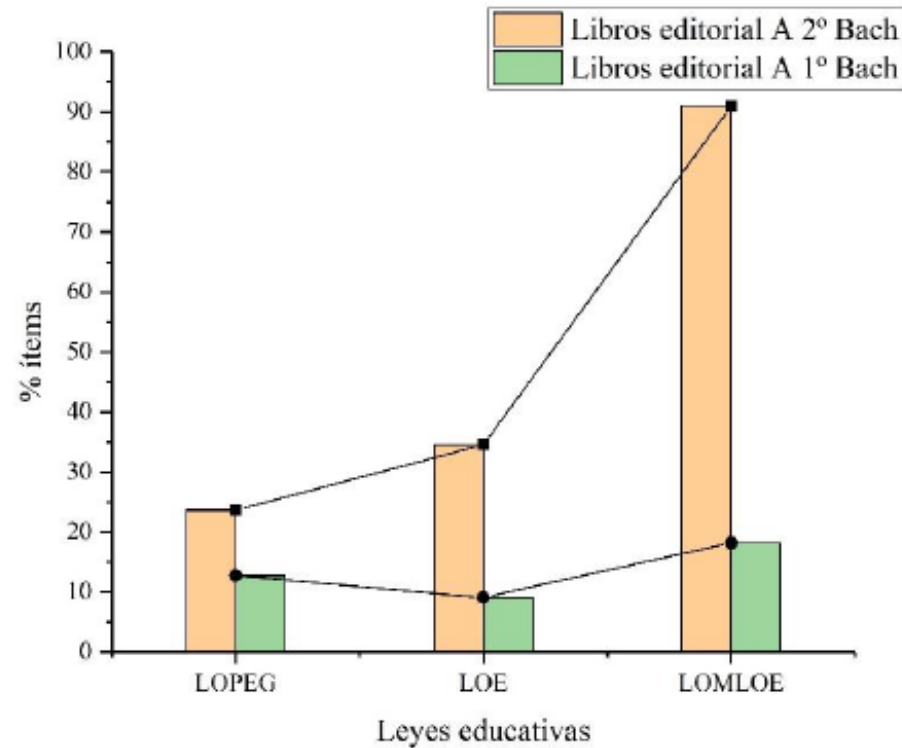
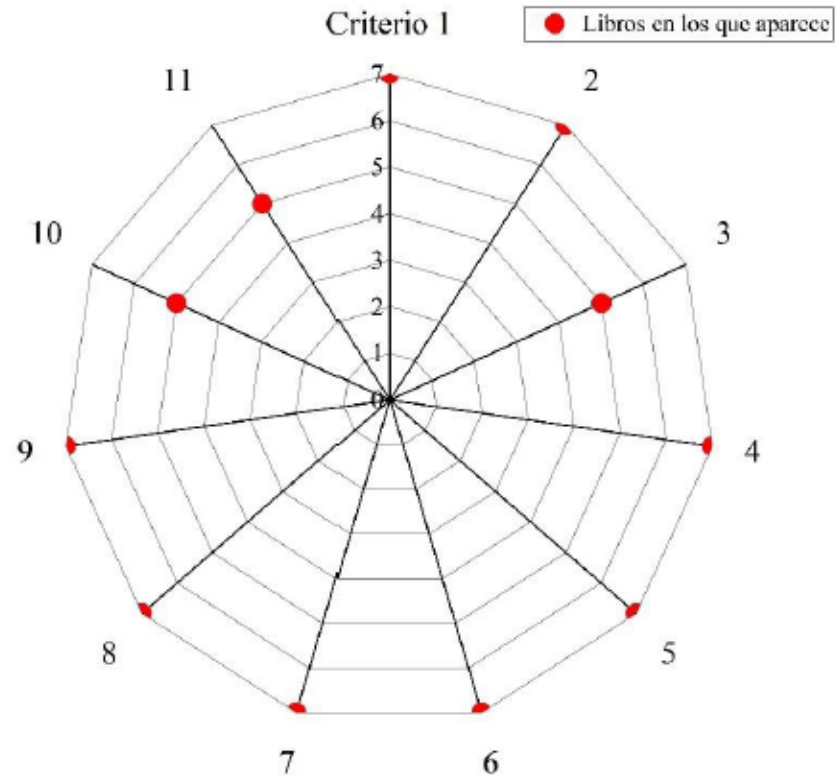


Gráfico 2: Porcentaje de aparición de los ítems en los libros de la editorial A, tanto de 1º de Bach como de 2º Bach para diferentes leyes educativas. Fuente: Elaboración propia

3.2. ¿Y en los libros de texto?



*Gráfico 3: Número de libros distintos de 2º de Bachillerato en los que aparece cada criterio.
Fuente: Elaboración propia.*

3.2. ¿Y en los libros de texto?

CONCLUSIONES

- **En los libros de texto aparece mucho más de la hipótesis que teníamos inicialmente**
- **No existen criterios definidos para que aparezcan o no estos contenidos ni por editorial ni por edad**
- **Hay inquietud por incorporar el tema pero no hay nada sistematizado ni acordado**
- **Necesidad de preguntar a docentes, alumnos/as y seguir investigando**

Necesidad de preguntar a docentes, alumnos/as y seguir investigando

3. ¿Y cómo trabajar la física de partículas en el aula?

**Muchas
opciones**
(como con todo...)

2. ¿Qué sabemos de física de partículas?

¿Y materiales educativos?

No hay demasiados materiales (y hemos buscado...):

- Hay maquetas de aceleradores
- Juegos para identificar partículas
- Guías para fabricar una cámara de niebla (pero no para usarla en el aula de forma “didáctica”)
- Más divulgación que educación...

2. ¿Qué sabemos de física de partículas?

¿Y materiales educativos?



Presentación del documental



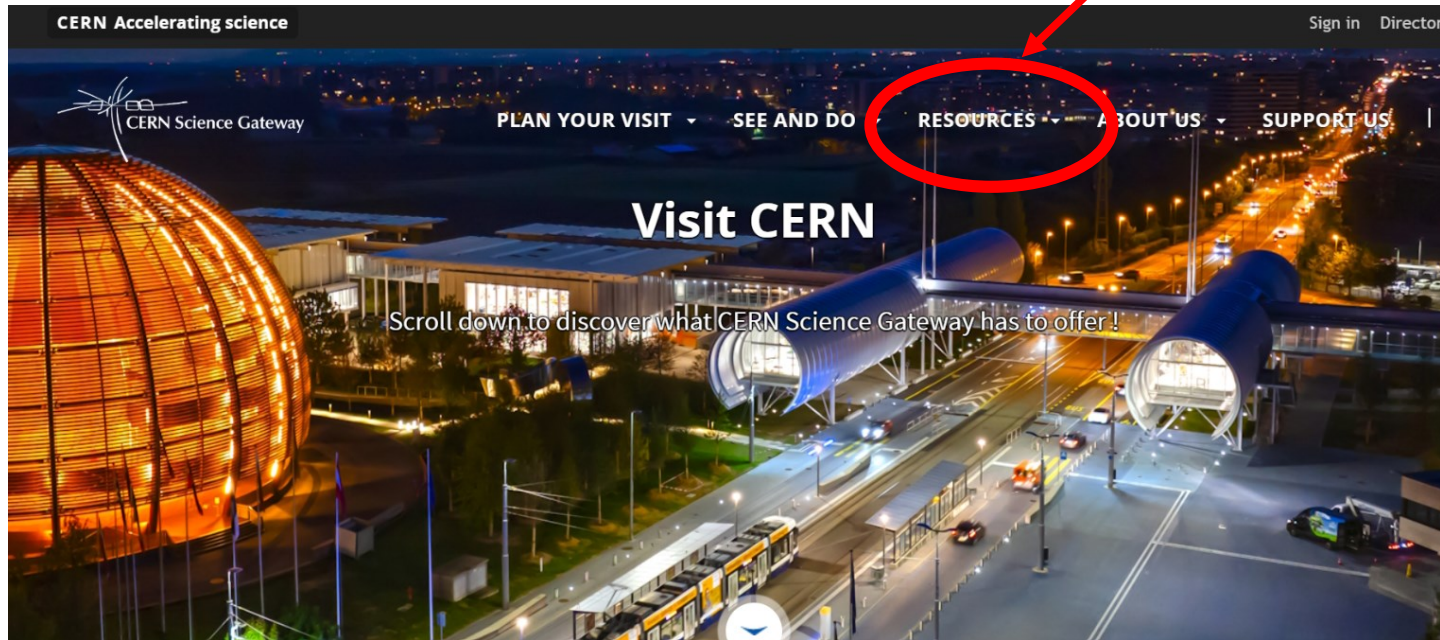
Javier Santaolla (Divulgador que trabajó en el CERN)

https://phet.colorado.edu/sims/html/blackbody-spectrum/latest/blackbody-spectrum_all.html?locale=es

2. ¿Qué sabemos de física de partículas?

¿Y materiales educativos?

Recursos relacionados con el CERN



Web del CERN

Suele ser más divulgación que educación

https://phet.colorado.edu/sims/html/blackbody-spectrum/latest/blackbody-spectrum_all.html?locale=es

2. ¿Qué sabemos de física de partículas?

¿Y materiales educativos?

O demasiado avanzados...

Datos del CERN para poder analizar con los estudiantes

Files

| Filename | Size | |
|---------------------|-----------|--------------------------|
| Wmunu.csv | 7.6 MiB | Download |
| Wenu.csv | 9.5 MiB | Download |
| Zmumu.csv | 947.8 KiB | Download |
| Zee.csv | 1.4 MiB | Download |
| Dimuon_SingleMu.csv | 11.3 MiB | Download |

« ‹ 1 2 › »

https://phet.colorado.edu/sims/html/blackbody-spectrum/latest/blackbody-spectrum_all.html?locale=es

2. ¿Qué sabemos de física de partículas?

¿Y materiales educativos?



Particle Physics Education and Information sites:

Introduction:

- [The Particle Adventure](#) - an interactive tour of particle physics for everyone: the basics of theory and experiment.
- [Virtual Visitor Center](#) of the Stanford Linear Accelerator Center.
- [Guided Tour of Fermilab](#), - A virtual tour of Fermilab with overviews of several aspects of Particle Physics.
- [Probing Particles](#) - a comprehensive and straight-forward introduction to particle physics.
- [Big Bang Science](#) - approaches particle physics starting from the theoretical origin of the universe.
- [History of Neutrinos](#) - everything you ever wanted to know about neutrinos.
- [Hands-On CERN](#) - an introduction to particle physics theory and experiments.
- [The World of Beams](#)
- [Physics 2000](#) - an interactive journey that touches on quantum physics.
- A [bibliography](#) of Particle Physics Educational Materials - a listing of useful books and articles.
- [Particle Data Group](#) - an international group that summarizes and reviews particle physics.
- [CERN Courier](#) - Latest news of Particle Physics
- [Searching for the Building Blocks of Matter](#) - an online exhibit on Fermilab's

Interactive:

- [OnScreen Particle Physics](#) - particle-chamber simulation software for use in classroom (Mac & Windows 95/NT).
- [Event Simulator](#) - a Java applet that simulates the decay of a Z boson under parameters that you specify.
- [The Neutrino Mass Toy](#) - a Java applet which allows you to experiment with neutrino mass matrices and mixing scenarios.
- [SciTech](#) hands on science center - check out their [Quark Machine](#) and [Gluon Machine](#) to learn more about these particles and build your own.
- [The Fermilabyrinth](#) - An Interactive website featuring educational games about Particle Physics and FermiLab.

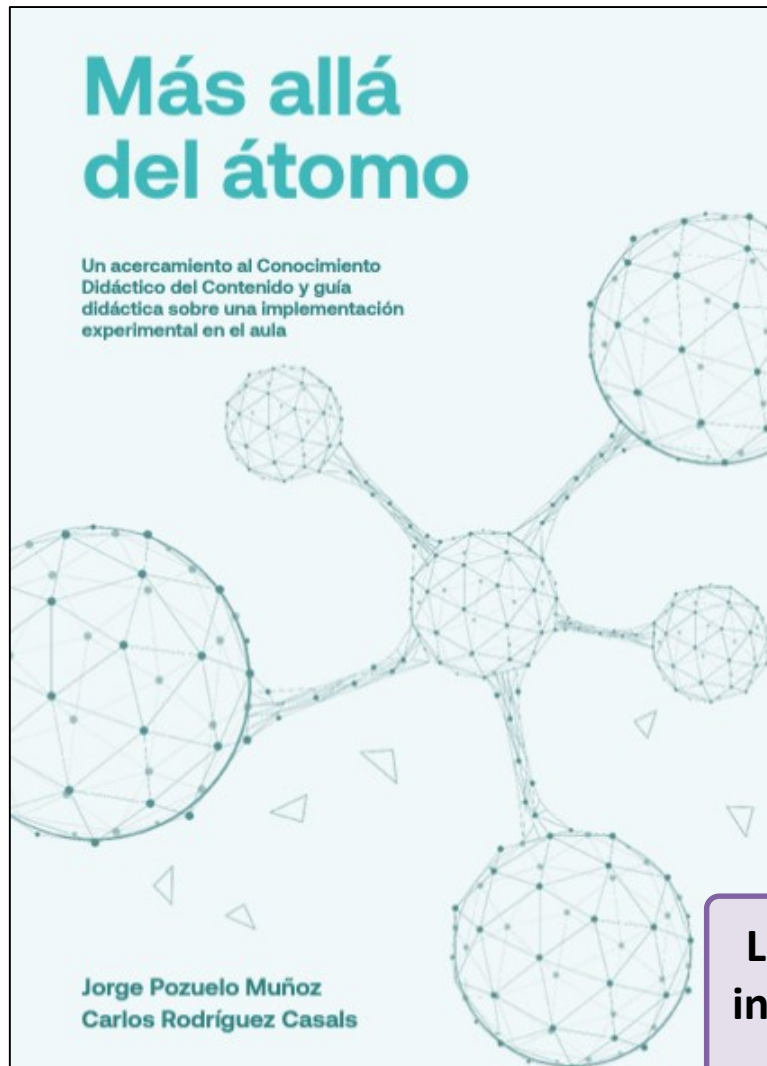
Resources:

- [U.S. Particle Physics Educations and Outreach](#) - info on more than 170 programs.
- [European Particle Physics Outreach Group](#) - info on institutions and educational programs of the CERN member states in Europe.
- [Contemporary Physics Education Project](#) - produces charts, brochures, web features, and classroom activities. Creators of [The Particle Adventure](#).
- [Particle Physics in the UK](#) - news and UK links. Don't miss the picture of the

Web con recursos pero nada de interés extremo..

2. ¿Qué sabemos de física de partículas?

¿Y materiales educativos?



Reflexiones Didácticas como docentes:

¿Sabría que saber las características de todas las partículas del Modelo Estándar?

¿Es interesante plantear preguntas de ciencia en el aula que estén en el límite actual del conocimiento?

¿Nunca un alumno o alumna ha preguntado...?

- ¿No hay algo más pequeño que los protones y neutrones?
- ¿Si las cargas de distinto signo se atraen, por qué los electrones no caen al núcleo para estar con los protones?
- ¿Si las cargas del mismo signo se repelen, cómo pueden estar tan juntos los protones en el núcleo?

Tal vez no haya que saber todos los nombres de las partículas y sus propiedades, aunque sí puede ayudar tener presente que existen los quarks, que la agrupación de algunos de ellos, forman los protones y los neutrones, que no podemos encontrar los quarks en solitario, que no son bolitas, aunque los representamos así. Es probable que el alumnado haga preguntas que ni siquiera nosotros nos hayamos planteado, dado que nosotros ya estamos "encorsetados" a nuestro propio conocimiento y existen preguntas que las pasamos por alto. Trabajar el Modelo Estándar de partículas puede ayudar a resolver dudas en la comprensión básica de nuestro día a día, pero también es muy interesante trabajarlos en

de reflexiones las propiedades naturales de las fuerzas, y que pueden servir de apoyo para entender a fondo, el comportamiento de los fenómenos naturales desde un punto de vista físico.

Desde el punto de vista didáctico, conocer la existencia de estas fuerzas fundamentales es importante, dado que es únicamente a partir de estas cuatro fuerzas, sobre las que construimos todo lo demás. Por otro lado, este tema puede facilitar el planteamiento de preguntas que difícilmente saldrían en otros contextos.

| INTERACCIONES FUNDAMENTALES | | | | | |
|-----------------------------|--|---|---------------------------|--|--|
| Fuerte | | Mantiene unido el núcleo | Fuerza 1 | Rango (m): 10^{-15} Diámetro de un núcleo medio | Partícula intermedia: gluón |
| Electromagnética | | Repulsión y atracción entre cargas | Fuerza $1/137$ | Rango (m): infinito | Partícula intermedia: fotón |
| Débil | | Desintegraciones radiactivas (decaimiento de núcleos) | Fuerza $6 \cdot 10^{-4}$ | Rango (m): 10^{-16} 0,1% del diámetro de un protón. | Partículas intermedias: bosones W, W [±] , Z ₀ |
| Gravitatoria | | Atracción entre masas | Fuerza $6 \cdot 10^{-39}$ | Rango (m): infinito | Partícula intermedia: gravitón? |

LA ACTUALIDAD DE LA FÍSICA DE LAS PARTÍCULAS

La física de partículas no solo se puede trabajar en clase desde el punto de vista del saber-saber, es decir, el saber del contenido científico en sí mismo, sino desde la perspectiva de la naturaleza de la ciencia y el trabajo que hacen los científicos y científicas sobre el tema. En esta guía, mostramos unos pequeños comentarios al respecto, aunque se podría trabajar con mucha más profundidad y detalle, por ejemplo, detallando los distintos tipos de detectores de partículas, donde se encuentra cada uno de ellos, en qué se especializan los distintos experimentos, etc.

está colocado

Conocimiento didáctico ¿Cómo trabajar en el aula?

25

MONTAJE DE LA CÁMARA DE NIEBLA

01 Colocación del fieltro

El primer paso en la construcción de la cámara de niebla, será recortar un trozo de fieltro que sea del tamaño similar al del fondo del recipiente que utilizamos como cámara de niebla. Dadas las distintas pruebas realizadas, recomendamos que se recorte con medio centímetro de más aproximadamente por cada lado. El motivo de este tamaño adicional es que podamos encajarlo en el fondo y que al pegarlo, también exista cierta sujeción física por ese exceso de fieltro. Para sujetar el fieltro al fondo, podemos utilizar diferentes métodos. En nuestras cámaras de niebla, al ser de vidrio y no tenerlas agujereadas hemos utilizado la sujeción con pegamentos. En nuestro caso, hemos utilizado cinta de doble cara, silicona de temperatura, velcro, pegamento instantáneo, y pegamento de tipo "epoxi". Los mejores resultados se han obtenido con la cinta de doble cara y el pegamento "epoxi". Con el velcro y la silicona de temperatura, el velcro ha aguantado solo un tiempo tras ser empapado con el isopropanol. En el caso del pegamento instantáneo, se disolvía al instante y se despegaba, al igual que con el pegamento de los dos lados del velcro. En el caso de la cinta de doble cara ha aguantado varias sesiones sin problemas, aunque cuando la cámara de niebla era muy grande, también hemos tenido casos en los que se ha despegado.

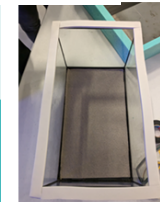


Figura 21. Utilización del hielo seco para la cámara de niebla.



02 Revisión de los bordes de la cámara para crear un compartimento estanco

Una vez se ha colocado el fieltro, y antes de colocar el hielo seco, es necesario asegurarse de que cuando coloquemos el recipiente transparente que utilizamos como cámara de niebla sobre la plancha metálica, este tiene la forma necesaria para que quede aislado del exterior. Existen diferentes opciones. Una de ellas puede ser la colocación de un burlete sobre el borde, de manera que al colocarla contra la chapa metálica quede aislada. Otra opción es colocar plastilina por los bordes exteriores una vez se ha colocado la cámara de niebla. En la figura 20, se puede observar una cámara con burlete puesto.

03 Limpieza de la cámara

El montaje de la cámara de niebla debe comenzar por intentar limpiar lo mejor posible las paredes interiores y exteriores del cuerpo de la cámara de niebla para posteriormente poder observar con la máxima nitidez que las condiciones me permitan.

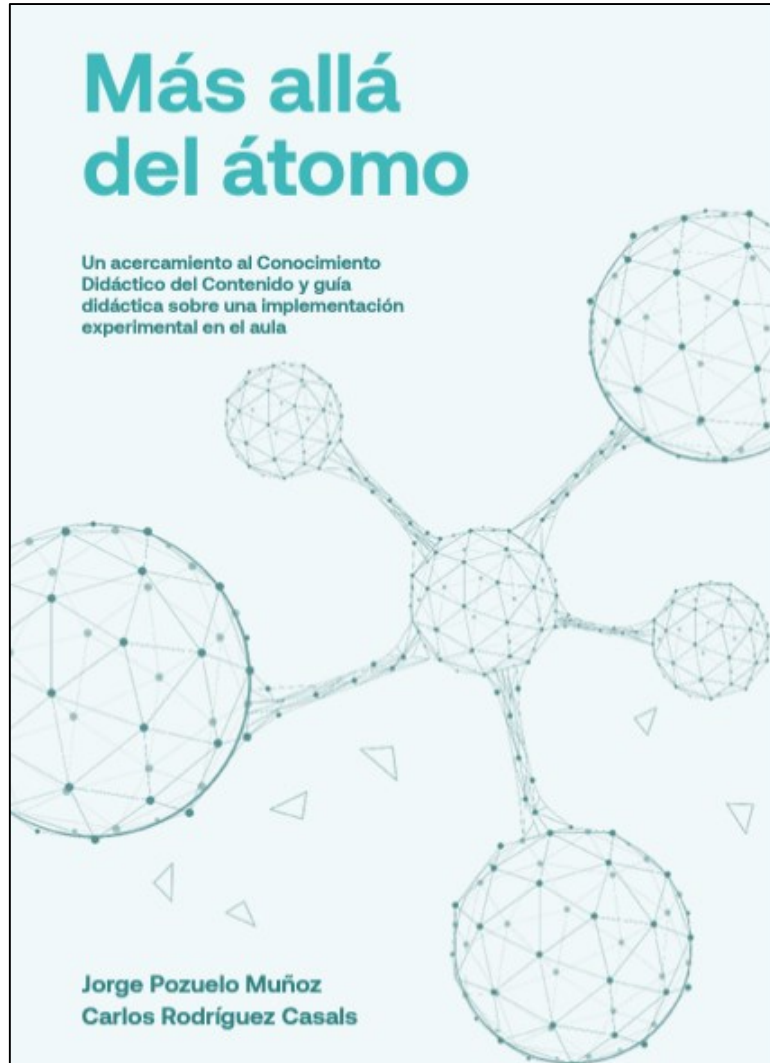
04 Colocación del hielo seco

Para manipular el hielo seco se recomienda extremar precauciones para evitar quemaduras por su contacto con la piel. Para ello, haremos uso de guantes para trabajar en temperaturas criogénicas y gafas de laboratorio. Ahora bien, la utilización de guantes es

Libro hecho a partir de un curso inicial que hicimos para docentes y tuvo muy buena acogida

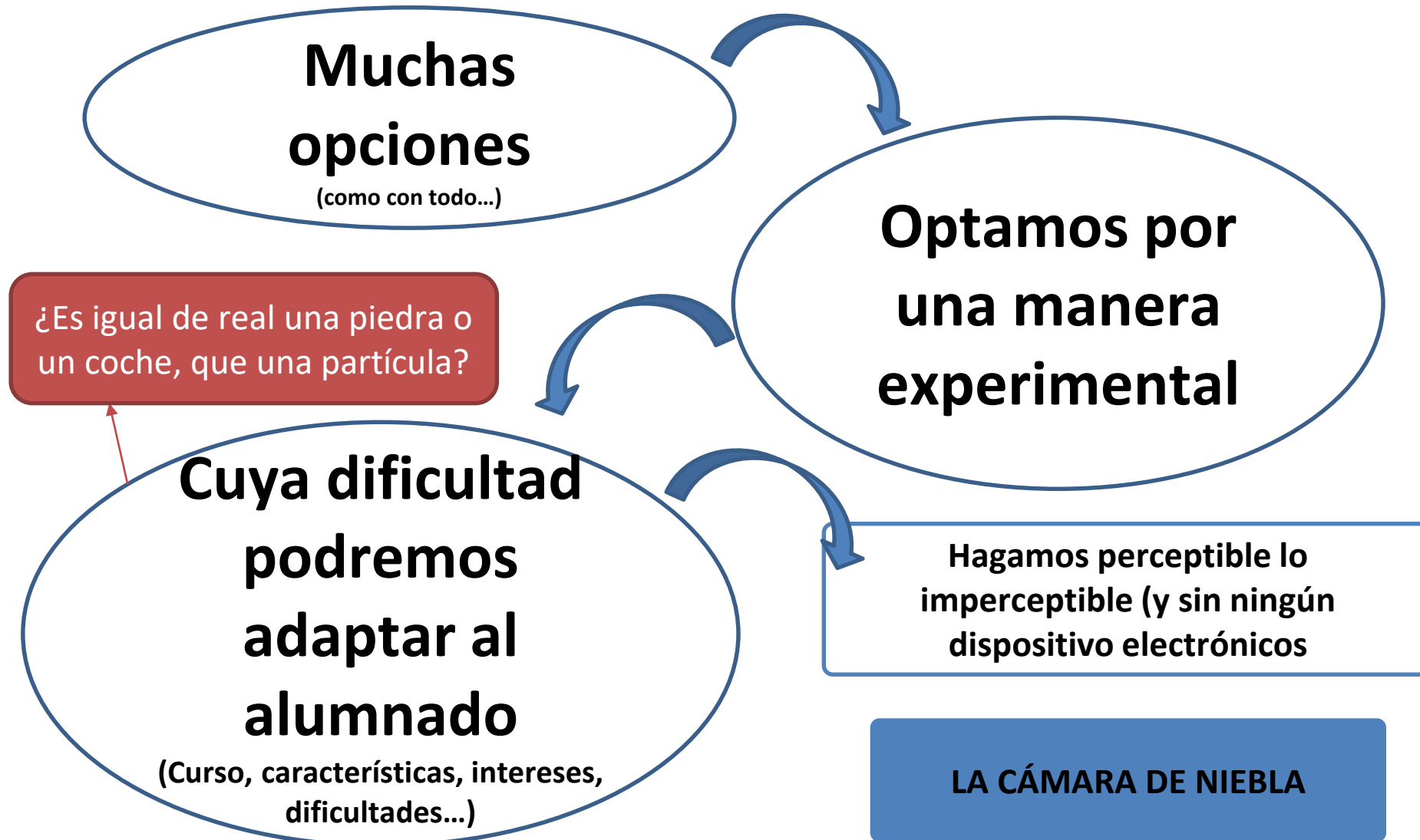
2. ¿Qué sabemos de física de partículas?

¿Y materiales educativos?



Ahora estamos trabajando en intentar ampliar y mejorar

3. ¿Y cómo trabajar la física de partículas en el aula?



La cámara de niebla

La primera cámara de niebla fue inventada y construida por un físico escocés Charles Thomson Rees Wilson y el dispositivo se encendió por primera vez en 1911 después de casi veinte años de desarrollo.

En 1927, Charles Thomson Rees Wilson fue galardonado con el Premio Nobel de Física por su método para hacer visibles las rutas de las partículas cargadas eléctricamente por condensación de vapor.



Extraído de: <https://www.nuledo.com/es/>

Vamos a ello...

Planteamiento del taller:

- Aportar los **materiales** para la construcción
- Por grupos, plantear las diferentes opciones y **construir nuestra propia cámara de niebla**
- Enfrentarse a las **dificultades** de construirla
- **Identificar fenómenos físico/químicos** asociados e intentar **dar respuesta** a los mismos
- Después de todo eso, observar

La cámara de niebla

HECHO CON
ALUMNADO DE
1º DE BACH

Y nosotros, ¿cómo podríamos
demostrar que existen estas
partículas?

Diseñemos nuestro experimento

La cámara de niebla

Vamos a ello...

¿Ideas?

HECHO CON
ALUMNADO DE
1º DE BACH



Diseñemos nuestro experimento

HECHO CON
ALUMNADO DE
1º DE BACH

¿Qué preguntas nos planteamos?

¿Materiales?

¿Qué condiciones básicas debe cumplir?

¿Cómo podemos hacerla?

Para el próximo día

HECHO CON
ALUMNADO DE
1º DE BACH

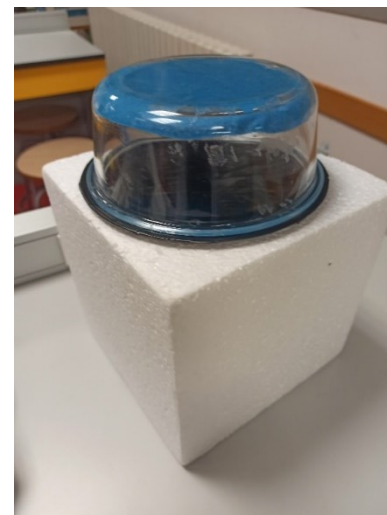
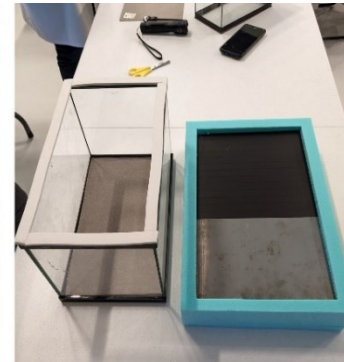
- Traer los **materiales para construir una cámara de niebla** casera para su fácil montaje
- **Anotaciones (y fotografías)** del proceso y justificación en la elección de los materiales.
 - **Explicar por qué** has utilizado esos materiales y no otros,
 - **Explicar por qué** la cámara de niebla es así y no de otra forma
- ¿Tenemos alguna forma de utilizar **materiales que generen partículas** para poder observar en la cámara de niebla?

Fuentes:

<https://home.cern/news/news/experiments/how-make-your-own-cloud-chamber>
<https://www.youtube.com/watch?v=D77MWTbufbs>

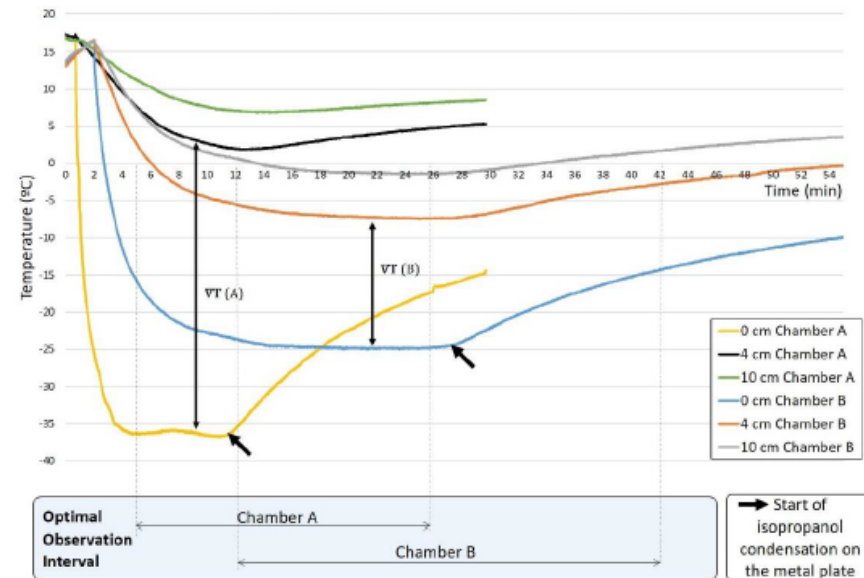
PRÓXIMO DÍA

- Enseñaremos nuestras propias cámaras de niebla (caseras y no caseras)



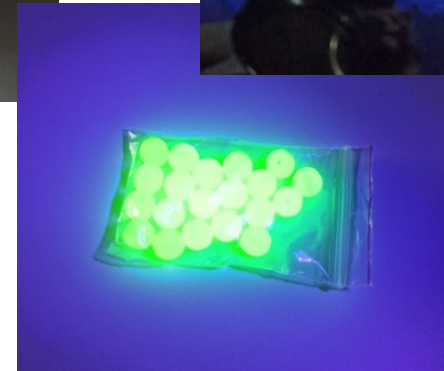
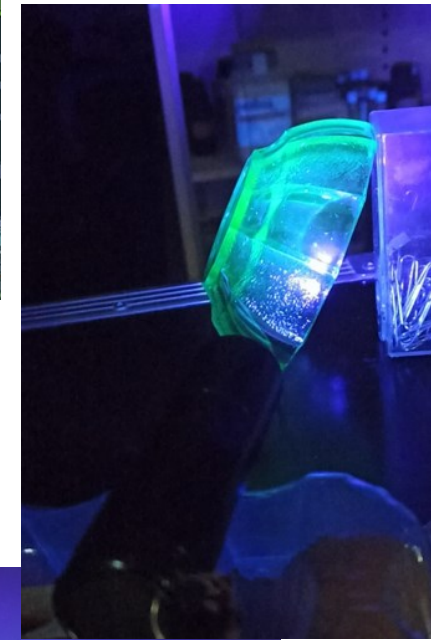
PRÓXIMO DÍA

- Analizaremos cómo podemos utilizar la cámara de niebla para mucho más que las partículas (termodinámica, programación, temperaturas, materiales...)



PRÓXIMO DÍA

- Estudiaremos otros fenómenos con elementos adicionales como un tubo de rayos catódicos, fuentes radiactivas escolares (y no radiactivas y no escolares...)



PRÓXIMO DÍA

- Analizaremos qué partículas podemos ver (pensar en un catálogo)



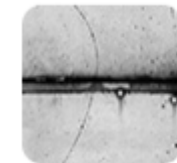
Partícula alfa



Protones



Electrones

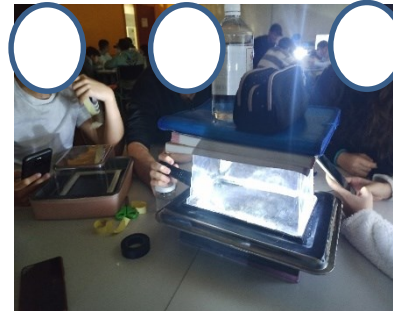
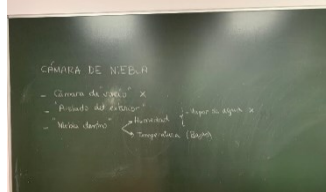


Positrones

PRÓXIMO DÍA

De lo teórico a lo experimental

Y sobre todo, del mundo de las IDEAS al mundo REAL Y DEL AULA



Agradecimientos



Real
Sociedad
Española de
Física

División de Enseñanza
y Divulgación de la Física



¡¡¡Becas
para
visitarlo!!!

