

La enseñanza de la física de partículas en educación secundaria

Paula Tuzón

Programa español del CERN para profesores, 2018

Universidad de València

Dep. de Didàctica de las Ciencias Experimentales y Sociales

paula.tuzon@uv.es
@paulatuzon_

Qué vamos a ver

1. ¿Por qué física de partículas en secundaria?
2. Estado de la situación
 - Qué se enseña
 - Qué saben los estudiantes
3. Contenidos actualizados y recursos didácticos
 - Ejemplos: Secuencias de enseñanza

**1. ¿Por que física
de partículas en
secundaria?**

¿De qué está hecha la materia?

¿Cómo interaccionan sus componentes?

¿De qué está hecha la materia?

¿Cómo interaccionan sus componentes?

Física y Química

Partículas y fuerzas fundamentales, mecanismos básicos del Universo...

Quarks, neutrinos, leptones, hadrones, fuerzas fuerte y débil, campos cuánticos, antimateria, Higgs, colisiones...

Física y Química

Actividad científica (modelización, investigación, CTSA)

Estructura atómica, isótopos (radioactividad), iones, modelos atómicos

Fuerzas fundamentales de la naturaleza: Gravedad, electricidad/magnetismo y "asociar todas las que hay con fenómenos cotidianos". Fuerzas "a distancia".

Energía: Fuerzas conservativas

2° y 3°

4°

Actividad científica (hechos históricos, investigación, interpretación de datos)

Modelos atómicos

Fuerzas, gravedad ("a distancia")

Energía: Fuerzas conservativas

Actividad científica (modelización, investigación, CTSA)

La fuerza como interacción

Energía: Fuerzas conservativas

Campo

1°

2°

Actividad científica (modelización, investigación, CTSA, interpretación de datos)

Fuerzas fundamentales y campo, campo electromagnético y gravitatorio

Relatividad y física cuántica

Fuerzas fundamentales y física de partículas

¿Puede hablarse de estas cosas en secundaria?

¿Debe hablarse de estas cosas en secundaria?

¿Por qué no?

¿Por qué no?

Si no lo hacemos, estamos introduciendo un sesgo histórico no justificado a nivel didáctico

¿Por qué no?

Si no lo hacemos, estamos introduciendo un sesgo histórico no justificado a nivel didáctico

Todavía está menos justificado si usamos modelización como herramienta de aprendizaje (indagación)

¿Por qué no?

Si no lo hacemos, estamos introduciendo un sesgo histórico no justificado a nivel didáctico

Todavía está menos justificado si usamos modelización como herramienta de aprendizaje (indagación)

Conexión ciencia-tecnología-sociedad (CTS)

**2. Estado de la
situación:
Qué se enseña,
qué saben.**

Qué se enseña

[Ejemplo análisis libros de texto y entrevistas a profesores]

- Interacciones fundamentales y su uso para explicar comportamiento materia
- Interacción fuerte para explicar estabilidad del núcleo
- Interacción débil en relación con la radioactividad
- Fotón como mediador de fuerza electromagnética
- Interacción como intercambio de partículas
- CTS, historia de la ciencia, aceleradores...
- ...

Qué se enseña

[Ejemplo análisis libros de texto y entrevistas a profesores]

- Interacciones fundamentales y su uso para explicar comportamiento materia
- Interacción fuerte para explicar estabilidad del núcleo
- Interacción débil en relación con la radioactividad
- Fotón como mediador de fuerza electromagnética
- Interacción como intercambio de partículas
- CTS, historia de la ciencia, aceleradores...
- Qué dan, si piensan que es importante y qué aporta, por qué, dónde y cómo podrían darlo, CTS...

Qué se enseña

[Ejemplo análisis libros de texto y entrevistas a profesores]

- Interacciones fundamentales y su uso para explicar comportamiento materia
- Interacción fuerte para explicar estabilidad del núcleo
- Interacción débil en relación con la radioactividad
- Fotón como mediador de fuerza electromagnética
- Interacción como intercambio de partículas
- CTS, historia de la ciencia, aceleradores...
- ...

- Historia de la ciencia pero modelos no como modelos científicos sino como nombres y fechas
- Se nombran las 4 interacciones fundamentales pero no de manera sistematizada o como parte del tema (dispar entre libros)

- No se explican la fuerte y la débil

Qué se enseña

[Ejemplo análisis libros de texto y entrevistas a profesores]

- Interacciones fundamentales y su uso para explicar comportamiento materia
- Interacción fuerte para explicar estabilidad del núcleo
- Interacción débil en relación con la radioactividad
- Fotón como mediador de fuerza electromagnética
- Interacción como intercambio de partículas
- CTS, historia de la ciencia, aceleradores...
- ...

- Historia de la ciencia pero modelos no como modelos científicos sino como nombres y fechas
- Se nombran las 4 interacciones fundamentales pero no de manera sistematizada o como parte del tema (dispar entre libros)

- No se explican la fuerte y la débil
- Enseñar estos conceptos en asignatura “menor” o en apartado específico de 2º Bach
- Dicen que fomenta interés pero no hablan de su aporte didáctico

Qué saben

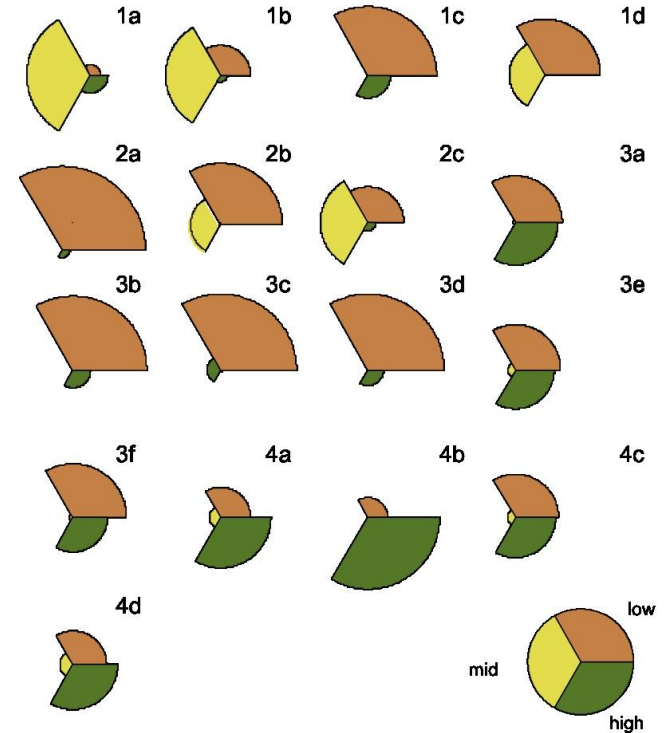
[Ejemplo estudio de diagnóstico a estudiantes de 1º de Bachillerato]

- Preguntas sobre modelos “clásicos” (lo que se supone que saben)
- Preguntas sobre limitaciones de esos modelos clásicos y nuevos modelos (pistas sobre qué tipo de enseñanza se hace)
- Partículas, aceleradores e investigación en el campo
- Interés y percepciones de los estudiantes

Qué saben

[Ejemplo estudio de diagnóstico a estudiantes de 1º de Bachillerato]

- Nivel bajo
- Conceptos poco asentados de los modelos clásicos
- No analizan las limitaciones de los modelos
- Interés en el tema
- Análisis cualitativo de las respuestas: Gran diversidad



¿De qué está hecha la materia?

¿Qué fuerzas fundamentales hay en la naturaleza?

¿Qué fuerza mantiene al electrón unido al núcleo?

Si los protones tienen la misma carga eléctrica, ¿por qué pueden estar tan juntos sin repelerse en el núcleo atómico?

¿Qué es un fotón?

¿Qué partículas crees que se han descubierto?

¿Qué es el bosón de Higgs?

¿Has oído hablar de los neutrinos? ¿Sabes qué son?

¿Qué es la antimateria?

¿Crees que es peligrosa? ¿Por qué?

¿Qué crees que pasa cuando colisionan dos partículas?

¿Qué es el CERN?

¿Para qué crees que sirve hacer chocar dos partículas en un acelerador?

¿Por qué crees que es importante el trabajo que se hace en un centro de física de partículas?

¿Crees que tiene algún impacto en tu día a día? ¿Cuál?

¿Crees que se habla bastante de física de partículas en secundaria? ¿Te gustaría que fuera de otra manera? ¿Por qué?

Bloque 1: Nivel medio

Pregunta 1c: sólo 22% dan respuesta correcta, la mayoría hablan de “gravedad” o “la fuerza de atracción”

- Confusión entre tipos de interacciones vs propiedades y fuerzas fundamentales vs derivadas
- Excesivo uso del modelo planetario

“Gravedad” en la respuesta mayoritaria en 1b

Bloque 2: Nivel medio-bajo

La 2a es la peor contestada en todo el test, consistente con:

Muestra que no se enseñan por indagación (modelización) Sin embargo, respuestas creativas:

- Neutrones neutralizan, apantallan o absorben carga
- Neutrones como “algo que poner en medio”

2b: Nadie menciona la interacción débil pero 25% habla de procesos o interacciones nucleares

Bloque 3: Nivel bajo (“esperable”)

Esperable pero refleja falta de contexto social en las aulas (se pregunta por cuestiones que han tenido mucha difusión):

- 40% saben que el Higgs es una partícula relacionada con la masa de las partículas, algunos conectan con gravedad
- 80% no saben qué es la antimateria y 50% piensan que es peligrosa
- Relación “antimateria - agujeros negros - peligro - engullir”
- Sin embargo algunos “si no ha pasado nada todavía...”
- Sobre creación de partículas: confusión entre escalas “los átomos de las partículas”, “los átomos de los núcleos”

2. Contenidos actualizados y recursos didácticos

Actividad científica (modelización, investigación, CTSA)

Estructura atómica, isótopos (radioactividad), iones, modelos atómicos

Fuerzas fundamentales de la naturaleza: Gravedad, electricidad/magnetismo y "asociar todas las que hay con fenómenos cotidianos". Fuerzas "a distancia".

Energía: Fuerzas conservativas

Actividad científica (modelización, investigación, CTSA)

La fuerza como interacción

Energía: Fuerzas conservativas

Campo



Contenidos y recursos didácticos

Aprendizaje de la física de partículas

→ como objetivo principal

→ como contexto de aprendizaje

Contenidos y recursos didácticos

Aprendizaje de la física de partículas

- **como objetivo principal: A través de la modelización**
- como contexto de aprendizaje

¿Qué es la modelización?

→ Modelos en ciencias

→ Modelos en la enseñanza de las ciencias

(procedimiento o actividad científica llevada al aula)

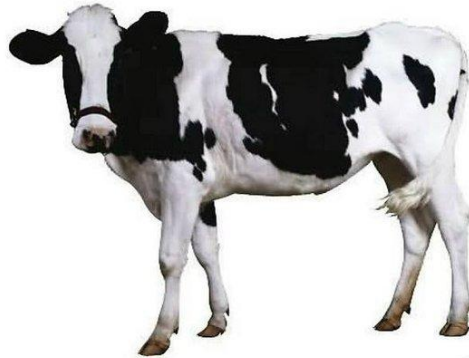
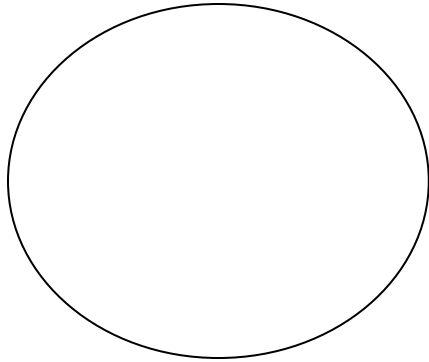
Modelos en ciencias

- El modelo es una representación simplificada de un fenómeno natural
 - *simplificada* → útil
 - *simplificada* → necesitamos dejar fuera algunas propiedades (¿cuáles?)
- El modelo tiene analogías con el fenómeno
 - hay que encontrar los enlaces
- El modelo tiene limitaciones (a propósito o inevitables) y un alcance
- Es una herramienta para entender e investigar el fenómeno

Modelos en ciencias

Diferentes modelos para el mismo fenómeno dependiendo del objetivo del estudio

Decidir qué variables rechazar



Modelos en enseñanza de las ciencias

- Aprendiendo procedimientos o habilidades científicas: modelización (indagación)
 - hipótesis
 - pruebas fiables
 - explicar las observaciones
 - ...

- Ideas de los estudiantes

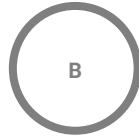
Modelos en enseñanza de las ciencias

Dibujos, maquetas, fórmulas, simulaciones, ... , corporeización (embodiment)



Ingredientes

Bagaje, observaciones, lecturas

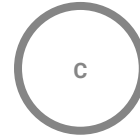


Preparación del modelo

Decidir qué ingredientes poner

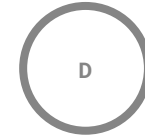
Decidir qué ingredientes dejar fuera (elección del modelo apropiado)

Decidir qué otros ingredientes hay que dejar fuera (accidental o necesariamente)



Representación

Embodiment



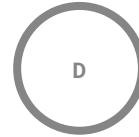
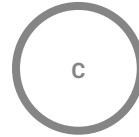
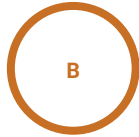
Test

Identificar qué dinámicas e ingredientes están

Identificar qué ingredientes y dinámicas se han quedado fuera y por qué

Discusión y confrontación de ideas (posible iteración)

Limitaciones y alcance del modelo



Ingredientes

Bagaje, observaciones, lecturas

Preparación del modelo

Decidir qué ingredientes poner

Decidir qué ingredientes dejar fuera (elección del modelo apropiado)

Decidir qué otros ingredientes hay que dejar fuera (accidental o necesariamente)

Representación

Embodiment

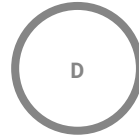
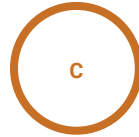
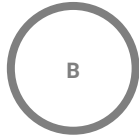
Test

Identificar qué dinámicas e ingredientes están

Identificar qué ingredientes y dinámicas se han quedado fuera y por qué

Discusión y confrontación de ideas (posible iteración)

Limitaciones y alcance del modelo



Ingredientes

Bagaje, observaciones, lecturas

Preparación del modelo

Decidir qué ingredientes poner

Decidir qué ingredientes dejar fuera (elección del modelo apropiado)

Decidir qué otros ingredientes hay que dejar fuera (accidental o necesariamente)

Representación

Embodiment

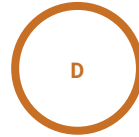
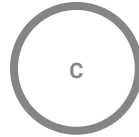
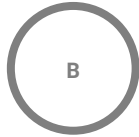
Test

Identificar qué dinámicas e ingredientes están

Identificar qué ingredientes y dinámicas se han quedado fuera y por qué

Discusión y confrontación de ideas (posible iteración)

Limitaciones y alcance del modelo



Ingredientes

Bagaje, observaciones, lecturas

Preparación del modelo

Decidir qué ingredientes poner

Decidir qué ingredientes dejar fuera (elección del modelo apropiado)

Decidir qué otros ingredientes hay que dejar fuera (accidental o necesariamente)

Representación

Embodiment

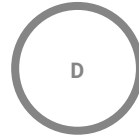
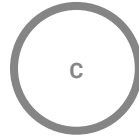
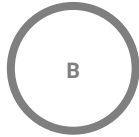
Test

Identificar qué dinámicas e ingredientes están

Identificar qué ingredientes y dinámicas se han quedado fuera y por qué

Discusión y confrontación de ideas (posible iteración)

Limitaciones y alcance del modelo



Ingredientes

Bagaje, observaciones, lecturas

Preparación del modelo

Decidir qué ingredientes poner

Decidir qué ingredientes dejar fuera (elección del modelo apropiado)

Decidir qué otros ingredientes hay que dejar fuera (accidental o necesariamente)

Representación

Embodiment

Test

Identificar qué dinámicas e ingredientes están

Identificar qué ingredientes y dinámicas se han quedado fuera y por qué

Discusión y confrontación de ideas (posible iteración)

Limitaciones y alcance del modelo

Ejemplos: Secuencias de enseñanza

Ejemplos

Ingredientes básicos del Modelo Estándar de la Física de Partículas

Modelización → Sin formalismo subyacente completo (cuántica y relatividad, teoría cuántica de campos)

Ejemplos

Ingredientes básicos del Modelo Estándar de la Física de Partículas

1. Núcleo atómico. Quarks e interacción fuerte
2. Fuerzas como partículas intermediarias (campos cuánticos)
 - a. La fuerza débil y núcleos radiactivos
3. Antimateria y colisiones de partículas
4. El campo de Higgs

[A] Moveos por la sala simulando que sois electrones, protones y neutrones según las consignas de la profesora.

Analizad las siguientes cuestiones:

- ¿Cómo son sus trayectorias y su velocidad?
- ¿Se mueven todas igual?
- ¿Qué sucede cuando interaccionan?

[A] Con 6 ó 7 alumnos haciendo de protones, neutrones y electrones, escenificad un átomo.

Sobre la corporeización, analizad las siguientes cuestiones:

- Escala del átomo.
- Iones e isótopos.
- ¿Por qué orbitan los electrones?
- ¿Qué preguntas abiertas deja este modelo?

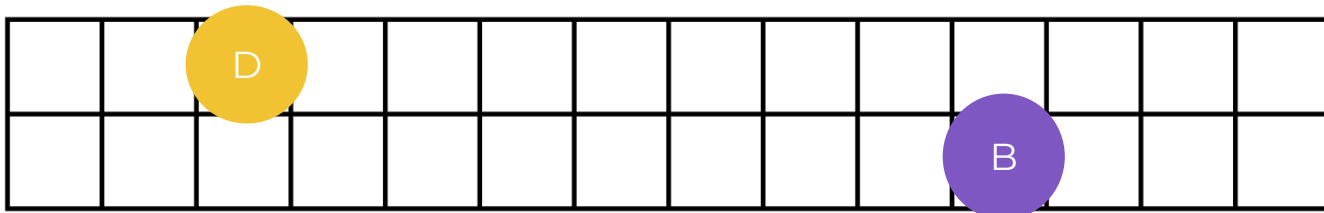
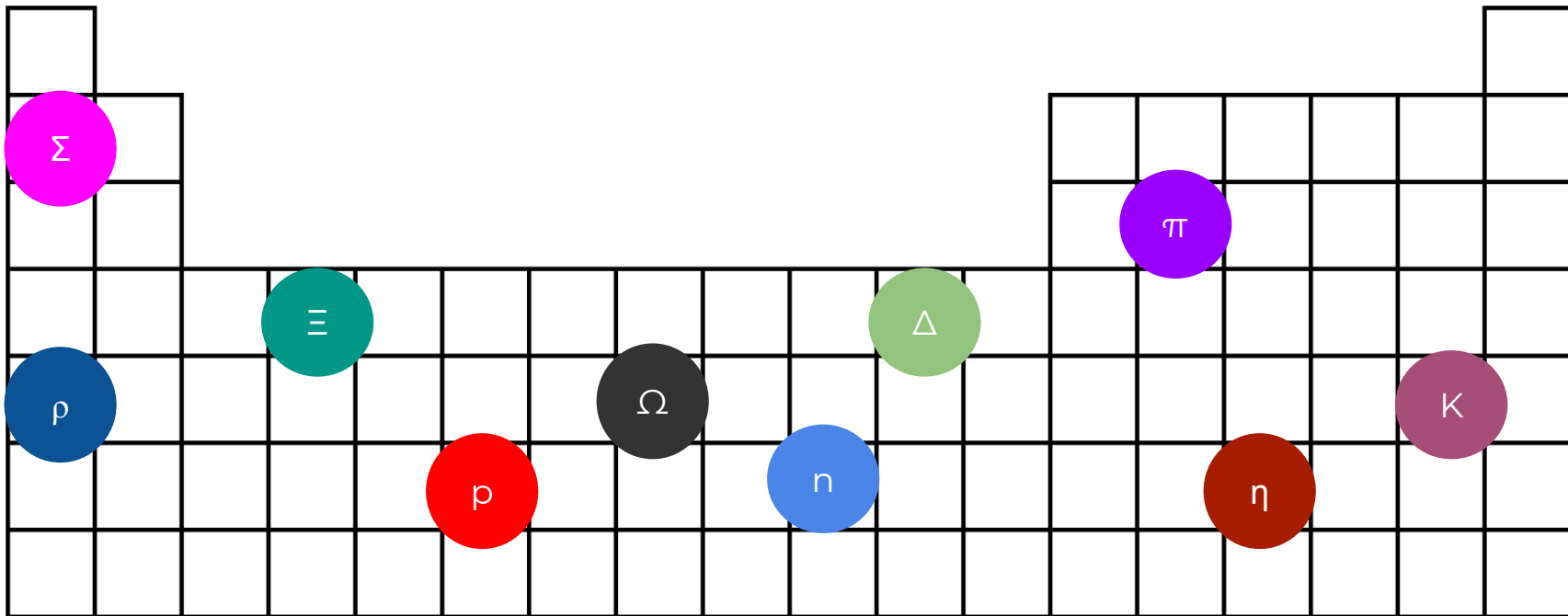
En el siguiente vídeo “CERN: The Standard Model Of Particle Physics”, a partir del minuto 0:30 se habla de cómo de los elementos de la tabla periódica se llegó a la descripción de la materia en base a electrones, protones y neutrones; y de cómo, a partir de la detección de rayos cósmicos, lo que pensábamos eran partículas fundamentales, parecía que ya no...

<https://www.youtube.com/watch?v=V0KjXsGRvoA>

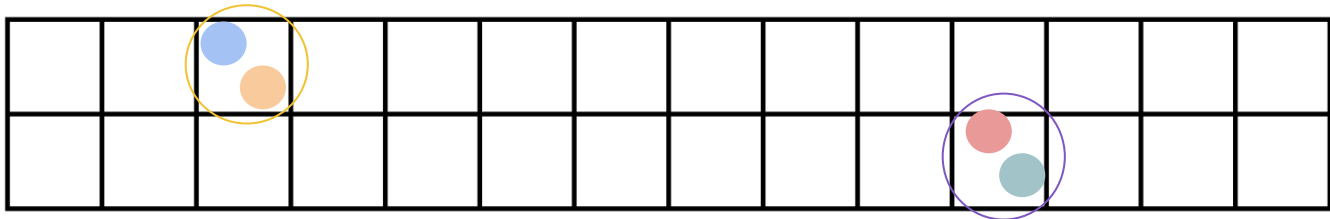
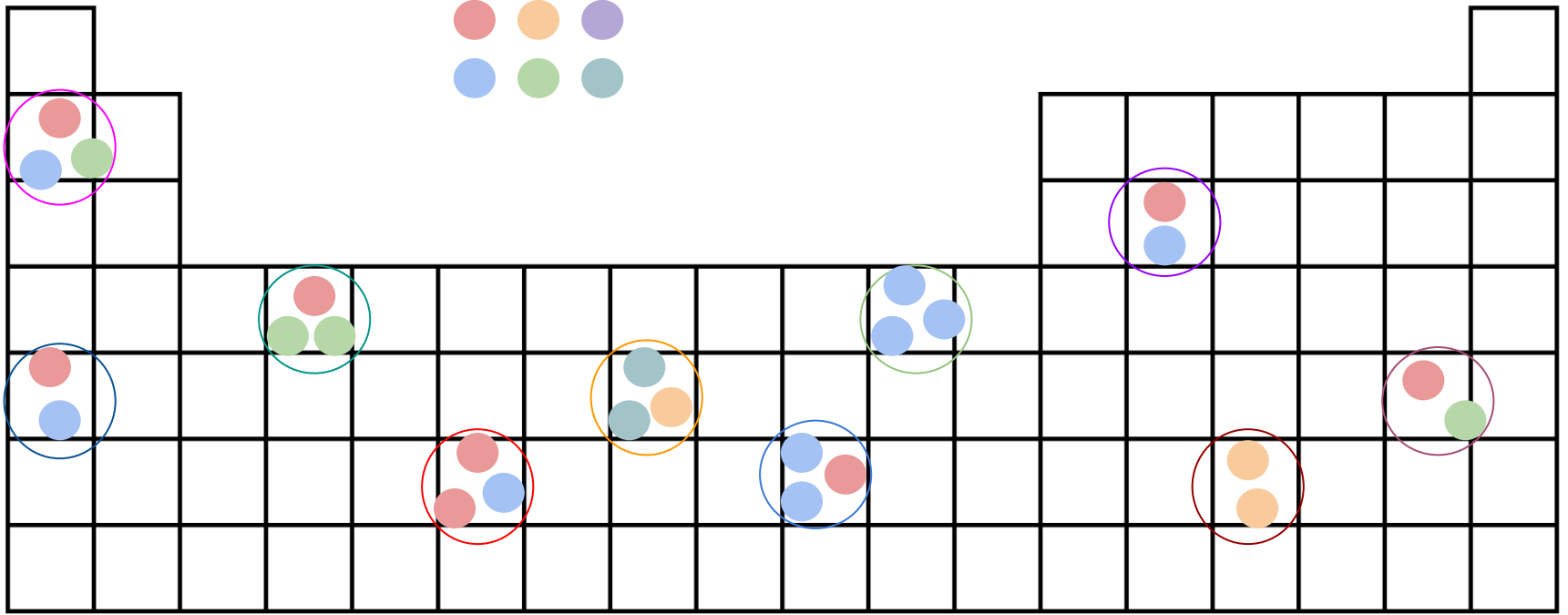
- ¿Qué os sugiere la detección de tantas partículas similares al protón y al neutrón?



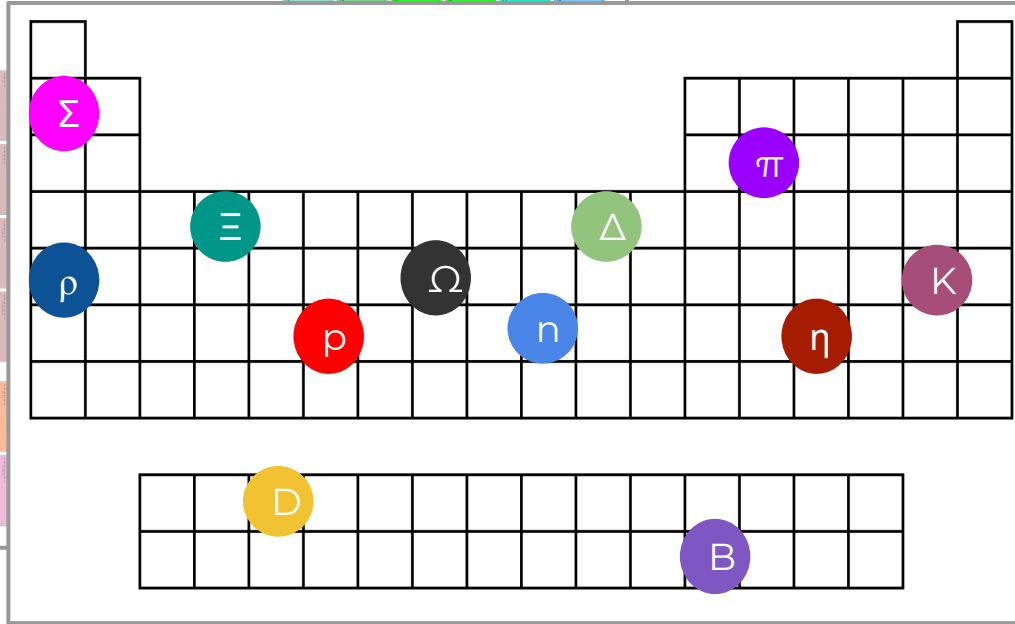
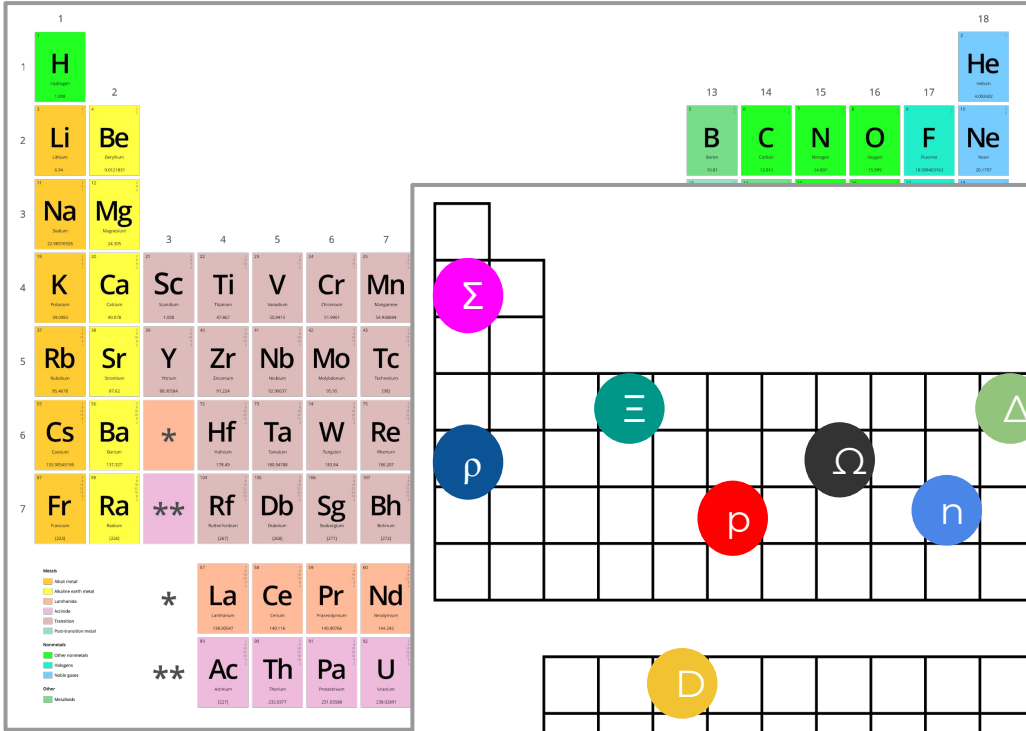


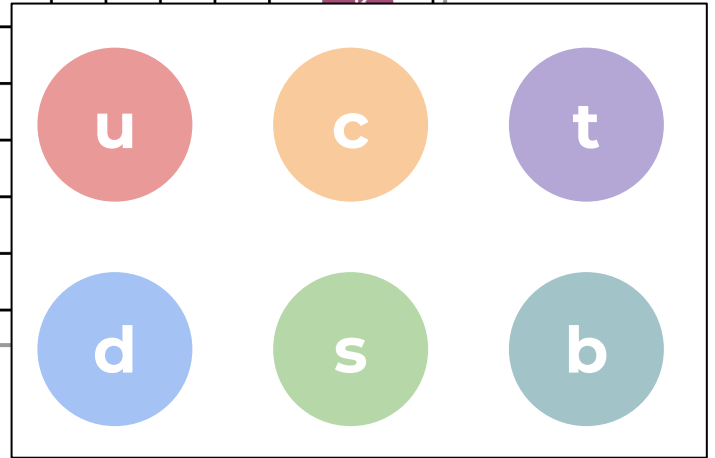
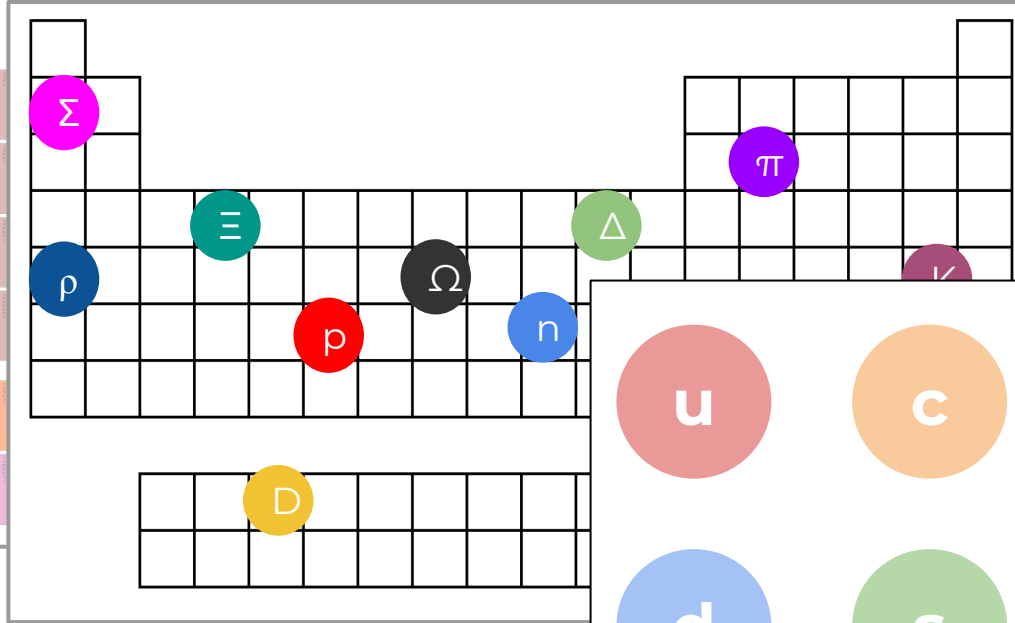
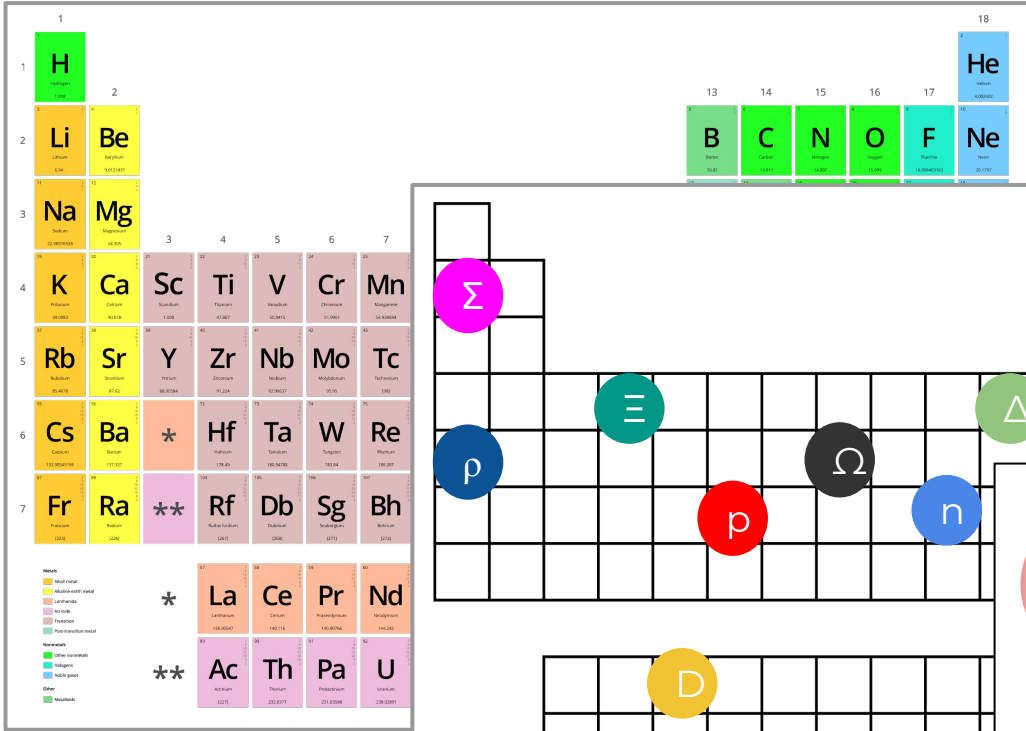


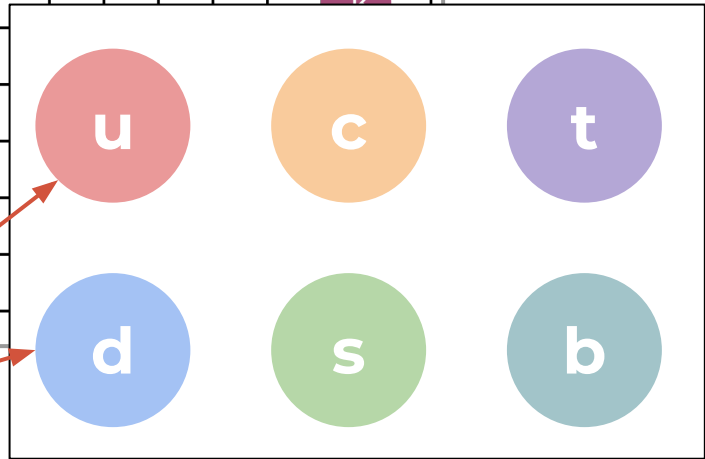
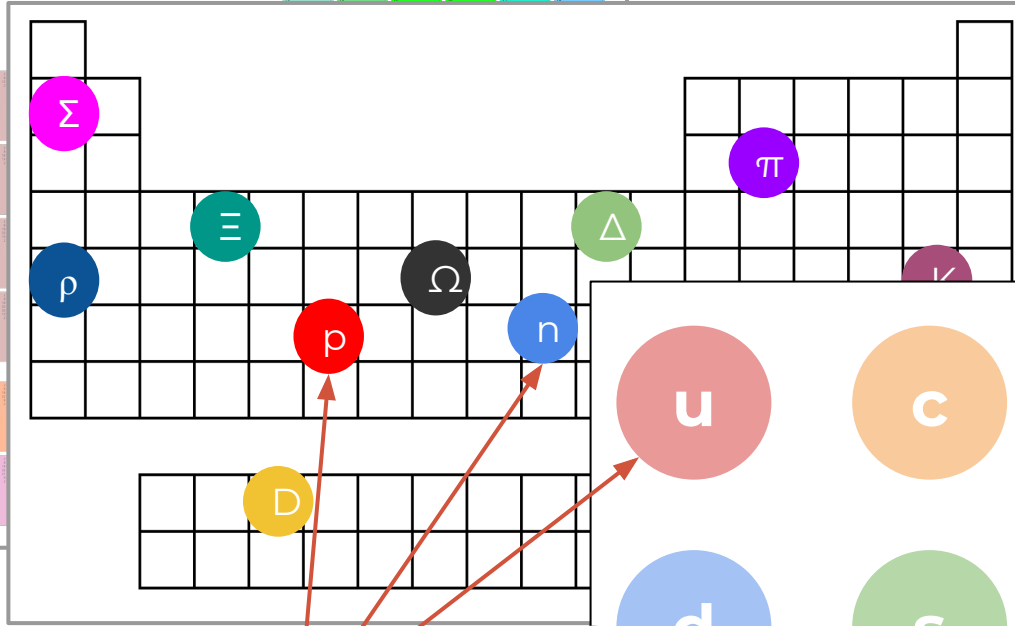
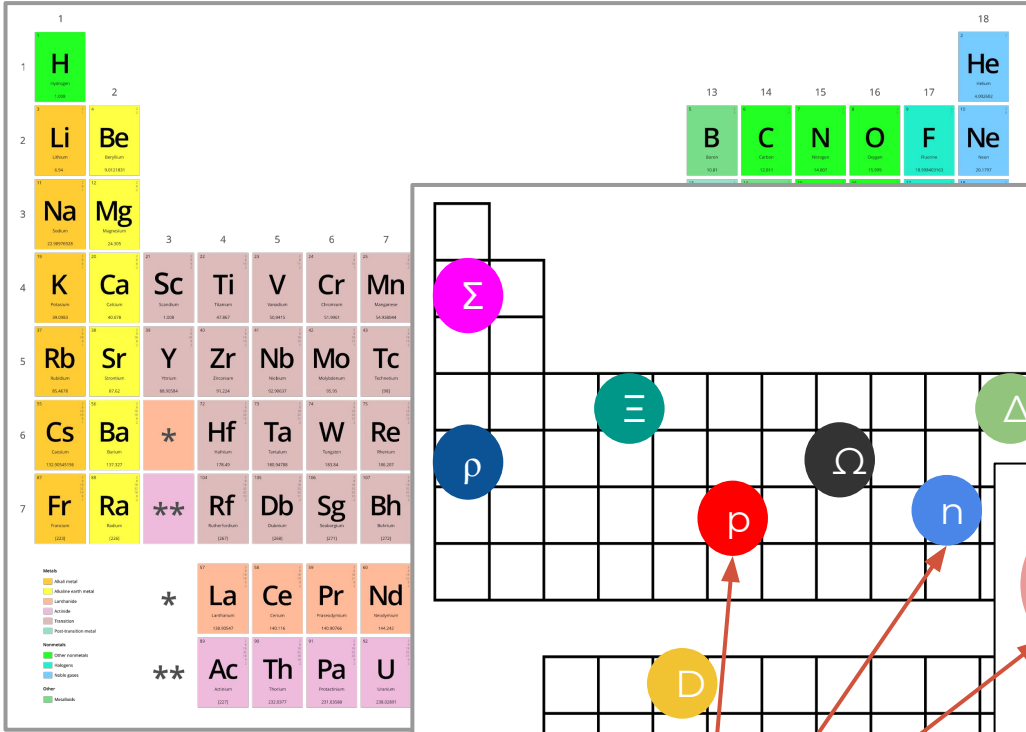




1																	18																																	
1	H Hydrogen 1.00794																	He Helium 4.002602																																
2	Li Lithium 6.941	Be Beryllium 9.012182											B Boron 10.811	C Carbon 12.011	N Nitrogen 14.007	O Oxygen 15.999	F Fluorine 18.998	Ne Neon 20.180																																
3	Na Sodium 22.98976928	Mg Magnesium 24.304											Al Aluminum 26.9815385	Si Silicon 28.0855	P Phosphorus 30.973762	S Sulfur 32.06	Cl Chlorine 35.45	Ar Argon 39.948																																
4	K Potassium 39.0983	Ca Calcium 40.078	Sc Scandium 44.955912	Ti Titanium 47.88	V Vanadium 50.9415	Cr Chromium 51.9961	Mn Manganese 54.938044	Fe Iron 55.845	Co Cobalt 58.933195	Ni Nickel 58.6934	Cu Copper 63.546	Zn Zinc 65.38	Ga Gallium 69.723	Ge Germanium 72.64	As Arsenic 74.9216	Se Selenium 78.96	Br Bromine 79.904	Kr Krypton 83.798																																
5	Rb Rubidium 85.4678	Sr Strontium 87.62	Y Yttrium 88.90584	Zr Zirconium 91.224	Nb Niobium 92.90638	Mo Molybdenum 95.94	Tc Technetium [98]	Ru Ruthenium 101.07	Rh Rhodium 101.07	Pd Palladium 106.42	Ag Silver 107.8682	Cd Cadmium 112.414	In Indium 114.818	Sn Tin 118.710	Sb Antimony 121.757	Te Tellurium 127.60	I Iodine 126.905	Xe Xenon 131.29																																
6	Cs Cesium 132.90545196	Ba Barium 137.327	*	Hf Hafnium 178.49	Ta Tantalum 180.94788	W Tungsten 183.84	Re Rhenium 186.207	Os Osmium 190.23	Ir Iridium 192.222	Pt Platinum 195.084	Au Gold 196.966569	Hg Mercury 200.59	Tl Thallium 204.38	Pb Lead 207.2	Bi Bismuth 208.9804	Po Polonium [209]	At Astatine [210]	Rn Radon [222]																																
7	Fr Francium [223]	Ra Radium [226]	**	Rf Rutherfordium [261]	Db Dubnium [262]	Sg Seaborgium [263]	Bh Bohrium [264]	Hs Hassium [265]	Mt Meitnerium [266]	Ds Darmstadtium [267]	Rg Roentgenium [268]	Cn Copernicium [269]	Nh Nihonium [270]	Fl Flerovium [277]	Mc Moscovium [278]	Lv Livermorium [279]	Ts Tennessine [284]	Og Oganesson [286]																																
Metals ■ Alkali metal ■ Alkaline earth metal ■ Lanthanide ■ Actinide ■ Transition ■ Post-transition metal Nonmetals ■ Other nonmetals ■ Halogen ■ Noble gas Other ■ Metalloid				<table border="1"> <tr> <td>*</td> <td>La Lanthanum 138.90547</td> <td>Ce Cerium 140.116</td> <td>Pr Praseodymium 140.90768</td> <td>Nd Neodymium 144.242</td> <td>Pm Promethium [145]</td> <td>Sm Samarium 150.36</td> <td>Eu Europium 151.964</td> <td>Gd Gadolinium 157.25</td> <td>Tb Terbium 158.92535</td> <td>Dy Dysprosium 162.5003</td> <td>Ho Holmium 164.93032</td> <td>Er Erbium 167.256</td> <td>Tm Thulium 168.93402</td> <td>Yb Ytterbium 173.054</td> <td>Lu Lutetium 174.967</td> </tr> <tr> <td>**</td> <td>Ac Actinium [227]</td> <td>Th Thorium 232.0377</td> <td>Pa Protactinium 231.03688</td> <td>U Uranium 238.02891</td> <td>Np Neptunium [237]</td> <td>Pu Plutonium [244]</td> <td>Am Americium [243]</td> <td>Cm Curium [247]</td> <td>Bk Berkelium [247]</td> <td>Cf Californium [251]</td> <td>Es Einsteinium [252]</td> <td>Fm Fermium [257]</td> <td>Md Mendelevium [258]</td> <td>No Nobelium [259]</td> <td>Lr Lawrencium [262]</td> </tr> </table>															*	La Lanthanum 138.90547	Ce Cerium 140.116	Pr Praseodymium 140.90768	Nd Neodymium 144.242	Pm Promethium [145]	Sm Samarium 150.36	Eu Europium 151.964	Gd Gadolinium 157.25	Tb Terbium 158.92535	Dy Dysprosium 162.5003	Ho Holmium 164.93032	Er Erbium 167.256	Tm Thulium 168.93402	Yb Ytterbium 173.054	Lu Lutetium 174.967	**	Ac Actinium [227]	Th Thorium 232.0377	Pa Protactinium 231.03688	U Uranium 238.02891	Np Neptunium [237]	Pu Plutonium [244]	Am Americium [243]	Cm Curium [247]	Bk Berkelium [247]	Cf Californium [251]	Es Einsteinium [252]	Fm Fermium [257]	Md Mendelevium [258]	No Nobelium [259]	Lr Lawrencium [262]
*	La Lanthanum 138.90547	Ce Cerium 140.116	Pr Praseodymium 140.90768	Nd Neodymium 144.242	Pm Promethium [145]	Sm Samarium 150.36	Eu Europium 151.964	Gd Gadolinium 157.25	Tb Terbium 158.92535	Dy Dysprosium 162.5003	Ho Holmium 164.93032	Er Erbium 167.256	Tm Thulium 168.93402	Yb Ytterbium 173.054	Lu Lutetium 174.967																																			
**	Ac Actinium [227]	Th Thorium 232.0377	Pa Protactinium 231.03688	U Uranium 238.02891	Np Neptunium [237]	Pu Plutonium [244]	Am Americium [243]	Cm Curium [247]	Bk Berkelium [247]	Cf Californium [251]	Es Einsteinium [252]	Fm Fermium [257]	Md Mendelevium [258]	No Nobelium [259]	Lr Lawrencium [262]																																			







Átomos: materia estable

u

c

t

d

s

b

e

μ

τ

Fuerza electromagnética
 γ (fotón)

Escenificad de nuevo el núcleo atómico, pero ahora teniendo en cuenta que los protones están compuestos por estas nuevas partículas llamadas quarks:

- ¿Cómo deberían interaccionar estos para evitar la repulsión eléctrica?

Escenificad de nuevo el núcleo atómico, pero ahora teniendo en cuenta que los protones están compuestos por estas nuevas partículas llamadas quarks:

- ¿Cómo deberían interaccionar estos para evitar la repulsión eléctrica?

Perfilad las características de esta interacción sobre la corporeización:

- ¿Cuál es su intensidad?
- ¿Se da igual entre los quarks de un mismo protón que entre protones vecinos?
- ¿Qué alcance debe tener?
- ¿Qué papel tienen los neutrones?

u

c

t

d

s

b

e

μ

τ

Fuerza electromagnética
 γ (fotón)

Fuerza fuerte
g (gluón)

¿Cómo interactúan las partículas?

¿Cuál es la diferencia entre la fuerza que se hace al tirar de una cuerda atada a una silla y hacer que ésta se desplace, y la que se hace al coger un imán y hacer que unas limaduras de hierro se desplacen?

Estando a distancia, ¿cómo podríamos hacer para repelernos sin tocarnos? ¿Cómo podríamos escenificarlo?

En la representación, analizad:

- Qué representa el objeto que lanzáis
- ¿Cómo debería ser ese objeto en las distintas interacciones que conocéis?
- Cómo refinar el movimiento del lanzador y del que coge el objeto

Estando a distancia, ¿cómo podríamos hacer para repelernos sin tocarnos? ¿Cómo podríamos escenificarlo?

En la representación, analizad:

- Qué representa el objeto que lanzáis
- ¿Cómo debería ser ese objeto en las distintas interacciones que conocéis?
- Cómo refinar el movimiento del lanzador y del que coge el objeto

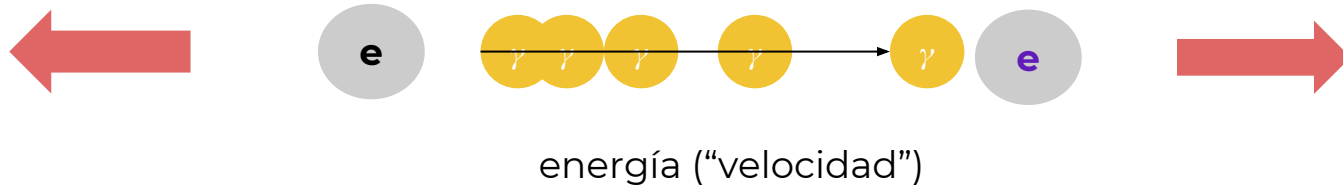
A continuación:

- Imaginad que no podéis usar ningún objeto, si sólo contáis con el medio en el que estáis, ¿cómo podéis transmitir momento al compañero?

En realidad todas las fuerzas son “iguales”



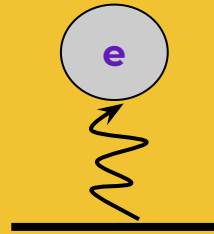
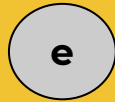
En realidad todas las fuerzas son “iguales”





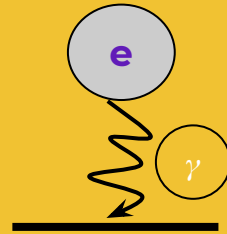
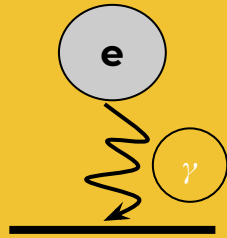








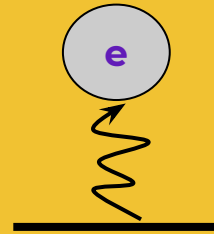
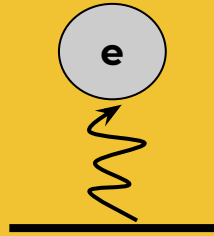


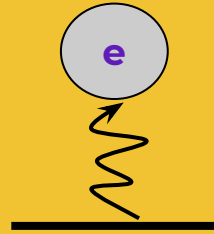
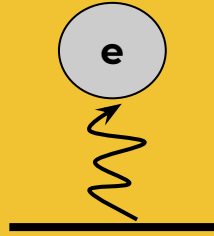
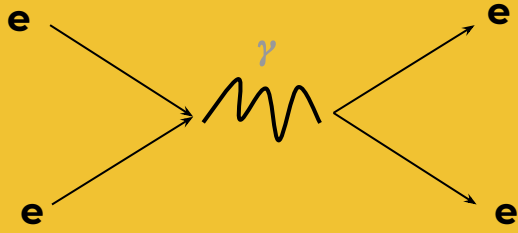


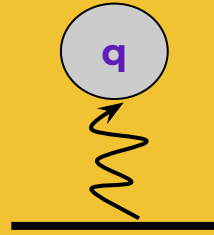
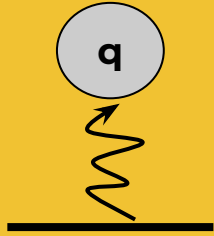
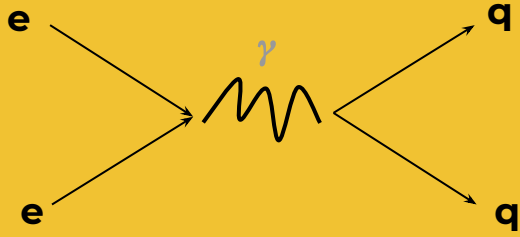


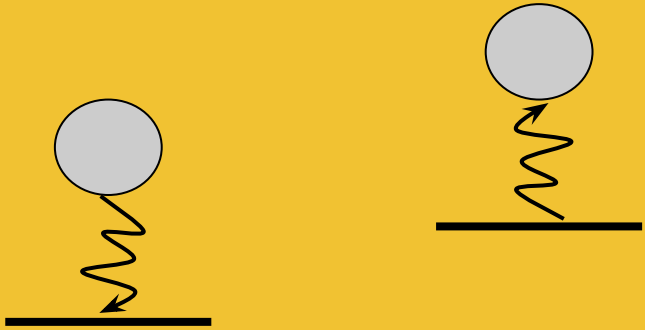






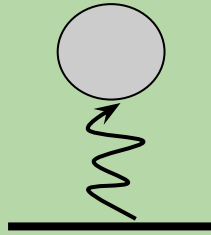
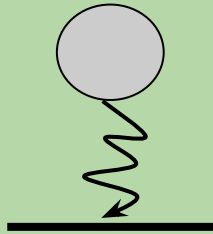


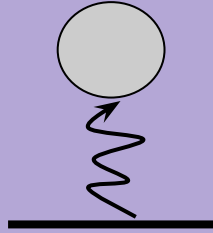
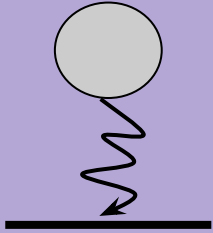


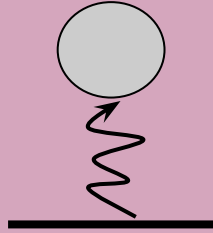
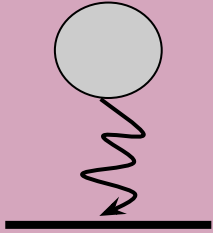


Campo fuerte

g







¿Nueva partícula?

neutrón \rightarrow protón + electrón + energía perdida

Después de leer la carta de Pauli, ¿pensáis que la partículas que él llamó “neutrón” es el mismo neutrón que conocemos nosotros?

Fuerza electromagnética vs fuerza fuerte



¿Por qué crees que la energía para mantener un protón y un neutrón unidos es menor que la de mantener dos protones?

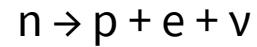
Fuerza electromagnética vs fuerza fuerte



¿Por qué crees que la energía para mantener un protón y un neutrón unidos es menor que la de mantener dos protones?

¿Crees que en algún momento esto podría ser al contrario? ¿En qué caso?

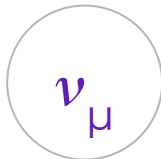
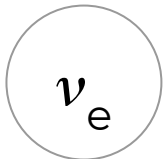
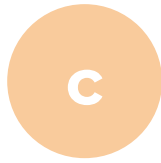
Interacción débil, neutrinos



Radioactividad

Masa 0, carga eléctrica 0

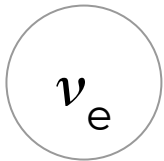
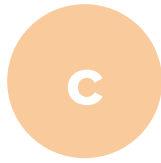
Muy abundantes en el Universo (cada segundo nos atraviesan 10^{14} neutrinos que vienen del Sol)



Fuerza electromagnética
 γ (fotón)

Fuerza fuerte
g (gluón)

Fuerza débil
W, Z



Fuerza electromagnética
 γ (fotón)

Fuerza fuerte
g (gluón)

Fuerza débil
W, Z

*Fuerza gravitatoria
gravitón???*

Tipo de interacción	Intensidad	Alcance
Fuerte	1	10^{-15}
Electromagnética	10^{-3}	∞
Débil	10^{-5}	10^{-18}
Gravitatoria	10^{-38}	∞

Antimateria

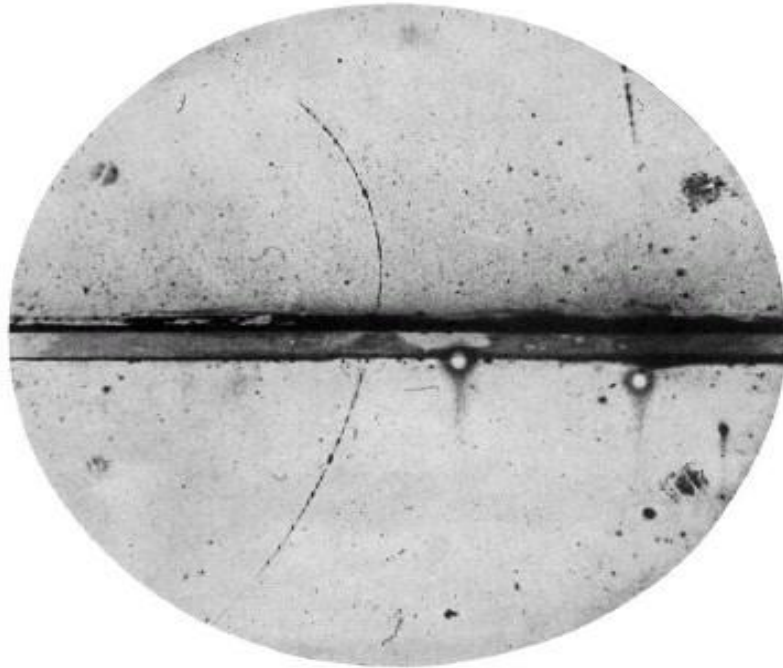
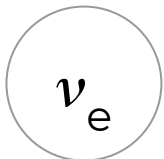


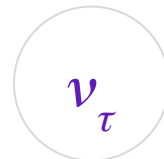
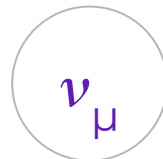
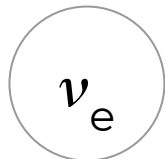
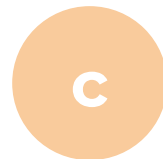
FIG. 1. A 63 million volt positron ($H_p = 2.1 \times 10^6$ gauss-cm) passing through a 6 mm lead plate and emerging as a 23 million volt positron ($H_p = 7.5 \times 10^4$ gauss-cm). The length of this latter path is at least ten times greater than the possible length of a proton path of this curvature.

$$e^{-} e^{+} \longrightarrow \gamma$$

Partículas

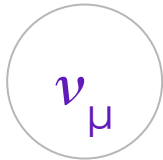
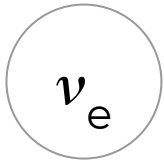
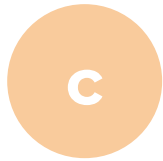


Antipartículas



Si la materia y la antimateria se aniquilan cuando chocan, ¿qué proporción de materia y antimateria debía haber en el Big Bang si ahora estamos en un Universo formado de materia?

¿Qué aplicaciones tiene la materia en nuestra sociedad?



Fuerza electromagnética
 γ (fotón)

Fuerza fuerte
g (gluón)

Fuerza débil
W, Z

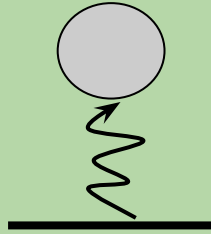
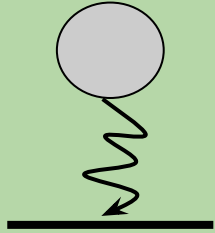
*Fuerza gravitatoria
gravitón???*

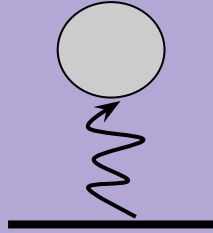
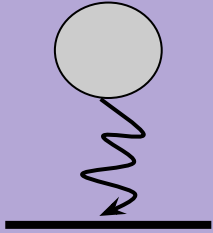
¿Qué define una partícula?

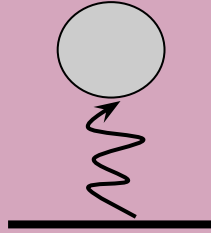
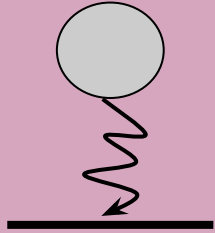
Que forma materia

Que interacciona

Tiene masa
Tiene carga







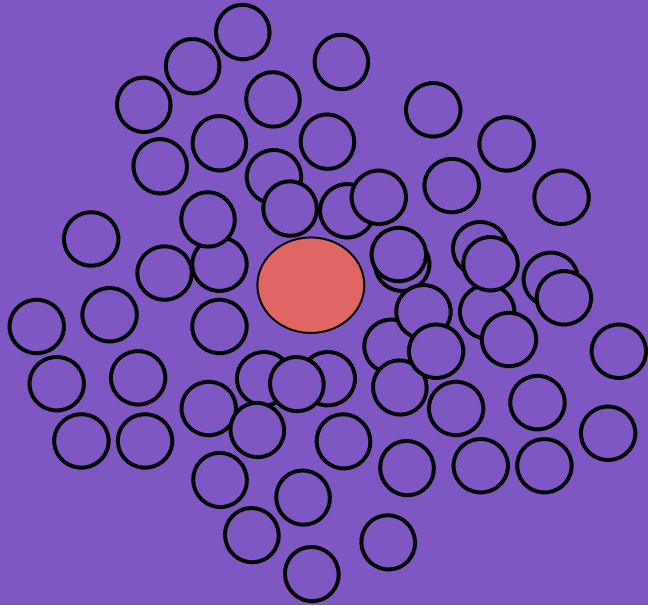
¿Pero y la masa?

Escenificad, participando todos, las siguientes dos situaciones:

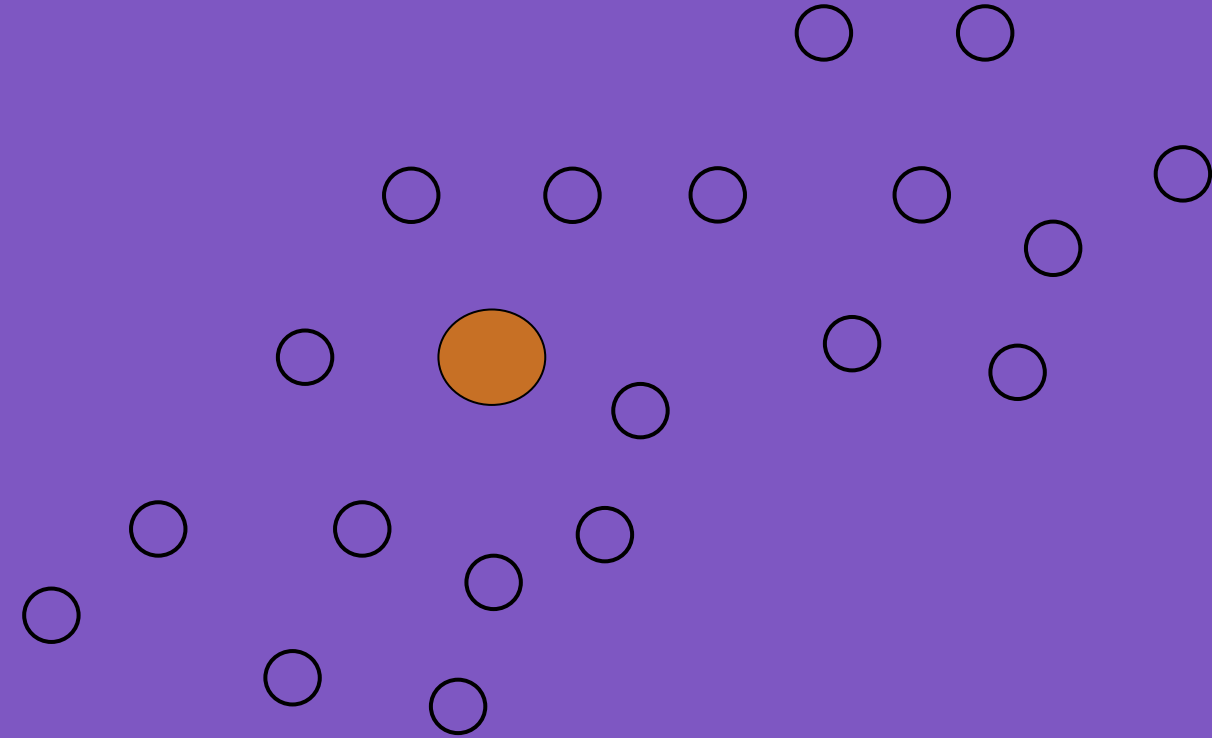
- Primero, una persona famosa entra en una cafetería y quiere dirigirse a la mesa del fondo.
- Después, una persona no conocida hace lo mismo.

- ¿Cómo diferenciaríais ambas situaciones en una representación teatral?
- ¿Qué analogías podéis encontrar en la representación con la masa de las partículas?

Un problema de la teoría...



Nuevo campo de fuerzas
HIGGS





Fuerza electromagnética
 γ (fotón)

Fuerza fuerte
g (gluón)

Fuerza débil
W, Z

Fuerza gravitatoria
gravitón???

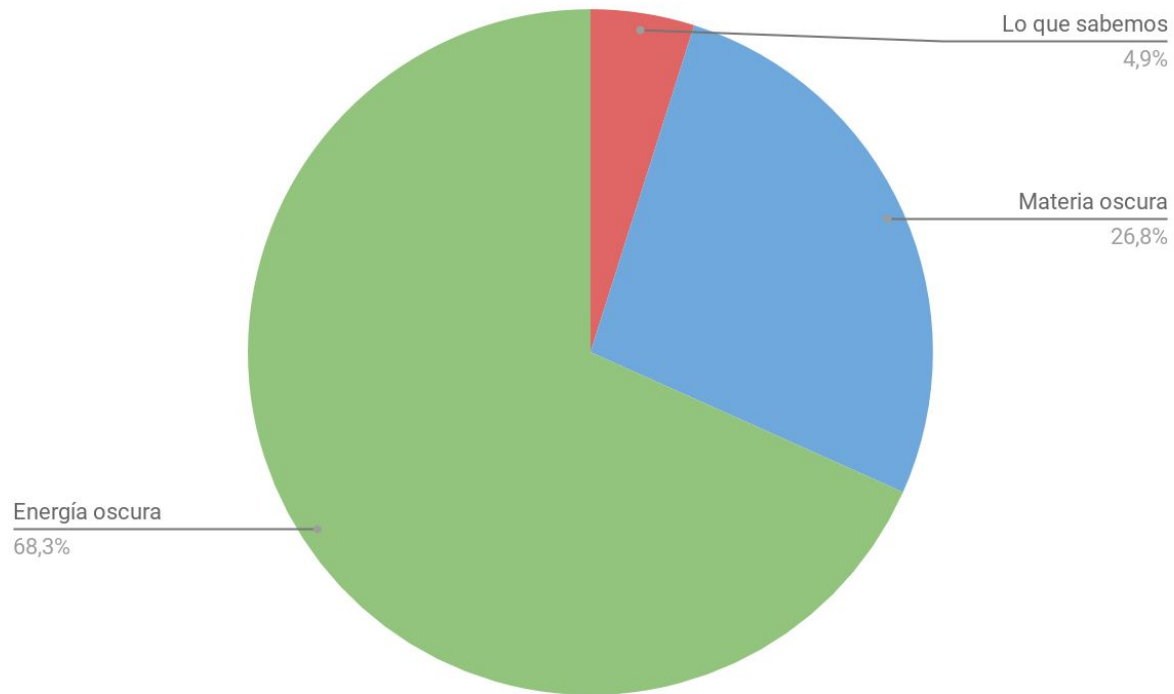
Interacción

H

Masa

¿Está el puzle terminado?

No...



No...

Explicar la materia oscura y la energía oscura

Integrar la gravedad en la teoría cuántica

GUT (Gran Unificación)

SUSY

Dimensiones extra

...

No...

¿Por qué algunas interacciones del modelo no están permitidas?

¿Por qué las partículas tienen masas tan diferentes si vienen del mismo tipo de interacción con el Higgs?

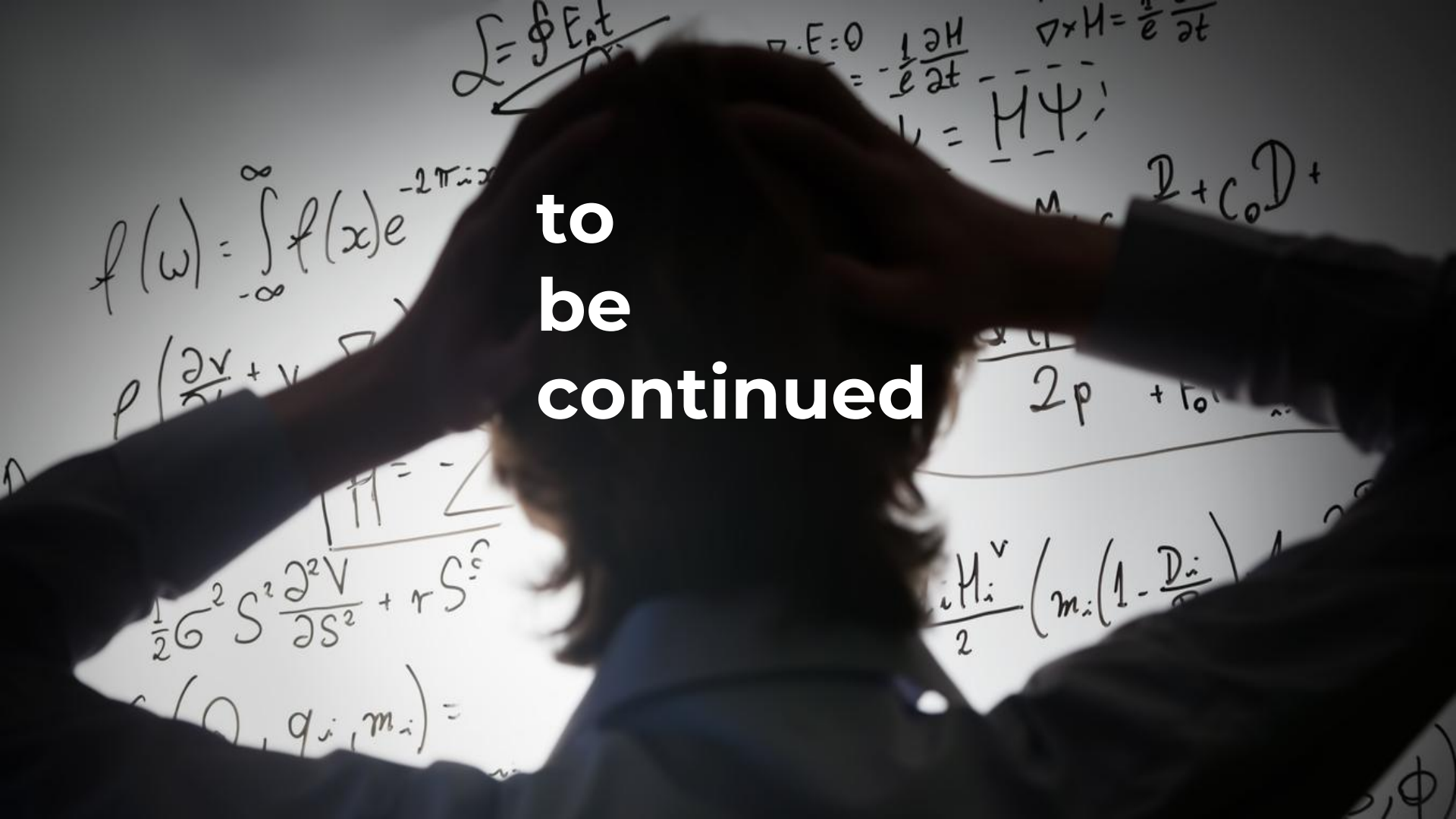
¿Cómo explicamos la asimetría entre materia y antimateria?

¿Cómo incorporamos los neutrinos con masa?

¿Hay más Higgs?

...

Tenemos un puzle correcto pero incompleto

A person is shown from the chest up, with their hands pressed against their temples in a gesture of stress or frustration. They are positioned in front of a whiteboard that is densely covered with handwritten mathematical equations. The equations include the Lagrangian $\mathcal{L} = \phi E_{at}$, the wave function $\psi = H\psi$, the Fourier transform $f(\omega) = \int_{-\infty}^{\infty} f(x)e^{-2\pi i x \omega}$, the Schrödinger equation $\frac{1}{2} \sigma^2 S^2 \frac{\partial^2 V}{\partial S^2} + r S^2 \dots$, and the Hamiltonian $H_i^v = \frac{m_i (1 - \frac{D_i}{\sigma_i})}{2}$. The overall scene suggests a complex problem in physics or mathematics that is causing the person significant mental strain.

**to
be
continued**

Bibliografía

Tuzón, P., & Solbes, J. (2014). *Análisis de la enseñanza de la estructura e interacciones de la materia según la física moderna en primero de bachillerato. Didáctica de Las Ciencias Experimentales Y Sociales*, 4379(28), 175–195.

Moreira, M., & Ostermann, F. (2000). *Física contemporánea en la escuela secundaria: una experiencia en el aula involucrando formación de profesores. Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas*, 18(3), 391–404.

Aubrecht, G. J. (1989). *Redesigning courses and textbooks for the twenty-first century. American Journal of Physics*, 57(4), 352.

Barlow, R. (2000). *Particle physics: from school to university. Physics Education*, 27(2), 92–95.

Tuzón, P., & Solbes, J. (2016). *Particle Physics in High School: A Diagnose Study. PLOS ONE*, 11(6), e0156526.

Ornek, F. (2008). *Models in Science Education: Applications of Models in Learning and Teaching Science. International Journal of Environmental and Science Education*, 3(2), 35–45.

Louca, L. T., & Zacharia, Z. C. (2012). *Modeling-based learning in science education: cognitive, metacognitive, social, material and epistemological contributions. Educational Review*, 64(4), 471–492. <http://doi.org/10.1080/00131911.2011.628748>

Bibliografía

Justi, R. S., & Gilbert, J. K. (2002). Modelling, teachers' views on the nature of modelling, and implications for the education of modellers. International Journal of Science Education, 24(4), 369–387.

Van Driel, J. H., & Verloop, V. (2002). Experienced teachers' knowledge of teaching and learning of models and modelling in science education. International Journal of Science Education, 24(12), 1255–1272.

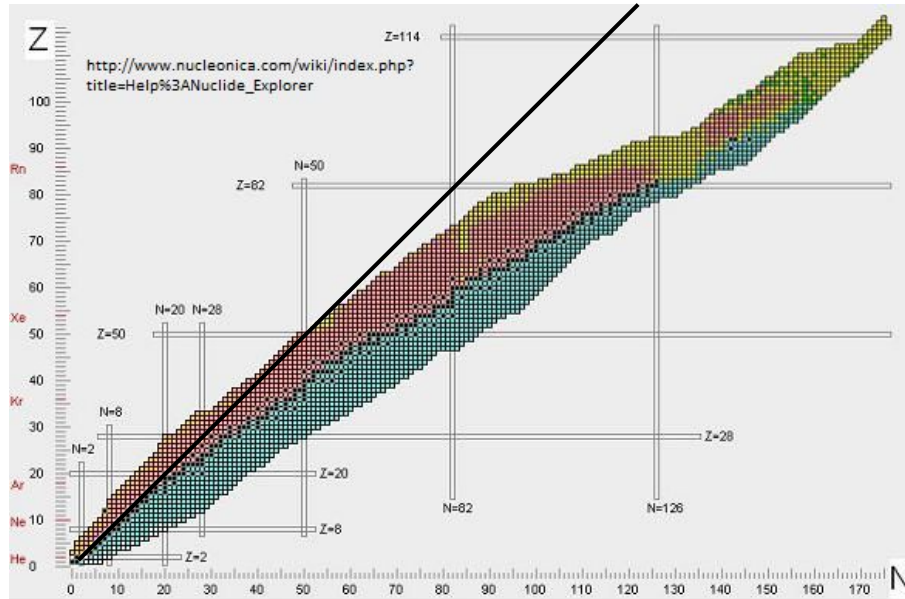
Vosniadou, S. (2013). Model based reasoning and the learning of counter-intuitive science concepts. Infancia Y Aprendizaje, 36(1), 5–33.

Etkina, E., Warren, A., & Gentile, M. (2006). The Role of Models in Physics Instruction. The Physics Teacher, 44(1), 34–39.

Solbes, J., & Tuzon, P. (2017). La modelización usando corporeización en la Enseñanza de las Ciencias. Enseñanza de Las Ciencias: Revista de Investigación Y Experiencias Didácticas, extra, 587–594.

**Posibles
aclaraciones**

Núcleos estable



$N \sim Z$ (diagonal) domina la fuerte

Para núcleos grandes (muchos protones) aumenta la repulsión eléctrica, por tanto:

- Necesitaremos en general menos protones que neutrones
- Para $Z \gg N$, $Z \ll N$ (más neutrones necesita para ser “estable”)

Comentario sobre isospín del núcleo:

- Simetría p-n: masas y fuerza fuerte similares
- Núcleos grandes: Se rompe la simetría de isospín