
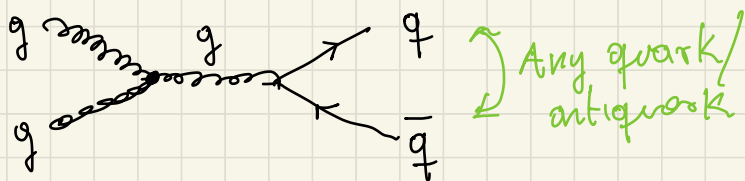


• Ahora que conocemos a las partículas, veamos cómo se agrupan bajo las fuerzas:

- Fuerza fuerte:

→ Solo los quarks; carga de color 

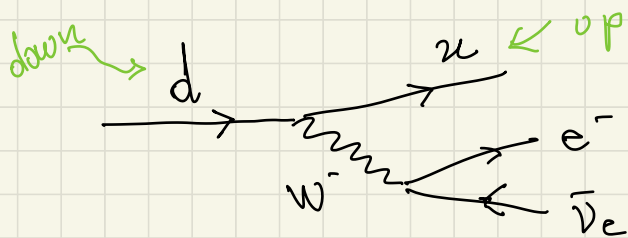
→ El gluón es el mediador de esta fuerza.



- Fuerza débil

→ Quarks y leptones

→ Mediadores: W^\pm , Z^0 .



$$Q_i = -\frac{1}{3}$$

$$Q_f = \frac{2}{3} - 1 = -\frac{1}{3}$$

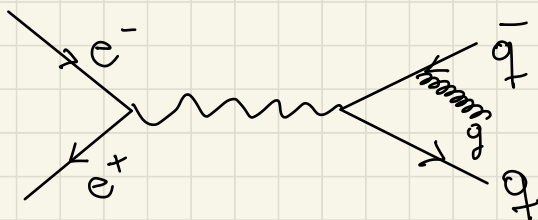
¿Qué pasó con la carga eléctrica?

• En un momento respondemos esto. Solo recordemos que debe conservarse.

- Fuerza Electromagnética

→ Todo lo que tenga carga eléctrica.

→ El fotón (γ) es el mediador.



Nota: la gravedad afecta a todas las partículas con masa, pero la seguiremos ignorando.

2.2. Leptones

• En esta sección, nos enfocaremos en partículas que interactúan débilmente + EM. (opcional)

• Los leptones cargados son:

$$e^-, \mu^-, \tau^-,$$

con

$$m_e \approx 0.511 \text{ MeV}, m_\mu \approx 105.7 \text{ MeV}, m_\tau \approx 1.7 \text{ GeV}.$$

• Estas interactúan: weak + EM.

• Es sabido que el electrón es estable,

mientras que el muón y tau viven
 $2.2\mu s$ y $2.9 \times 10^{-13}s$,
respectivamente.

- Los neutrinos no cuentan con carga, pero interactúan débilmente.

Su masa es muy pequeña, y se justifica por medio de oscilaciones de neutrinos, que resuelve el problema de los neutrinos solares TAREA

- Los leptones son partículas fermiónicas y tienen espín $1/2$.

Su dinámica es descrita por la ecuación de Dirac.

¡ Antipartículas!

$$(i\gamma^\mu \partial_\mu - m) \psi = 0 \quad (2.2)$$

con γ^μ matrices gamma, ∂_μ derivada parcial, m la masa y ψ un espinor.

- Derivar y encontrar soluciones a (2.2) está fuera del scope, pero algo habrá de tarea. TAREA.
- Una cantidad de interés es el número leptónico.

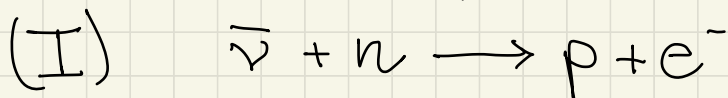
Es un número cuántico conservado que mide la diferencia de leptones y antileptones.

Se define como :

$$L = n_l - n_{\bar{l}} \quad (2.3)$$

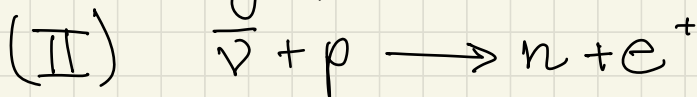
con n_l el número de leptones y $n_{\bar{l}}$ el número de antileptones.

- El número leptónico se introdujo para explicar la ausencia del proceso :



en el experimento Cowan-Reines. ← neutrinos confirmados

En su lugar, se observó :



que es el inverse beta decay.

- En el caso I tenemos :

$$L_i = -1, \quad L_f = +1$$

$$\rightarrow \Delta L = L_f - L_i = 2$$

Para el II :

$$L_i = -1, \quad L_f = -1$$

$$\Delta L = 0.$$

Además, cada familia leptónica tiene su número leptónico también:

$$L_e: \begin{matrix} \nu_e \\ e^- \end{matrix}, \quad L_\mu: \begin{matrix} \nu_\mu \\ \mu^- \end{matrix}, \quad L_\tau: \begin{matrix} \nu_\tau \\ \tau^- \end{matrix}.$$

Estos NO siempre se conservan, como en el caso de oscilación de neutrinos.

Lo que sí se conserva es el total lepton number

$$L = L_e + L_\mu + L_\tau \quad (2.4)$$

Ejemplos:

$$\mu^- \rightarrow e^- + \bar{\nu}_e + \nu_\mu$$

$$\mu^+ \rightarrow e^+ + \nu_e + \bar{\nu}_\mu$$

$$\tau^- \rightarrow \mu^- + \bar{\nu}_\mu + \nu_\tau$$

Un caso interesante:

=> Neutrinoless double beta decay (0νββ)

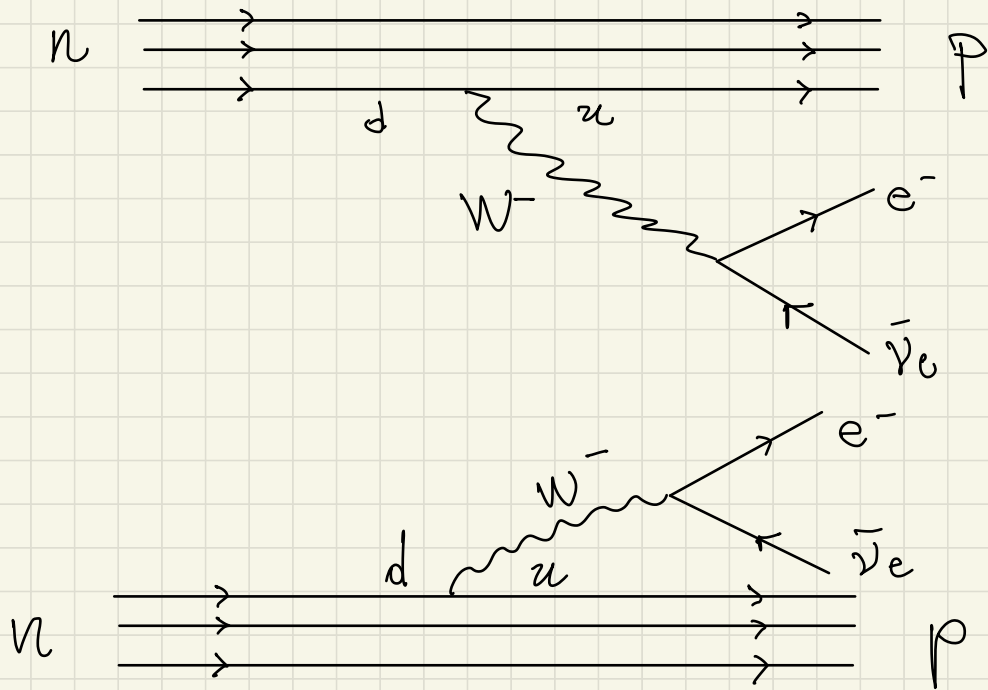
Esto es solo posible si el neutrino es una partícula Majorana.

TAREA

Si esto sucediera, tendríamos $\Delta L = +2$.

\rightarrow ¡Malo!

En el double beta decay convencional tenemos:



Entonces,

$$n + n \rightarrow p + p + e^{-} + e^{-} + \bar{\nu}_e + \bar{\nu}_e$$
$$\Delta L = 0 \quad \checkmark$$

Hasta ahora no se ha observado $0\nu\beta\beta$. \Downarrow