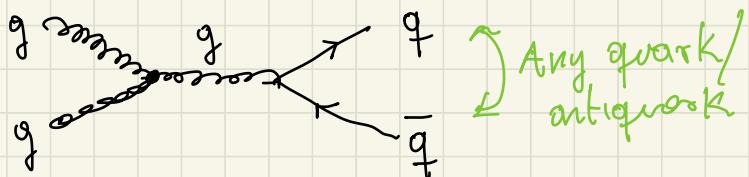


• Ahora que conocemos a las partículas, veamos cómo se agrupan bajo las fuerzas:

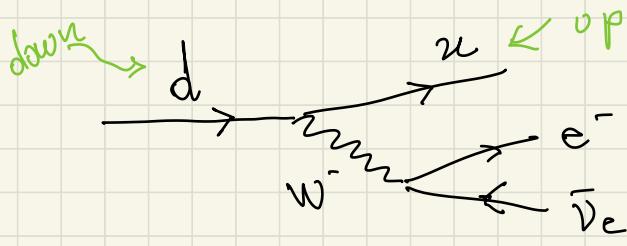
- Fuerza fuerte:

- Solo los quarks ; carga de color
- El gluón es el mediador de esta fuerza.



- Fuerza débil

- Quarks y leptones
- Mediadores : W^\pm , Z^0 .



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

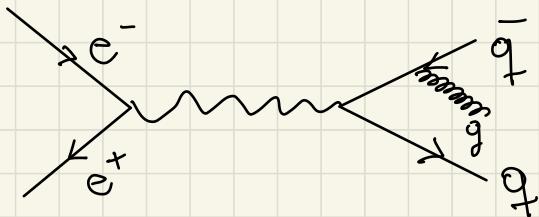
$$Q_f = \frac{2}{3} - 1 = -\frac{1}{3}$$

¿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 acaban 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 **TAREA** solares

- Los leptones son partículas fermiónicas y tienen espín $\frac{1}{2}$.

Su dinámica es descrita por la ecuación de Dirac.

i 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 espínor.

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

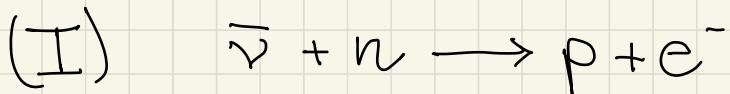
Es un número cuántico conservado que mide la diferencia de leptones y antileptones.

se define como :

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

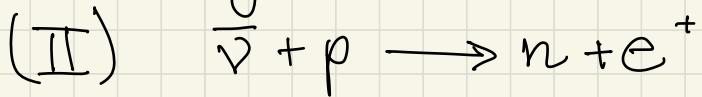
con n_l el número de leptones y $n_{\bar{l}}$ el número de antileptones.

- 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 :

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

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

Para el II :

$$L_i = -1, L_f = -1$$

$$\Delta L = 0.$$

Además, cada familia leptónica tiene su número leptónico también:

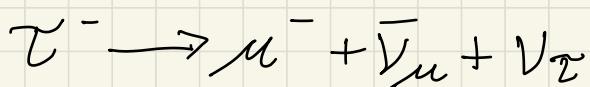
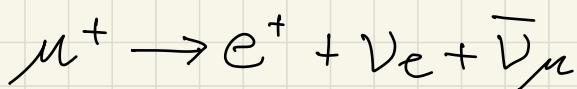
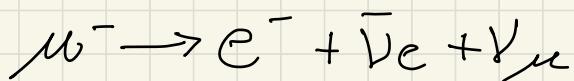
$$L_e : \frac{\nu_e}{e^-}, L_\mu : \frac{\nu_\mu}{\mu^-}, L_\tau : \frac{\nu_\tau}{\tau^-}.$$

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:



Un caso interesante:

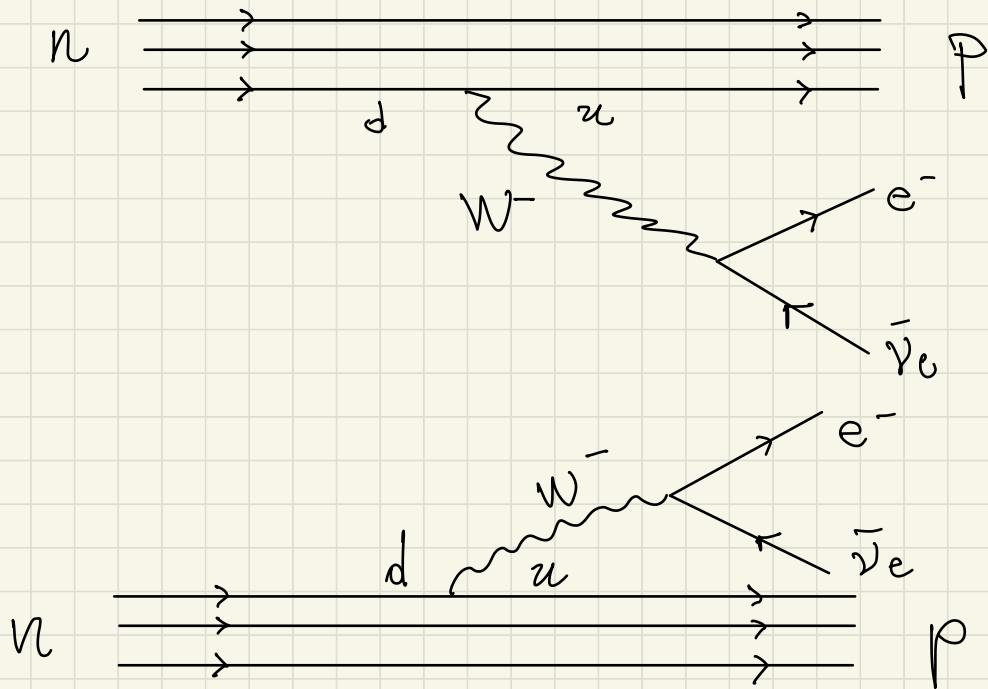
\Rightarrow Neutrinoless double beta decay ($0\nu\beta\beta$)

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

TAREA

Si esto sucediera, tendríamos $\Delta L = +2$.
→ ¡Malo!

En el doble beta decay convencional tenemos:



Entonces,

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

Hasta ahora no se ha observado $\text{O}\nu\beta\beta$. ↗