

## Número bariónico

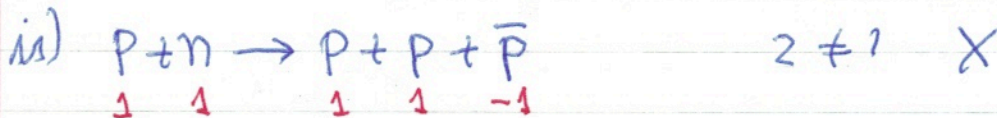
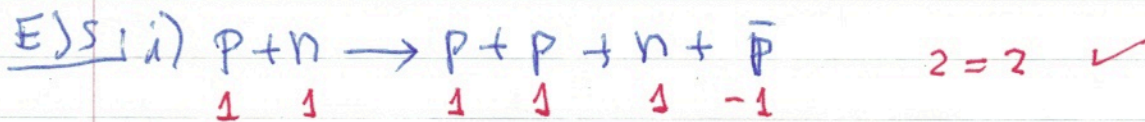
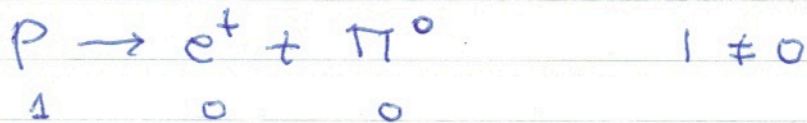
Se asigna  $B = +1$  a todos los bariones

$B = -1$  a todos los anti-bariones

$B = 0$  todo el resto

"Durante una reacción nuclear o decaimiento, la suma de los # bariónicos antes y después del proceso debe ser el mismo"

Consecuencia: estabilidad del protón



} ojo; proton necesita suficiente energía

## Número leptónico

↳ 3 leyes de conservación, una para cada variedad de leptón

## Número bariónico

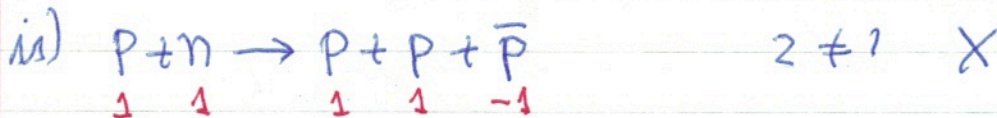
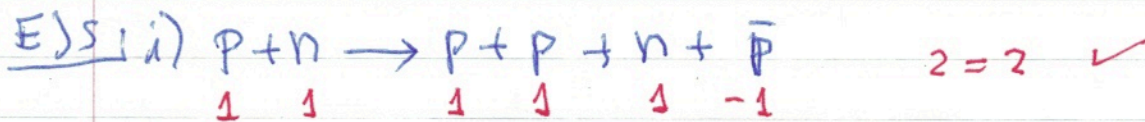
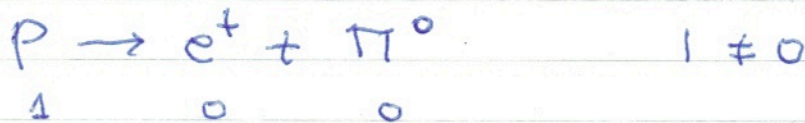
Se asigna  $B = +1$  a todos los bariones

$B = -1$  a todos los anti-bariones

$B = 0$  todo el resto

"Durante una reacción nuclear o decaimiento, la suma de los # bariónicos antes y después del proceso debe ser el mismo"

Consecuencia: estabilidad del protón



} ojo; proton necesita suficiente energía

## Número leptónico

↳ 3 leyes de conservación, una para cada variedad de leptón



### Ejemplo

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

Como están involucrados un muón y un  $e^-$ ,  
 $L_\mu$  y  $L_e$  deben conservarse.

$$L_\mu: \quad 1 \rightarrow 0 + 0 + 1 \quad 1 = 1 \quad \checkmark$$

$$L_e: \quad 0 \rightarrow 1 - 1 + 0 \quad 0 = 0 \quad \checkmark$$

$\therefore$  EL decaimiento es posible

$$\pi^+ \rightarrow \mu^+ + \nu_\mu + \nu_e$$

$$L_e: \quad 0 \rightarrow 0 + 0 + 1 \quad 0 = 1 \quad \times$$

$$L_\mu: \quad 0 \rightarrow -1 + 1 + 0 \quad 0 = 0 \quad \checkmark$$

decaim. no es posible.

## Partículas extrañas y extrañeza

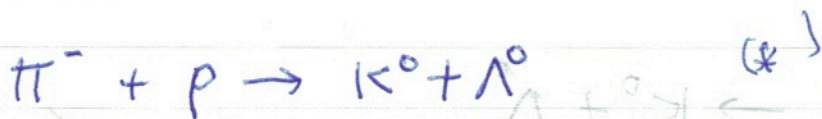
1950. Interac. de  $\pi$  con  $p$  y  $n$  en la atmósfera

→ 3 partículas inusuales.

KAON ( $K$ ), Lambda ( $\Lambda$ ) y Sigma ( $\Sigma$ )

"extrañas"

(i) cuando  $\pi$  choca con un  $p$ , casi siempre se producen 2 partíc. extrañas neutras.



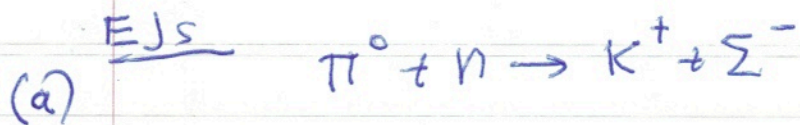
(ii) la reacción  $\pi^- + p \rightarrow K^0 + n$  nunca se observó a pesar de ser posible.

(iii) A pesar de ser producidos por interacciones fuertes, decaen muy lentosamente,  $10^{-10} - 10^{-8}$  s en comparación con  $10^{-20}$  típicos.

Se inventó una ley de conservación de la extrañeza, con un nuevo # cuántico  $S$

La producción de partíc. extrañas en pares se explica asignando  $S=+1$  a una de las partículas y  $S=-1$  a la otra (\*). Los partículas no-extrañas poseen  $S=0$





left:  $S = 0 + 0 = 0$

right:  $S = 1 - 1 = 0$

$\therefore$  se conserva  $S$  y la reacción es permitida



int:  $S = 0 + 0 = 0$

final  $S = 0 + (+1) = +1$

NO se conserva  $S$ .

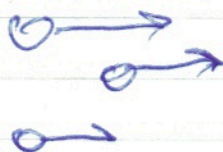


## Midiendo los partículas elementales

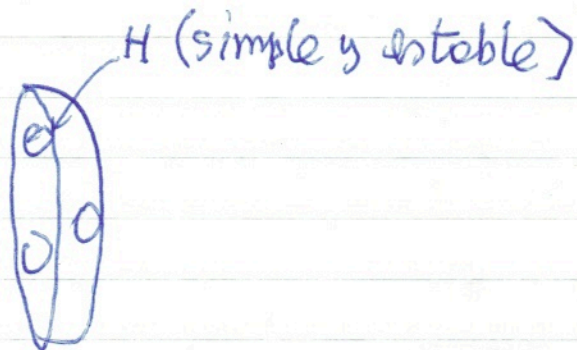
~~muchos~~ gran número, variedad de masas, tiempos de vida q' pueden ser muy cortos.

¿cómo se miden los masas y los t. de vida?

usual production



electrons, protons  
(larga vida)



fuente de aceleración  
electromagnética

# Cámara de burbujas

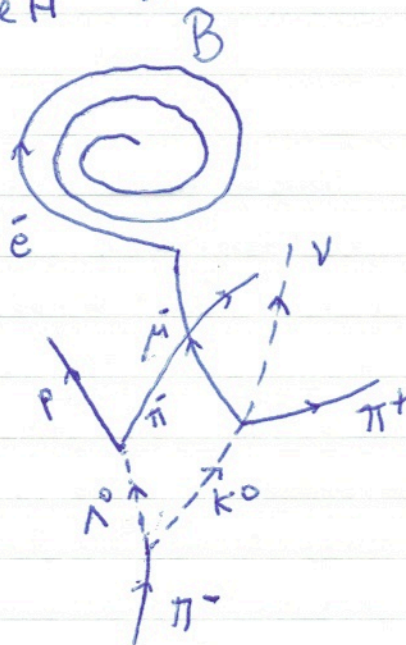
H cerca de su  
pto. de ebullición

partic.

ionizante

ioniza los átomos  
en su trayectoria

↓  
Condensación de  
burbujas diminutas de H



Invented by Donald A. Glaser en 1952

Nobel en 1960

Inspired por burbujas en un vaso de cerveza.



Medición: a partir de la curvatura medida, la carga y  $\vec{p}$  se pueden determinar. Si  $m$  y  $\vec{p}$  de la p. incidente son conocidos, es posible calc. las masas, energías cinéticas y velocidades, a partir de la c. de energía y momento.

Por último  $d = vt$   $\rightarrow$  tiempo vida, partícula. + efectos relativistas

$\swarrow$  tamaño  $\swarrow$  veloc

### Partículas de resonancia

Es posible medir  $d \sim 10^{-6} \text{ m}$ , y  $t \sim 10^{-16} \text{ s}$

Si  $d = 10^{-6} \text{ m}$  en el lab, a  $0.99c$ ,

$$\Rightarrow \tau_{\text{lab}} = 10^{-6} \text{ m} / 0.99c = 0.33 \times 10^{-14} \text{ s}$$

$$\text{Pero } \tau_{\text{propio}} = \frac{\tau_{\text{lab}}}{\gamma} = \tau_{\text{lab}} \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}} = 4 \times 10^{-16} \text{ s}$$

Pero falta mucho para llegar a medir vidas de hadrones de  $10^{-23} \text{ s}$ .  
 $\rightarrow$  "partículas resonantes"

Ejemplo: detectando  $\Delta^+$  ( $m = 1231 \text{ MeV}/c^2$ )  
( $\tau = 6 \times 10^{-24} \text{ s}$ )

$$e^- + p \rightarrow e^- + \Delta^+$$

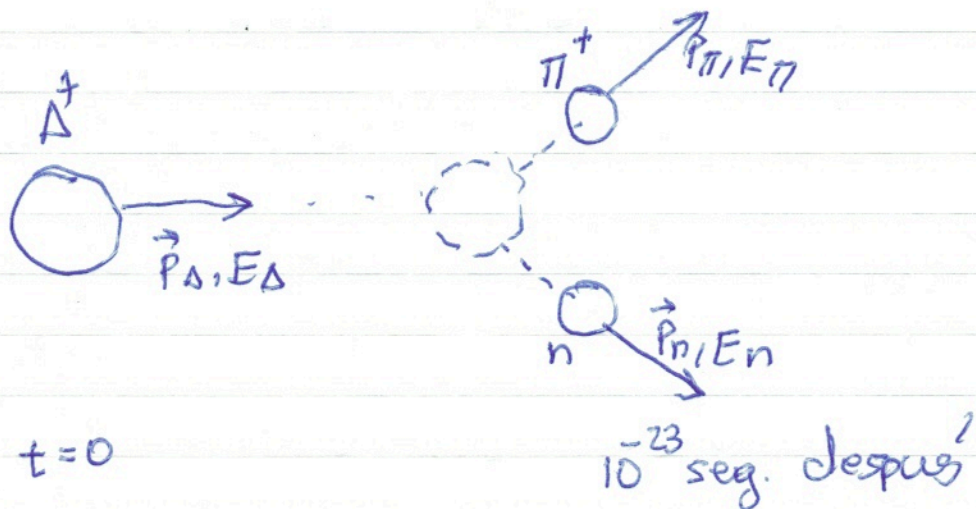
y luego de  $6 \times 10^{-24} \text{ s}$ ,  $\Delta^+ \rightarrow \pi^+ + n$

} (1)

Como  $\tau \ll 1$ , es casi imposible distinguir (1) de

$$e^- + p \rightarrow e^- + \pi^+ + n \quad (2)$$

una manera de ver q' el  $\Delta^+$  "estuvo allí" es midiendo  $E$  y  $\vec{p}$  de los prod. del decaimiento ( $\pi$  y  $n$ ) y mediante cons. de  $E$  y  $\vec{p}$  del -si estos valores arrojan un  $\Delta^+$  con  $m = 1231 \text{ MeV}/c^2$





$$E_{\Delta}^2 = (p_{\Delta}c)^2 + (m_{\Delta}c^2)^2$$

$$\Rightarrow m_{\Delta}c^2 = \sqrt{E_{\Delta}^2 - (p_{\Delta}c)^2}$$

$E_{\Delta}, p_{\Delta}$  no pueden medirse directamente.

Por otro lado,  $E_{\Delta} = E_{\pi} + E_n$

$$\vec{p}_{\Delta} = \vec{p}_{\pi} + \vec{p}_n$$

$$\Rightarrow m_{\Delta}c^2 = \sqrt{(E_{\pi} + E_n)^2 - (\vec{p}_{\pi} + \vec{p}_n)^2 c^2} \quad (*)$$

válido para todos los casos en q  $\Delta^+$  estuvo presente

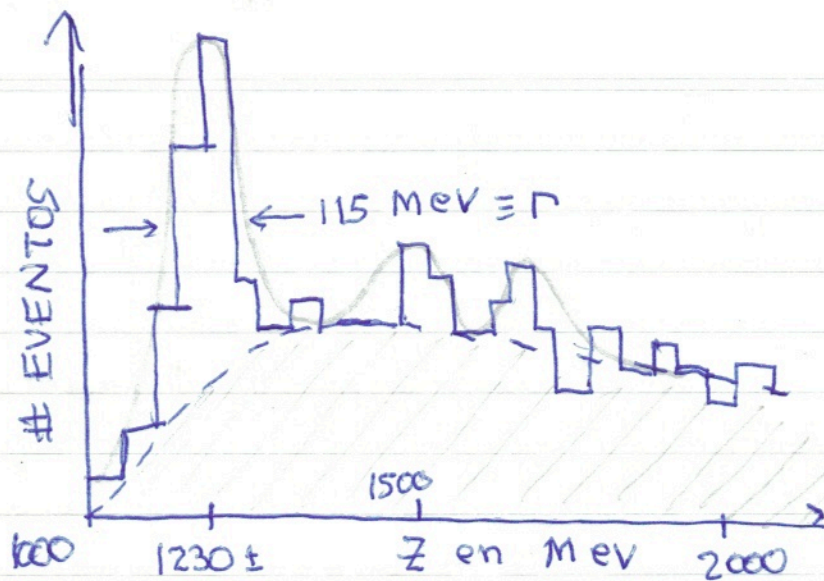
✓  
Para muchas mediciones de  $E_{\pi}, \vec{p}_{\pi}, E_n$  y  $\vec{p}_n$  deberíamos siempre hallar el mismo valor  $m_{\Delta}c^2 = 1231 \text{ MeV}$  dentro del error experimental.

Si NO hubo  $\Delta^+$  (Ec. (2)), la cantidad (\*) tomará un amplio rango de valores, menores y mayores que  $m_{\Delta}c^2$ , se mide y se repite el experimento.

Entonces para dem. la  $\Gamma$  de la partícula resonante se calcula

$$Z = [(E_{\pi} + E_n)^2 - (\vec{p}_{\pi} + \vec{p}_n)^2 c^2]^{1/2} \quad \text{pero queriendo \# de eventos}$$

y haciendo un histograma.



duración de  $\Delta^+$ : ancho resonancia =  $\Gamma = 2\Delta E$

$$\Delta E \Delta t \approx \hbar/2 \Rightarrow \Delta t \approx \frac{\hbar}{2\Delta E} = \frac{\hbar}{\Gamma} = \frac{6.6 \times 10^{-16} \text{ ev.s}}{115 \times 10^6 \text{ ev}} = \boxed{5.7 \times 10^{-24} \text{ s}}$$

durante este tiempo,  $\Delta^+$  recorrerá  $10^{-15} \text{ m}$  viajando a la veloc. de la luz  
 $\downarrow$   
 1 diámetro nuclear.

Energía umbral para producción de nuevas partículas durante una colisión

