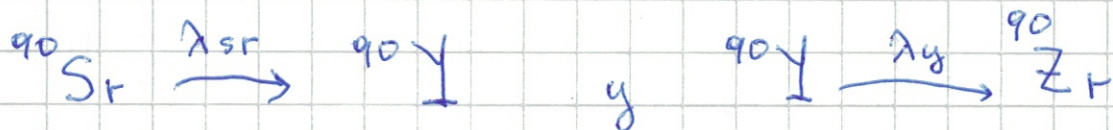


ejercicios

- (a) En promedio, los neutrones pierden la mitad de su energía después de una colisión con protones cuasi-libres. Cuantas colisiones se requieren en promedio para reducir la energía de un neutrón desde 2 Mev hasta una energía térmica de 0.04 eV ?

(b) Determine la energia cinética total en la fotoemisión del $^{235}_{92}\text{U}$ por un rayo gama de 6 MeV, hacia $^{90}_{36}\text{Kr}$, $^{142}_{56}\text{Ba}$, mas 3 neutrones.
- El ^{90}Sr decae hacia ^{90}Y mediante un decaimiento beta, con una vida media de 28 años. El ^{90}Y decae por decaimiento beta a ^{90}Zr con una vida media de 64 hrs. Considere una muestra pura de ^{90}Sr que decae. Cuál es la proporción de iodo a estroncio en la muestra después de (a) 1 hr. (b) 10 años ?



$$\frac{dN_{\text{sr}}}{dt} = -\lambda_{\text{sr}} N_{\text{sr}} \Rightarrow N_{\text{sr}}(t) = N_{\text{sr}}(0) e^{-\lambda_{\text{sr}} t} \quad (1)$$

$$\frac{dN_{\text{sr}}}{dt} = \lambda_{\text{y}} N_{\text{y}}$$

$$\frac{dN_{\text{y}}}{dt} = \lambda_{\text{sr}} N_{\text{sr}} - \lambda_{\text{y}} N_{\text{y}} \quad (2)$$

tiene la forma $\dot{y} + ay = f(t)$ / e^{+at}

$$(\dot{y} e^{+at} + ay e^{+at}) = f(t) e^{+at}$$

$$\frac{d}{dt}(y e^{at}) = f(t) e^{at} \Rightarrow y e^{at} - y(0) = \int_0^t f(s) e^{as} ds$$

$$y(t) = y(0) e^{-at} + e^{-at} \int_0^t f(s) e^{as} ds$$

$$a = \lambda_{\text{y}}, \quad f(s) = \lambda_{\text{sr}} N_{\text{sr}}(s), \quad y(0) = N_{\text{y}}(0) = 0$$

$$N_{\text{y}}(t) = e^{-\lambda_{\text{y}} t} \int_0^t \lambda_{\text{sr}} N_{\text{sr}}(s) e^{\lambda_{\text{y}} s} ds$$

$$= e^{-\lambda_y t} \lambda_s N_0 \int_0^t e^{-\lambda_s s} e^{\lambda_y s} ds$$

$$= \lambda_s N_0 e^{-\lambda_y t} \left\{ \frac{e^{(\lambda_y - \lambda_s)s}}{\lambda_y - \lambda_s} \right\}_0^t = \frac{\lambda_s N_0 e^{-\lambda_y t}}{\lambda_y - \lambda_s} (e^{(\lambda_y - \lambda_s)t} - 1)$$

$$\Rightarrow N_y = \frac{N_0 \lambda_s}{\lambda_y - \lambda_s} (e^{-\lambda_s t} - e^{-\lambda_y t})$$

$$N_y(0) = 0$$

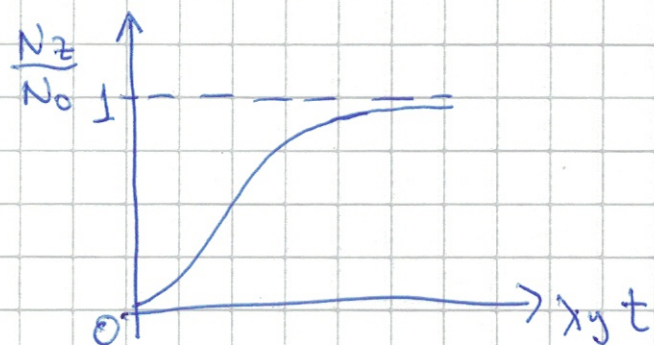
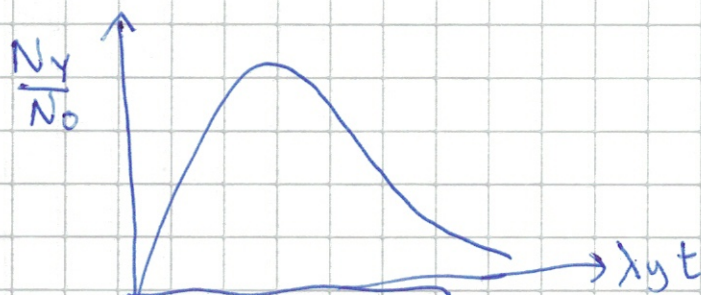
$$N_y(\infty) \rightarrow 0$$

$$\frac{dN_z}{dt} = \lambda_y N_y = \frac{N_0 \lambda_s \lambda_y}{(\lambda_y - \lambda_s)} (e^{-\lambda_s t} - e^{-\lambda_y t})$$

$$N_z(t) = \frac{N_0 \lambda_s \lambda_y}{(\lambda_y - \lambda_s)} \int_0^t (e^{-\lambda_s s} - e^{-\lambda_y s}) ds$$

$$= \frac{N_0 \lambda_s \lambda_y}{(\lambda_y - \lambda_s)} \left[\frac{1}{\lambda_s} (1 - e^{-\lambda_s t}) - \frac{1}{\lambda_y} (1 - e^{-\lambda_y t}) \right]$$

Notes: $N_z(0) = 0$
 $N_z(\infty) \rightarrow N_0$



$$\frac{N_y}{N_s} = \left(\frac{\lambda_s}{\lambda_y - \lambda_s} \right) \left(1 - e^{(\lambda_s - \lambda_y)t} \right)$$

$$\lambda_s = \frac{\ln(2)}{T_{1/2}} = \frac{\ln(2)}{28 \text{ años}} = \frac{\ln 2}{245280} = 2.83 \times 10^{-6} \text{ hr}^{-1}$$

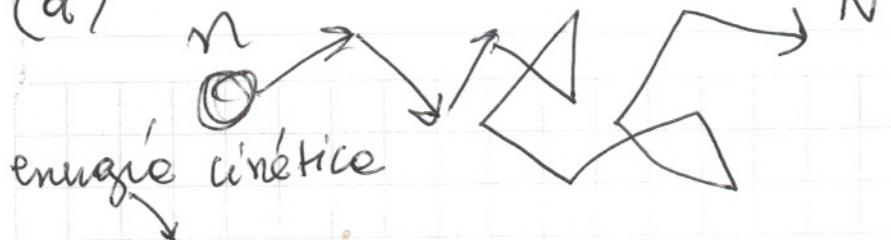
$$\lambda_y = \frac{\ln 2}{64} = 0.0108 \text{ hr}^{-1}$$

$$\frac{N_y}{N_s} = 2.81 \times 10^{-6} \quad (t = 1 \text{ hr})$$

$$\frac{N_y}{N_s} = 2.61 \times 10^{-4} \quad (t = 10 \text{ años})$$

MINI-PRUEBA 1: FÍSICA NUCLEAR

(a)

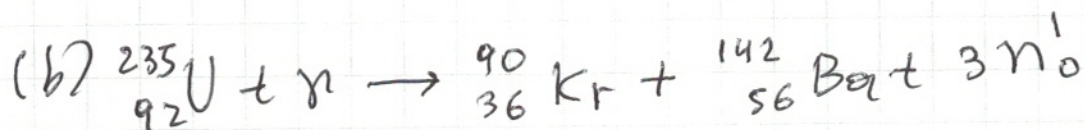


$$K_n = 0.5 K_{n-1}$$

$$K_f = (0.5)^N K_i$$

queremos $\frac{K_f}{K_i} = \frac{0.04 \text{ eV}}{2 \times 10^6 \text{ eV}} = \left(\frac{1}{2}\right)^N$

$$\Rightarrow N \approx 26$$



$$M_U + K_f = (M_{Kr} + M_{Ba} + 3M_n)c^2 + K_f$$

$$K_f = [235.043915 \text{ u} - 89.91972 \text{ u} - 141.91635 \text{ u} - 3 \times 1.008665 \text{ u}]$$

$$\times 931.5 \frac{\text{MeV}}{\text{u}} + 6 \text{ MeV} = \boxed{175.4 \text{ MeV}}$$

Considere $^{235}\text{U} + ^1_0\text{n} \rightarrow ^{133}\text{Sb} + ^{99}\text{Nb} + 4^1_0\text{n}$

(a) ¿Que tipo de reacción se trata? calc. la energía liberada por átomo de Uranio.

$$Q = [(M_{\text{U}} + m_{\text{n}}) - (M_{\text{Sb}} + M_{\text{Nb}} + 4m_{\text{n}})] \times 931.5$$

$$M_{\text{U}} = 235.128$$

$$M_{\text{Nb}} = 98.932$$

$$M_{\text{Sb}} = 132.942$$

$$m_{\text{n}} = 1.0086$$

$$\Rightarrow \boxed{Q = 212.6 \text{ MeV}}$$

(b) ¿Que cantidad de U se necesitan para producir 106 kWh

$$\text{como } 1 \text{ MeV} = 4.45 \times 10^{-20} \text{ kWh}$$

$$\Rightarrow Q = 9.4592 \times 10^{-18} \text{ kWh}$$

$$Q (\text{kWh}) \times N = 106 \text{ kWh} \Rightarrow N = 1.1206 \times 10^{19} \text{ (núcleos de U)}$$

$$\frac{6.02 \times 10^{23}}{1.1206 \times 10^{19}}$$

$$\frac{235 \text{ gm.}}{x}$$

$$\boxed{x = 4.4 \text{ mg.}}$$

PARTICULAS ELEMENTALES

Atomos → 1^{era} partículas elementales

→ explicó muchas propiedades de la materia

MEC' CUANTICA → props. físicas/químicas de unos 100 elementos

↓
electrons
protons
neutrons

1945 : Nuevas partículas (aceleradores)

↓
inestables - 10^{-6} - 10^{-23} segs

A la fecha se han catalogado unas 400.
Por qué tantas? Hay alguna relación?

> 1970 : todos partículas están compuestas de
quarks (excepto e^- , fotones)

Proton



neutron



EL modelo quark ha explicado las partículas existentes, y ha predicho combinaciones q' se han observado.

se ha desarrollado una especie de MC para los quarks ("cromodinámica cuántica")

Fuerzas Fundamentales

Fuerza fuerte: actúa entre los quarks para formar protones, neutrones y otros partículas pesadas

su rango es de 10^{-15} m.

OJO: la F nuclear es considerada un efecto residual de la F entre quarks

(F molecular entre átomos neutros es una interacción eléctrica residual)

F. Electromagnética: en lazo e^- y p^+ dentro de átomos/moléculas para formar materia ordinaria

$\approx 10^{-2}$ más débil q' la F. fuerte

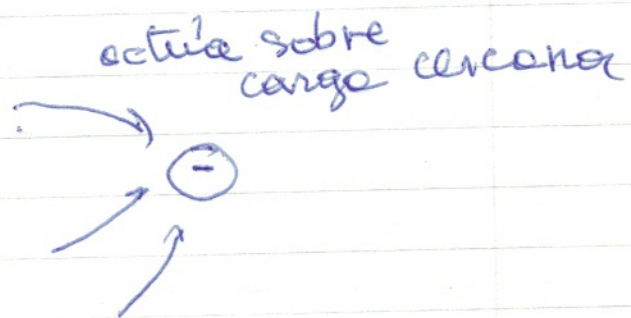
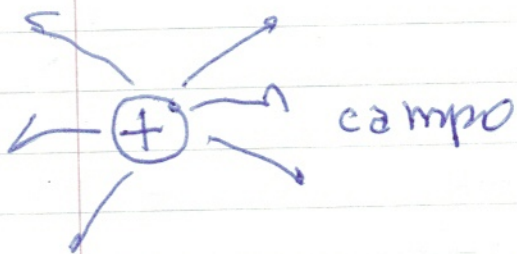
Es de largo alcance

$$F \propto \frac{1}{|r-r'|^2}$$

Fuerza Débil : corto alcance; origina el decaimiento beta de los núcleos y el decaimiento de los quarks pesados y leptones 10^6 más débil q la F fuerte.

F. Gravitacional 10^{-43} más débil q la F fuerte
largo alcance. Importante q grandes escalas.

Campos



campo puede transportar energía y momentum

Teo. Cuánt. Campos : E y $\vec{p}$ de todos los campos están cuantizados

"cuanto" de $E / \vec{p} \equiv$ partícula de campo (boson)

Interacciones entre partículas $\rightarrow$ intercambio de p. de campo

F. e/m es mediada por los fotones

(los fotones son el cuanto del campo e/m)

F. fuerte : mediada por gluones

F. debil mediada por $\begin{Bmatrix} W^{\pm} \\ Z^0 \end{Bmatrix}$

F. Gravitacional mediada por gravitones

Fuerza	Actúa sobre	Mag. relativa	Tipico vida media	Rango fuerza	Part. mediad.
Fuente	QUARKS HADRONES	1	$\leq 10^{-20}$	$\approx 1 \text{ fm}$	GLUON
Electro.	part. cargados	$\approx 10^{-2}$	$\approx 10^{-16}$	∞	FOTON
Debil	QUARKS Leptones	$\approx 10^{-6}$	$\geq 10^{-10}$	$\approx 10^{-3} \text{ fm}$	$W^{\pm}$ Z^0
Grav.	todos los particular	$\approx 10^{-43}$	?	∞	Graviton

POSITRONS & ANTIPARTICULAS

1920: PAM DIRAC incorporó relatividad especial a la MC. $\rightarrow$ explico el spin y el $\vec{\mu}$ del e^- .

Problema: aparecieron soluciones con energías negativas para e^- libres

$$E = \pm \sqrt{p^2 c^2 + m_e^2 c^4}$$

$\Rightarrow$ es con $E > 0$ podríamos transicionar a estados con $E < 0$ emitiendo un fotón.

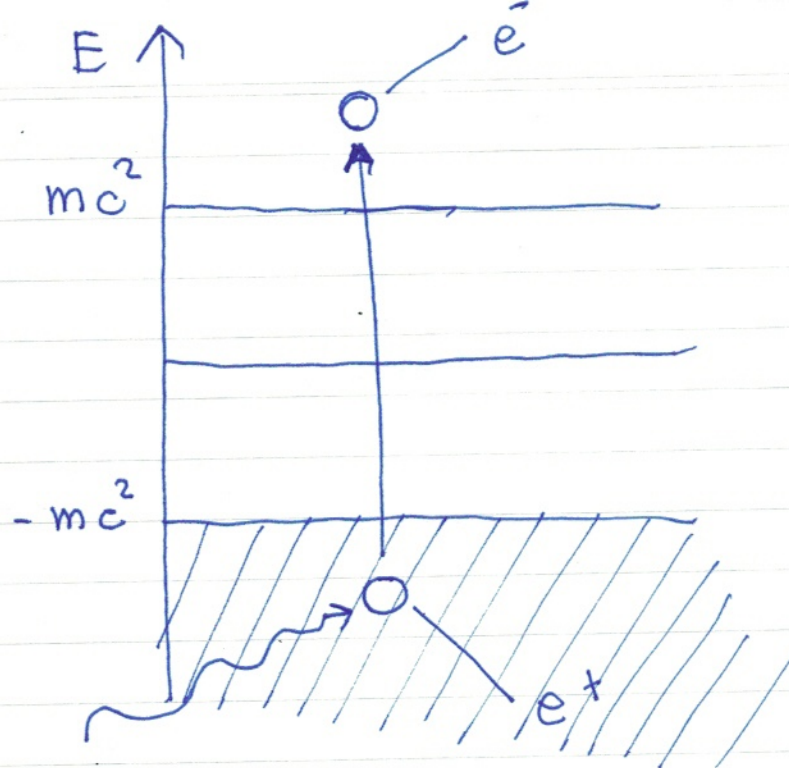
$\rightarrow$ final'/. todos los e^- acababan con $E < 0$

1^{ra} Solución: ignorar el signo menor

2^{da} Solución: Dirac postulo q' todos los estados $E < 0$ estaban ocupados

("Mar de DIRAC"). Es un mar INERTE por el p. de EXCLUSIÓN

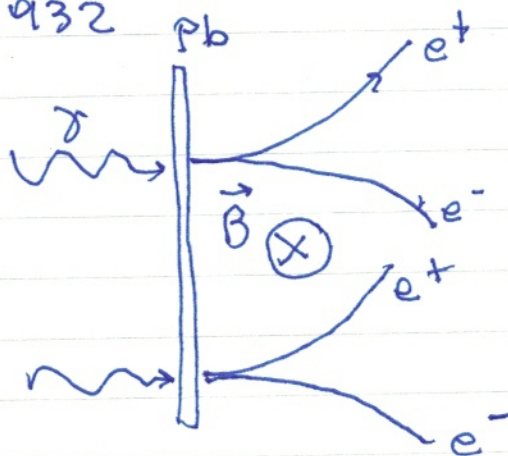
Si un fotón con $E \geq 2m_e c^2$ es incorporado puede excitar al e^- fuera del mar de Dirac a un estado con $E > 0$. El estado vacante se comporta como un e^- de carga POSITIVA



Si este "hoyo" se encuentra con el e^- , el e^- baja a ocupar la vacancia emitiendo un fotón de $\geq 2mc^2$

Positrón $\rightarrow$ antipartícula del e^-
 $m = 0.511 \text{ MeV}/c^2$, $q = +1.60 \times 10^{-19} \text{ C}$

Observado experimentalmente por Carl Anderson en 1932



Proceso inverso: $e^- + e^+ \rightarrow 2\gamma$

PET SCAN. solución glucosa + subst. radiactiva
q' decae por e^+ . El material se
reparte por todo el cuerpo. Durante el decaimiento
el positrón emitido se aniquila con un e^-
del ambiente, emitiendo 2 fotones en direcciones
opuestas. Detectores y localiza la fuente de los γ
+ computadores crea imagen del sitio donde se
acumula la glucosa (la glucosa se acumula
en tumores cancerosos).

EL PET también indica áreas activas del
cerebro.

Desde el postulado de Dirac, se esperaba q'
cada partícula tiene su antipartícula

En 1955, Segre y Chamberlain usando el
Berkeley de la UC Berkeley, hallaron al
antiprotón y antineutrón

Hoy se acepta q' todo partícula posee su
antipartícula de igual masa, spin
igual y opuesta carga, momento magnético y
extrínseca.