



Escuela de Verano

La física de lo más pequeño: El modelo estándar

Profesor: Luis Mora

Ayudante: Felipe Keim

## Formulario y constantes

21 de enero de 2021

Energía de un fotón:

$$E = hf$$

Efecto fotoeléctrico:

$$K_{max} = e \cdot \Delta V_s$$

$$K_{max} = hf - \phi$$

Bohr:

$$r_n = \frac{h^2}{4\pi^2 K m e^2} n^2$$

$$E_n = \frac{-2\pi^2 K^2 m e^4}{h^2 n^2}$$

Ondas de Broglie:

$$\lambda = \frac{h}{p} = \frac{h}{\gamma m v}$$

Principio de incertidumbre:

$$\Delta x \cdot \Delta p \geq \frac{h}{2\pi}$$

$$\Delta E \cdot \Delta t \geq \frac{h}{2\pi}$$

Relatividad especial:

$$\gamma = \frac{1}{\sqrt{1 - u^2/c^2}}$$

$$\Delta t = \gamma \Delta t_0$$

$$l = \frac{l_0}{\gamma}$$

$$h = 6,626 \times 10^{-34} \text{Js} = 4,135 \times 10^{-15} \text{eVs}$$

$$K = 8,9 \times 10^9 \text{Nm}^2/\text{c}^2$$

$$m_e = 9,1 \times 10^{-31} \text{kg}$$

$$c = 3 \times 10^8 \text{m/s}$$

Escuela de Verano

La física de lo más pequeño: El modelo estándar

Profesor: Luis Mora

Ayudante: Felipe Keim

## Guía de problemas

21 de enero de 2021

Los siguientes problemas deben ser resueltos utilizando papel y lápiz. Sus desarrollos deben ser escaneados o fotografiados utilizando la aplicación **Adobe Scan** disponible para el celular. Los desarrollos deben estar bien justificados, con un correcto uso de las unidades de medida y con una letra clara. La colaboración con otros compañeros y el uso de cualquier recurso visto durante las clases están permitidos. Cualquier indicio de copia/plagio será sancionado.

**Fecha de entrega: Martes 26/01 23:59 hrs**

- P1.** El objetivo de este problema es estimar la masa del mesón de la forma que lo hizo Yukawa.
- Esta partícula viaja a una velocidad aproximada de  $c$ , y debe vivir durante un tiempo  $\Delta t$  suficiente para recorrer una distancia comparable al alcance de la fuerza nuclear ( $r_0 = 1,5 \times 10^{-15} \text{ m}$ ). Calcule el tiempo necesario para que la partícula alcance a recorrer la distancia dada.
  - Utilizando el principio de incertidumbre para la energía, cuya expresión es  $\Delta E \cdot \Delta t \geq \frac{\hbar}{4\pi}$ , encuentre la incertidumbre mínima necesaria de la energía.
  - Finalmente obtenga la masa equivalente a esta energía y compárela con la masa del electrón.
- P2.** Un átomo de Hidrógeno experimenta una transición desde un estado  $n = 4$  a un estado  $n = 1$ . Utilizando el modelo de Bohr responda:
- Cuál es la energía inicial del átomo?
  - Cuál es la energía final del átomo?
  - Cuál es la energía del fotón emitido?
  - Obtenga la frecuencia del fotón emitido
- P3.** Imagine que usted es capaz de obtener un átomo de Hidrógeno que en lugar de un electrón tiene un muón asociado. Calcule el radio de Bohr y la energía base de dicho muón.
- P4.** Un láser de Helio-Neon posee una longitud de onda de  $6,3 \times 10^{-7} \text{ m}$ . Calcule la energía de un fotón del haz de este láser.
- P5.** Encuentra la longitud de onda de De Broglie de un gato de 3 kg que se mueve a 10 m/s
- P6.** Felipe va en un viaje a ciudad gótica en un tren el cual se mueve a un 90 % de la velocidad de la luz. Él se encuentra muy feliz degustando una rica hamburguesa. Según su reloj, él se demoró 3 minutos en comer su hamburguesa (Felipe es un comedor muy voráz). Luis que se encontraba en el suelo, justo al lado de donde pasa dicho tren, observó como Felipe devoraba su alimento. Cuánto se demoró Felipe en comer su hamburguesa en el marco de referencia de Luis?
- P7.** Ordene las siguientes partículas según leptones, mesones y bariones:  $e^+$ ,  $\tau^-$ ,  $\pi^+$ ,  $K^0$ ,  $n$ ,  $p$ ,  $\nu_\mu$

**P8.** Observa las siguientes reacciones. Una de ellas puede ocurrir y la otra no. Determine cuál es la que no ocurre. De un argumento en base a los contenidos vistos en clase y recordando que los números cuánticos como carga eléctrica, strangness, charmness, etc. deben conservarse en una interacción.

a)  $K^0 \rightarrow \pi^+ + \pi^-$

b)  $\Lambda^0 \rightarrow \pi^+ + \pi^-$

**P9.** Considere 1 litro de agua. Haga una estimación del número de cada especie de quark y el número de electrones que se encuentran en dicho volumen. Especifique de manera clara los supuestos que tenga en consideración.

**P10.** Identifique las partículas que corresponden a las siguientes combinaciones de quarks. Anote sus números cuánticos de carga eléctrica y sabor de quark (charmness, strangeness, etc...):

a)  $suu$

b)  $\bar{u}d$

c)  $\bar{s}d$

d)  $ssd$

**P11.** Identifique la partícula desconocida al lado izquierdo del siguiente proceso. HINT: Piense en el decaimiento  $\beta$  inverso visto en clases.

$$? + n \rightarrow p + \mu^+$$

**P12.** Recordemos que en clase ya se ha mencionado que una interacción fundamental (electromagnetismo, fuerte o débil) se debe al intercambio de una partícula llamada bosón. El objetivo de este problema es obtener una expresión que nos permita obtener el alcance máximo de una interacción fundamental. Para esto siga las siguientes instrucciones:

a) Considere que una partícula mediadora (bosón) masiva puede ser intercambiada sólo si es que vive por un tiempo muy corto como para no violar el principio de incertidumbre de Heisenberg  $\Delta E \cdot \Delta t \geq \frac{\hbar}{4\pi}$ . Reemplaze  $\Delta E$  por la relación de Einstein  $E = mc^2$  para obtener una versión del principio de incertidumbre en función de la masa invariante del bosón.

b) Asumiendo que el bosón que se intercambiando viaja a una velocidad igual a la de la luz (recordemos que esta sería la velocidad tope a la que podría viajar una partícula) y utilizando la relación que obtuvo en a), obtenga una desigualdad para el rango máximo de la interacción. (Recuerde que  $d=vt$ ).

c) Con la fórmula obtenida estime el rango máximo del bosón W.

d)Cuál sería el rango máximo de interacción para el fotón (electromagnetismo)?