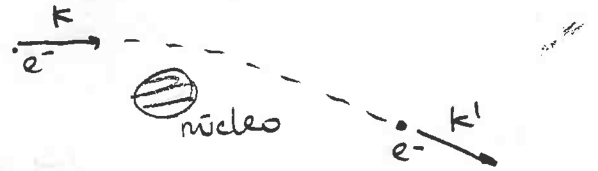
FÍSICA MODERNA. PRIMER PARCIAL 2013 11/10.

SOLUCIONES

Problema 1 a) En el efecto de Bremsstrahlung (o radiación de frenado) los electrones que inciden sobre un material con energía cinética K, emiten rayos X (fotones) al desacelerarse, debido a la interacción eléctrica con los núcleos de los átomos del material.

El fotón emitido en una interacción tiene una energía igual a la variación de energía cinética del electrón incidente



$$E_{fotón} = \frac{hc}{\lambda} = \Delta K$$

La menor longitud de onda posible para los fotones emitidos es $\lambda = \dfrac{hc}{\Delta K}$ cuando $K' = 0$ y los electrones son frenados totalmente.

En este caso $\lambda_{mín} = \dfrac{hc}{35\,keV} = \dfrac{4.136 \times 10^{-15}\,eV.s \;.\; 2{,}998 \times 10^{8}\,m/s}{35 \times 10^{3}\,eV}$

$$\lambda_{mín} = 3{,}54 \times 10^{-11}\,m \approx 0{,}035\,nm$$

b) Interpretamos la situación tomando las diferencias de energías entre niveles del átomo de Bohr con $Z \rightarrow Z_\alpha$, y estimando las longitudes de onda de los fotones emitidos a partir de la gráfica.

$$\frac{hc}{\lambda_{\alpha,\beta}} = E_i - E_f = -13{,}6\,eV \left(\underbrace{Z^2_{\alpha,\beta}}_{Z_{efectivo}}\right)\left(\frac{1}{n_i^2} - \frac{1}{n_f^2}\right) \Rightarrow$$

$\lambda_\alpha \approx 0{,}075$ nm

$Z_\alpha \approx 40{,}31$

$\lambda_\beta \approx 0{,}065$ nm

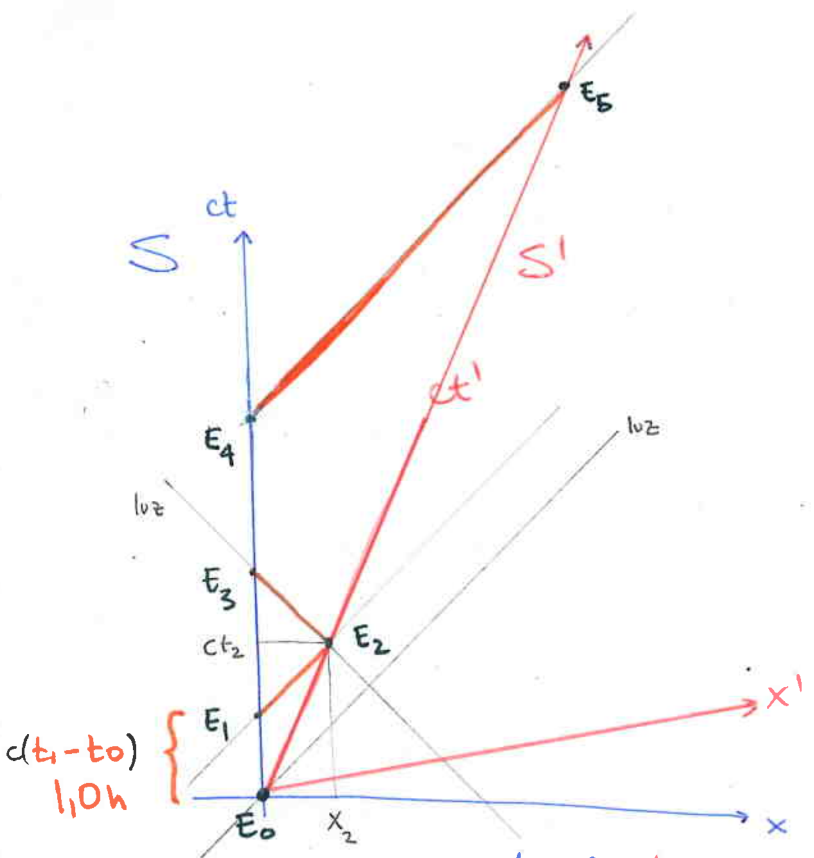
$Z_\beta \approx 39{,}78$

La carga eléctrica efectiva que "sienten" los electrones de la capa
- L es de Z_α veces la carga del electrón e
- M es de Z_β veces " " " ".

Soluciones

Problema 2

DIAGRAMA DE MINKOWSKY (DE TODO EL PROBLEMA)



(ct, x) referencial en la tierra: S

(ct', x') referencial de la nave: S'

$\beta = 0{,}6c \rightarrow \gamma = 1{,}25$

E_0: inicio del examen (nave pasa frente a ...)

E_1: profesora envía señal de finalizar

E_2: finaliza el examen en la nave, y se envían las respuestas

E_3: llegan las respuestas a la tierra

E_4: se termina de corregir el examen en la tierra, y se envían los resultados (señal luminosa)

E_5: llegan los resultados a la nave.

$E_0 = \underset{\text{en } S}{(0,0)} = \underset{\text{en } S'}{(0,0)}$

a) Se pregunta el valor de $(t_1 - t_0)$: el tiempo que debe esperar la profesora para enviar la señal de finalización.

Sabemos que $t_2' - t_0' = 2h$

y que $(x_2 - x_1) = c(t_2 - t_1) \rightarrow$ rayo de luz enviado de E_1 a E_2 (visto desde S)

y usando las transf. de Lorentz:

$$x_2 - x_0 = \gamma(x_2' - x_0') + \gamma\beta c(t_2' - t_0')$$

$$x_2 - 0 = \gamma(0-0) + \gamma\beta c(2h)$$

$$x_2 = \gamma\beta c \cdot 2h = 1{,}62 \times 10^{12}\,m$$

$$x_2 - x_1 = x_2 - 0 = c(t_2 - t_1) \Rightarrow t_2 - t_1 = \frac{\gamma\beta c \cdot 2h}{c} = \gamma\beta\, 2h = 1{,}5\,h$$

y por la dilatación del tiempo:

$$t_2 - t_0 = \gamma(t_2' - t_1') = \gamma \cdot 2h \qquad t_1 - t_0 = t_2 - t_0 - (t_2 - t_1) = (2{,}5 - 1{,}5)h$$

$$t_2 - t_0 = 2{,}5\,h \qquad \Rightarrow \boxed{t_1 - t_0 = 1{,}0\,h}$$ Tiempo que espera la profesora

b) El diagrama requerido en el problema pide indicar

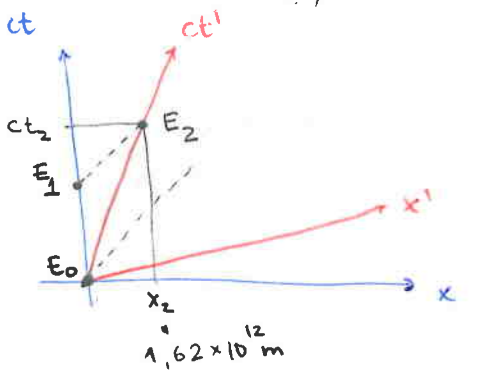
$E_0 = (0,0) = (0,0)$

$E_1 = (ct_1, x_1) = (c \cdot 1h, 0)$

$E_2 = (ct_2, x_2)$; (ct'_2, x'_2)

$(c \cdot 2{,}5h,\ 1{,}62 \times 10^{12}\,m)$, $(c \cdot 2h,\ 0)$

↳ Estudiantes NO SE MUEVEN en la NAVE



c) Se pregunta el tiempo que los estudiantes esperan los resultados.
Eso es $(t_5' - t_2')$, en el referencial de la NAVE.

→ viaja a $-c$ (negativa, vuelve...)

Rayo de luz de E_2 a E_3: visto en S (tierra)

$x_3 - x_2 = -c(t_3 - t_2)$

$0 - x_2 = -c(t_3 - t_2) \Rightarrow$

• $t_3 - t_2 = \frac{x_2}{c} = 1{,}5$ horas

• $t_4 - t_3$ = tiempo de corrección $= 2h$

• Rayo de luz de E_4 a E_5: visto en S (tierra)

$x_5 - x_4 = c(t_5 - t_4)$

$x_5 - 0 = c(t_5 - t_4)$

La nave avanza con $v = 0{,}6c \Rightarrow$

$x_5 - \underset{0}{x_0} = v(t_5 - t_0) = 0{,}6c\,(t_5 - t_0)$

$x_5 = 0{,}6c\,(t_5 - \underset{0}{t_0})$

$x_5 = 0{,}6c\, t_5$

$\Rightarrow t_5 - t_4 = 0{,}6\, t_5$

Pero $t_4 = 6h$

$t_4 = \underbrace{t_4 - t_3}_{} + \underbrace{t_3 - t_2}_{} + \underbrace{t_2 - t_0}_{}$

$6h = 2h + 1{,}5h + 2{,}5h$

$\Rightarrow t_5 - 0{,}6 t_5 = t_4 = 6h$

$\Rightarrow t_5 = \frac{t_4}{0{,}4} = 15h$

Entonces

$t_5 - t_2 = (t_5 - t_4) + (t_4 - t_3) + (t_3 - t_2) =$

$15h - 2{,}5h = 9h + 2h + 1{,}5h = 12{,}5h$ (OK)

y finalmente volvemos a usar la transf. de Lorentz: $c(t_5 - t_2) = \gamma c(t_5' - t_2')$ (dilatación del tiempo)

los estudiantes esperan 10 horas

$$\boxed{t_5' - t_2' = \frac{1}{\gamma}(t_5 - t_2) = \frac{12{,}5h}{1{,}25} = 10h}$$