Física 2º Bachillerato ***Problemas Resueltos de Física moderna***

8. *El polonio 210 es radioactivo y cuando emite una partícula alfa se convierte en un isótopo del Pb.*
a. Escribe la reacción nuclear de la desintegración del polonio 210.
b. Si el Po está en reposo y las partículas alfa salen con una rapidez de 10^4km/s calcula la variación que experimentó la energía cinética del conjunto. Para este cálculo tomar como masas aproximadas de las partículas: Po:210u, Pb:206u y α: 4u.
c. Si las masas de las distintas partículas son m_{Po}=209,9829u; m_{Pb}= 205,9745u; m_a= 4,0026u, calcula la energía total liberada y compárala con la cinética.
d. ¿Emitiría radiación gamma? ¿De qué frecuencia aproximada?
e. ¿Qué actividad radiactiva debería tener una muestra de Po para suministrar una potencia de 1GW en una central nuclear?
f. Si una muestra de polonio 210 disminuye un 10% en 20 días determina el número de partículas necesarias para suministrar una potencia de 1GW.
Datos: Número atómico Po: 84;
R: *b. 2,1MeV; c. 5,4MeV; d. 8·10^{20}Hz; e. 1,6·10^{21}Bq; f. 2,6·10^{27} part.*

a. La reacción es:

$$^{210}_{84}Po \rightarrow {}^{4}_{2}\alpha + {}^{208}_{82}Pb$$

b. Como la explosión es debida a causas internas se conserva el momento lineal del conjunto que inicialmente es cero.

$$\sum \vec{F} = \frac{d\vec{p}}{dt} = 0 \qquad \Rightarrow \vec{p} \ \text{ constante}$$

$$m_\alpha \cdot \vec{v}_\alpha + m_{Pb} \cdot \vec{v}_{Pb} = 0 \qquad \Rightarrow \vec{v}_{Pb} = -\vec{v}_\alpha \cdot \frac{m_\alpha}{m_{Pb}}$$

Sale en sentido contrario a la partícula alfa

$$v_{Pb} = \frac{4}{208} \cdot 10^7 = 1{,}9 \cdot 10^5 m/s$$

Para el cálculo de la variación que experimentó la energía cinética del conjunto a causa de la explosión necesitamos todas las magnitudes en el sistema internacional.

$$\Delta E_c = \frac{1}{2} \cdot m_{Pb} \cdot v_{Pb}^2 + \frac{1}{2} \cdot m_\alpha \cdot v_\alpha^2$$

$$\Delta E_c = \frac{1}{2} \cdot \frac{206}{6{,}02 \cdot 10^{23} \cdot 10^3} \cdot \left(1{,}9 \cdot 10^5\right)^2 + \frac{1}{2} \cdot \frac{4}{6{,}02 \cdot 10^{23} \cdot 10^3} \cdot \left(10^7\right)^2 = 3{,}385 \cdot 10^{-11} J$$

$$\Delta E_c = 3{,}385 \cdot 10^{-13} J \cdot \frac{1eV}{1{,}6 \cdot 10^{-19} J} = 2{,}1 \cdot 10^6 eV = 2{,}1 MeV$$

c. La variación que experimenta la masa en el proceso es

$$\Delta m = m_{Po} - \left(m_{Pb} + m_{\alpha}\right) = 209{,}9829 - \left(205{,}9745 + 4{,}0026\right) = 0{,}058u$$

$$\Delta m = 0{,}0058u \cdot \frac{931MeV}{1u} = 5{,}4\,MeV$$

d. Como la variación de energía por el defecto de masa es significativamente mayor que la energía cinética adquirida, la diferencia de energía aparece como radiación gamma.
La reacción nuclear y la frecuencia del fotón son

$$^{210}_{84}Po \rightarrow {}^{4}_{2}\alpha + {}^{208}_{82}Pb + {}^{0}_{0}\gamma$$

$$E = 5{,}4 - 2{,}1 = 3{,}3MeV \cdot \frac{1{,}6 \cdot 10^{-19} \cdot 10^{6}\,J}{1MeV}$$

$$E = h \cdot f \qquad f = \frac{E}{h}$$

$$f = \frac{3{,}3 \cdot 1{,}6 \cdot 10^{-19} \cdot 10^{6}}{6{,}6 \cdot 10^{-34}} = 8 \cdot 10^{20}\,Hz$$

e. Como cada partícula descompuesta libera una energía de 5,4MeV y pretendemos obtener 1GW de potencia, y A es la actividad en partículas por segundo poniendo todos los datos en el S.I. tenemos:

$$P = \frac{E}{t} = \frac{E}{part} \cdot \frac{part}{t} = \frac{5{,}4\,MeV}{part} \cdot A = 1GW$$

$$10^{9}\,\frac{J}{s} = 5{,}4 \cdot 1{,}6 \cdot 10^{-13}\,\frac{J}{part} \cdot A$$

$$A = \frac{10^{9}}{5{,}4 \cdot 1{,}6 \cdot 10^{-13}} = 1{,}16 \cdot 10^{21}\,Bq$$

f. Calcularemos la constante de desintegración del polonio 210 para determinar la cantidad de Po necesario para tener esa potencia.

$$A = \lambda \cdot N \qquad N = \frac{A}{\lambda}$$

$$N = N_0 \cdot e^{-\lambda \cdot t} \qquad 0{,}9 \cdot N_0 = N_0 \cdot e^{-\lambda \cdot 20} \qquad \lambda = \frac{Ln0{,}9}{-20} = 5{,}268 \cdot 10^{-3}\,dias^{-1}$$

$$\lambda = \frac{5{,}268 \cdot 10^{-3}}{24 \cdot 3600}\,s^{-1}$$

$$N = \frac{1{,}6 \cdot 10^{21}}{\frac{5{,}268 \cdot 10^{-3}}{24 \cdot 3600}} = 2{,}6 \cdot 10^{28}\,part \approx 9070kg$$