FÍSICA DE RADIACIONES I 2025

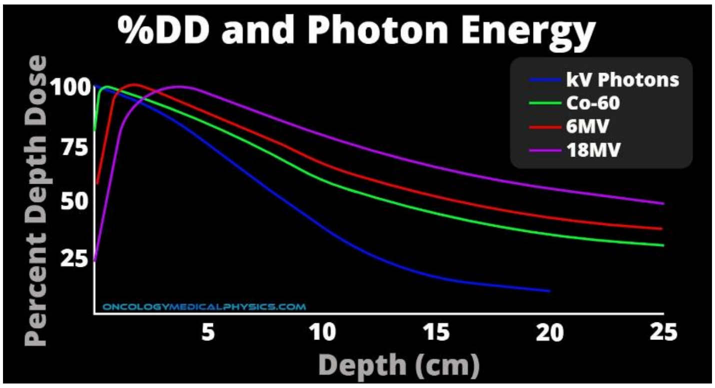
HOJA 1

1. Las células del cuerpo humano utilizan la glucosa ($C_6H_{12}O_6$) como su principal fuente de energía. La concentración o nivel de glucosa en sangre se suele especificar en mmol/l o en mg/dl. Determine la relación entre mmol/l y mg/dl en la medida de glucosa en sangre.

2. a) Estime los radios de los núcleos y átomos del ^{1}H (protio) y ^{235}U de acuerdo con el modelo atómico de Rutherford-Bohr.
   b) Estime los radios del Sol y de la órbita terrestre de acuerdo con el modelo planetario de Copérnico.
   c) Determine la relación en ambos modelos e indica cuál tiene un radio mayor y en qué orden.

3. La dosis depositada en agua es uno de los aspectos más importantes en la interacción de la radiación con la materia, especialmente en la física médica, donde la deposición de dosis en los tejidos condiciona tanto al diagnóstico como al tratamiento de enfermedades con haces de radiación ionizante. En general, para un haz dado la dosis absorbida por el agua se representa gráficamente en porcentaje de dosis en profundidad (PDD), normalizada a la profundidad del máximo de dosis, con respecto a la profundidad en agua (véase gráfico).

   a) A partir de las curvas y asumiendo que el tejido humano se comporta como el agua, ¿estime el porcentaje de dosis que recibiría un tumor a 8 cm de profundidad para los distintos haces (no tenga en cuenta la curva “kV photons”)?



   b) Si la dosis a 10 cm de profundidad es de 2 Gy (J/kg), calcule la dosis máxima para cada uno de los haces de la tabla.

Photon Energy (MV)	d_{max} (cm)	%DD at 10cm depth
Co-60 SSD/SAD = 80cm	0.5 cm	56%
6MV	1.5 cm	67%
10MV	2.5 cm	73%
18MV	3.2 cm	80%

4. La ley de Planck de la radiación de cuerpo negro, que representa la densidad espectral del emisor, puede escribirse en el dominio de frecuencias como:

$$\frac{d\rho(T)}{d\nu} = \frac{8\pi h\nu^3}{c^3\left(e^{\frac{h\nu}{kT}} - 1\right)}$$

   a) A partir de esta expresión, obtenga la densidad espectral en función de la longitud de onda λ.
   b) Demuestre que el máximo en $d\rho(T)/d\nu$ para una frecuencia ν_{max} es proporcional a la temperatura *T* (ley de Wien).
   c) Demuestre que el máximo en $d\rho(T)/d\lambda$ para una longitud de onda λ_{max} es inversamente proporcional a la temperatura *T*.

5. a) Determine el momento lineal de una partícula relativista usando tres formas distintas de cálculo.
   b) Demuestre que para una partícula con una velocidad mucho menor que la velocidad de la luz todas las expresiones en *a* se transforman en las relaciones clásicas del momento.
   c) A partir de los métodos en *a*, determine el momento lineal de un electrón de 10 MeV. Exprese el resultado en MeV/c.

6. Una partícula de masa en reposo *M* que se mueve a una velocidad $\beta_0 C$ colisiona inelásticamente con una partícula estacionaria, cuya masa en reposo es *m*, y se "adhiere" a la misma. Halle la velocidad de la partícula "compuesta".

7. Halle la masa en reposo de la partícula compuesta del problema anterior en función de la energía cinética *T* de la partícula incidente y las masas en reposo de las dos partículas *M* y *m*.

8. El Bevatrón de Berkeley fue diseñado para producir antiprotones al bombardear un gas de hidrógeno con protones. Una posible reacción de la colisión es

$$p + p \rightarrow p + p + (p + \bar{p})$$

   donde $(p + \bar{p})$ representa un par protón-antiprotón. Determine la mínima energía cinética en unidades de $m_p c^2$ que debe tener el protón incidente para que se produzca la reacción. *Consejo:* resuelva el problema en el centro de masas y luego transfórmelo al sistema de laboratorio.

9. Una partícula de masa *M* que se mueve con un momento *P* colisiona con un electrón en reposo. Encuentre el máximo momento que puede tener el electrón luego de la colisión.

10. La energía que se libera al combinarse sodio y cloro para formar NaCl es 4,2 eV.

    a) Determine el incremento en masa (en unidades de masa atómica) cuando una molécula de NaCl se disocia en un átomo de Na y uno de Cl.
    b) ¿Cuál es el porcentaje de error si se desprecia esta diferencia de masa?
    Datos: m_{Na}=23 u, m_{Cl}=35,5 u

11. En una reacción de fusión nuclear, se combinan dos átomos de ^2H para generar uno ^4He.

a) Calcule la disminución de la masa en unidades de masa atómica.
b) ¿Cuánta energía se libera en la reacción?
c) ¿Cuántas reacciones tienen que ocurrir por segundo para generar 1 W de potencia?

12. Una partícula elemental de masa *M* absorbe un fotón y su masa pasa a ser 1,01*M*.

    a) ¿Cuál es la energía del fotón incidente?
    b) ¿Por qué la energía del fotón incidente tiene que ser mayor que 0,01Mc^2?

13. Para producir piones neutros se utiliza un haz de protones de altas energías colisionando con protones en reposo en el laboratorio (por ej. hidrógeno líquido) mediante la reacción $p + p \rightarrow p + p + \pi^0$. Determine la energía umbral de los protones del haz para que tenga lugar esta reacción.

14. Demuestre que no es posible producir un par electrón-positrón o cualquier par partícula-antipartícula a partir de un único fotón en el vacío.

15. Un pion decae espontáneamente en un muon y un antineutrino muónico de acuerdo con la reacción $\pi^- \rightarrow \mu^- + \bar{\nu}_\mu$. La evidencia experimental sugiere que la masa del antineutrino no es mayor a 190 keV/c^2 y que puede ser prácticamente nula. Asumiendo que el pion decae en reposo, estime las energías y momentos del muon y el antineutrino en los casos en que la masa de este último sea cero y sea 190 keV/c^2. La masa del pion es 139,57 MeV/c^2 y la masa del muon es 105,66 MeV/c^2.

16. a) Calcule la energía cinética de un protón cuyo momento es 800 MeV/c^2.
    b) Si este protón colisiona con un protón en reposo, ¿cuál es la velocidad del sistema CM?

17. En una dispersión de dos cuerpos, $A + B \rightarrow C + D$, conviene usar teóricamente, pues son invariantes de Lorentz, las llamadas variables de Mandelstam:

$$s \equiv \frac{(p_A + p_B)^2}{c^2}$$
$$t \equiv \frac{(p_A - p_C)^2}{c^2}$$
$$u \equiv \frac{(p_A - p_D)^2}{c^2}$$

    a) Demuestre que $s + t + u = m_A^2 + m_B^2 + m_C^2 + m_D^2$
    b) Halle la energía del sistema CM de A en función de s, t, u y las masas.
    c) Halle la energía del sistema de laboratorio de A.
    d) Halle la energía total del sistema CM.

18. Para una dispersión elástica de partículas idénticas, $A + A \rightarrow A + A$, demuestre que las variables de Mandelstam se reducen a las siguientes expresiones:

$$s \equiv \frac{4(|\vec{p}|^2 + m^2c^2)^2}{c^2};\ t \equiv \frac{-2|\vec{p}|^2(1 - \cos\theta)^2}{c^2};\ u \equiv \frac{-2|\vec{p}|^2(1 + \cos\theta)^2}{c^2}$$

    donde $\vec{p}$ es el momento del CM de la partícula incidente y θ es el ángulo de dispersión.