

1. Describir de forma concisa las semejanzas y diferencias más importantes entre la radiación electromagnética ionizante y la radiación electromagnética no ionizante: características físicas, origen y producción, interacción con organismos vivos, etc. Por favor, sea breve.

Solución:

Ambos tipos de radiación tienen origen electromagnético y se diferencian sólo por su frecuencia (o su recíproco, su longitud de onda).

Las radiaciones no ionizantes (RNI) se caracterizan por una frecuencia relativamente baja: desde 3 kHz hasta 300 GHz en el caso de radiofrecuencia. También entran en el ámbito de las radiaciones no ionizantes la radiación infrarroja, la luz visible y el ultravioleta cercano; en este tipo de radiación es común caracterizarlas con la longitud de onda que va desde 1 mm (infrarrojo lejano) hasta 100 nm (ultravioleta).

Las radiaciones electromagnéticas ionizantes (por brevedad, REI) son típicamente los rayos X y los rayos γ (también el ultravioleta lejano); quedan excluidos de esta consideración los rayos α y β , que no son radiación electromagnética. Se caracterizan por una longitud de onda inferior a los 100 nm; es común caracterizar esta radiación con la energía por fotón, medida en eV o MeV, que es proporcional a su frecuencia.

Las RNI hasta las microondas se producen con circuitos eléctricos que incluyen una antena, pero hay también fenómenos naturales que las producen. Las RNI infrarrojas y ópticas se producen por calentamiento extremo (como el Sol) y por transiciones atómicas. Los rayos X se producen por radiación de frenado y por transiciones electrónicas profundas (rayos X característicos). Los rayos γ se producen en transiciones entre estados nucleares y por aniquilación entre un positrón (β^+) y un electrón.

Las RNI son menos penetrantes en la materia viva que las REI y su principal efecto es el calentamiento. Las REI, como su nombre indica, producen ionización de la materia lo que puede eventualmente destruir moléculas, cambiar enlaces químicos y producir mutaciones en el genoma; cuanto menor longitud de onda (o mayor energía por fotón) son más penetrantes.

En las RNI el calentamiento sobre los organismos es instantáneo, depende de la potencia de la radiación y se extingue una vez anulada la fuente; el efecto de las REI es acumulativo y el daño puede ser inmediato, en caso de radiación intensa, o estocástico en el caso de radiación poco intensa pero acumulada en mucho tiempo. Estas consideraciones sobre las REI se aplican al resto de radiaciones ionizantes.

2. La presión debida a las fluctuaciones térmicas, p_{ft} , de la atmósfera que se detecta en

nuestro oído viene dada por la expresión $p_{ft} \simeq p_0/\sqrt{N}$ donde $p_0 = 10^5$ Pa es la presión atmosférica y N es el número de moléculas que chocan con el tímpano. Esta última cantidad viene dada por la fórmula:

$$N \simeq \frac{nD^2c_0}{2f}$$

Supongamos que nuestro tímpano tiene un diámetro $D = 1,5$ mm y que el número de moléculas por cm^3 en la atmósfera (en condiciones estándar) es $n = 2,69 \times 10^{19}$, que la señal tiene una frecuencia $f = 1$ kHz y que c_0 es la velocidad del sonido en el aire (346 m/s).

- (6 puntos) Obtenga el valor de la presión en el oído debida a las fluctuaciones térmicas de la atmósfera.
- (2 puntos) ¿El valor obtenido para p_{ft} se asemeja al límite inferior o al superior de audición humana?
- (2 puntos) ¿La frecuencia usada para la onda incidente es alta o baja para la escala auditiva humana?

Solución:

Calculamos N en unidades del SI:

$$N \simeq \frac{nD^2c_0}{2f} = \frac{2,69 \times 10^{19} \times 10^6 \times (1,5 \times 10^{-3})^2 \times 346}{2 \times 1000} \simeq 10^{19} \text{ moléculas}$$

Entonces $p_{ft} \simeq p_0/\sqrt{N} = 10^5/\sqrt{10^{19}} \simeq 30^{-5}$ Pa = 30 μ Pa.

El límite inferior de detección de frecuencias del oído humano es 20 μ Pa, que se encuentra cerca (del mismo orden de magnitud) que la presión debida a las fluctuaciones térmicas del aire en el oído. La frecuencia de 1kHz que se ha utilizado para la onda que llega al oído se encuentra en la zona media de audición humana.

- El peso medio de un plátano es 150 g, de los que 600 mg son de K. El K^{40} es un isótopo radiactivo natural del K, cuya proporción es 0,0118% del K total. El periodo de semidesintegración del K^{40} es $T_{1/2} = 1,3 \times 10^9$ años.
 - (7 puntos) ¿Cuántos plátanos tendría que comer una persona para incorporar a su organismo una actividad de 1 μ Ci debido al K^{40} ?
 - (3 puntos) ¿De qué tipo de radionucleido natural es el K^{40} ? ¿Está relacionado con la radiación cósmica?

Ayuda: $N_A = 6,022 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$

Solución:

- a.) Primero hay que calcular cuánto K^{40} hay en un plátano, como se sabe del enunciado el 0,0118 % del K natural es K^{40} y como en un plátano hay 600 mg de K:

$$0,0118\%600 \times 10^{-3} = 7,08 \times 10^{-5} \text{ g de } K^{40} \text{ en un plátano}$$

Se calcula ahora a cuántos núcleos de K^{40} corresponde. Tomamos como masa atómica del K^{40} su número másico, lo que es muy buena aproximación en este tipo de problemas:

$$N = \frac{m \times N_A}{m_a} = \frac{7,08 \times 10^{-5} \times 6,022 \times 10^{23}}{40} =$$

$$= 1,06 \times 10^{18} \text{ núcleos de } K^{40} \text{ en un plátano}$$

Lo que equivale a una actividad de:

$$A = \lambda N \quad (1)$$

Se calcula λ

$$\lambda = \frac{\ln 2}{T_{1/2}} = \frac{\ln 2}{1,3 \times 10^9 \times 365 \times 24 \times 60 \times 60} = 1,7 \times 10^{-17} \text{ s}^{-1}$$

Sustituyendo en la expresión (1)

$$A = 1,7 \times 10^{-17} \times 1,06 \times 10^{18} = 18,02 \text{ Bq} = \frac{18,02}{3,7 \times 10^{10}} =$$

$$= 4,87 \times 10^{-10} \text{ Ci en un plátano}$$

Para incorporar 1 μCi hay que comer:

$$\frac{10^{-6}}{4,87 \times 10^{-10}} = \boxed{2066 \text{ plátanos}}$$

- b.) El K^{40} es un radionucleido primordial, existe en la Tierra desde sus orígenes. Su periodo de semidesintegración es del mismo orden de magnitud que la edad de la Tierra. Su formación no está relacionada con la radiación cósmica, no es un radionucleido cosmogénico.