1. Se pretende edificar en un descampado próximo a una central de transformación eléctrica, cuyos transformadores trabajan a 3 kHz. Se mide el campo magnético a una distancia de 20 m de la estación y el resultado es 65 μT de valor RMS.
   (a) (3 puntos) Supongamos que el campo magnético decae con la distancia con una tasa $1/r^2$. ¿Qué campo magnético se mediría en la zona donde se ha proyectado el edificio más próximo, si éste se encontrara a 300 m de la central? Unos transformadores mejor diseñados podrían producir un campo magnético externo que decaiga más abruptamente con la distancia. Repita los cálculos suponiendo una tasa de decaimiento $1/r^3$.
   (b) (3 puntos) Si la edificación consistiera en un polígono industrial relacionado con el mantenimiento de los transformadores, ¿sería aceptable la dosis de campo magnético recibida por los trabajadores de ese edificio en los dos supuestos anteriores? Razone la respuesta. Aplique la recomendación de seguridad para entorno ocupacional.
   (c) (3 puntos) Si la edificación consistiera en un barrio residencial, ¿sería aceptable la dosis de campo magnético recibida por las personas que vivan en el edificio cercano a los transformadores en los dos supuestos anteriores? Razone la respuesta. Aplique la recomendación de seguridad para entorno residencial.
   (d) (1 punto) Se pretenden diseñar los edificios con un mallado metálico como medida de protección ante el campo magnético. ¿Cómo sería de eficaz esta medida? Razone la respuesta.

   Dato: Valor de referencia de campo magnético RMS a 3 kHz según RD 1066/2001: 6,25 μT.

Solución:

Con una tasa de decaimiento de $1/r^2$ tenemos que la relación entre los campos medidos en dos posiciones es inversamente proporcional al cuadrado de las distancias respectivas. Esto es:

$$\begin{aligned} \frac{B'}{B} &= \left(\frac{r}{r'}\right)^2 \\ \frac{B'_1}{65} &= \left(\frac{20}{300}\right)^2 \end{aligned}$$

Donde B'_1 sería el campo medido a 300 m con esta tasa de decaimiento; por tanto:

$$B'_1 = 65\left(\frac{20}{300}\right)^2 = 0{,}29\,\mu\text{T}$$

Con una tasa de decaimiento de $1/r^3$ tenemos que la relación entre los campos medidos en dos posiciones es inversamente proporcional al cubo de las distancias respectivas:

$$B_2' = 65\left(\frac{20}{300}\right)^3 = 0{,}019\,\mu\mathrm{T}$$

El valor de referencia de dosis de campo magnético a 3 kHz es $B_{\mathrm{ref}} = 6{,}25\,\mu\mathrm{T}$; la exposición considerada segura en un entorno ocupacional es inferior al 10 % de ese valor, esto es

$$B_{\mathrm{oc}} = B_{\mathrm{ref}}/10 = 0{,}625\,\mu\mathrm{T}$$

Comparando con las dos situaciones que se nos proponen tenemos que:

$$B_1' < B_{\mathrm{oc}} \qquad B_2' < B_{\mathrm{oc}}$$

con lo cual en ambos casos la exposición es segura.

Para entornos residenciales se considera que la exposición es segura cuando el campo magnético ambiente está por debajo del 2 % del valor de referencia; esto es

$$B_{\mathrm{res}} = B_{\mathrm{ref}}/50 = 0{,}125\,\mu\mathrm{T}$$

Para el segundo caso tenemos que:

$$B_2' < B_{\mathrm{res}}$$

con lo que la vivienda cumpliría las normas en el caso que los campos de los transformadores decaigan como $1/r^3$. Pero en el otro caso, con el decaimiento cuadrático tenemos que:

$$B_1' > B_{\mathrm{res}}$$

y el edificio no cumpliría con las normas, o habría que cambiar los transformadores por otros con menos pérdidas (o decaimiento del campo externo más abrupto) o edificar más lejos de los mismos.

El apantallamiento metálico es muy efectivo contra el campo eléctrico. Contra el campo magnético estático no sirve para nada, pero contra el campo magnético variable puede ser eficaz debido al efecto diamagnético de las corrientes inducidas y gracias a la frecuencia relativamente alta del campo, lo que favorece la aparición de estas corrientes y el efecto diamagnético (ver sección 2.5.2).

2. Un gas está compuesto por dos gases diatómicos, que supondremos ideales, de peso molecular M_1 y M_2, respectivamente. El cociente entre las masas, m_1 y m_2, de ambos gases viene dado por $r \equiv m_2/m_1$.

   (a) (2 puntos) ¿Cuál es la velocidad del sonido para un gas ideal?

   (b) (2 puntos) ¿Cuál es la presión total para la mezcla gaseosa?

(c) (6 puntos) Obtenga que la velocidad del sonido en la mezcla gaseosa viene dada por la siguiente expresión:

$$c = \left(\frac{1{,}4\, RT}{M_1 M_2} \frac{(M_2 + r M_1)}{(1 + r)} \right)^{1/2}$$

donde R es la constante de los gases ideales y T la temperatura.

Solución:

(a) La velocidad es:

$$c = \sqrt{\frac{\gamma P}{\rho}}$$

donde, en este caso, $\gamma = 1{,}4$.

(b) La presión total puede obtenerse usando la ley de Dalton o ley de las presiones parciales de forma que la presión total es la suma de las presiones debidas a cada gas. Entonces: $P = p_1 + p_2$. Como los gases son ideales:

$$P = (N_1 + N_2)(RT/V) = (m_1/M_1 + m_2/M_2)(RT/V)$$

donde se ha usado que $N_1 = m_1/M_1$ y que $N_2 = m_2/M_2$.

(c) La densidad del gas total será $\rho = m/V = (m_1 + m_2)/V$. Calculamos el cociente P/ρ :

$$\frac{P}{\rho} = \frac{(M_2 m_1 + m_2 M_1)}{M_1 M_2} \frac{RT}{V} \frac{V}{(m_1 + m_2)}$$

Diviendo y multiplicando por m_1:

$$\frac{P}{\rho} = \frac{M_2 + (m_2/m_1) M_1}{M_1 M_2} RT \frac{1}{(1 + m_2/m_1)}$$

Usando que $r \equiv m_2/m_1$:

$$\frac{P}{\rho} = RT \frac{M_2 + r M_1}{M_1 M_2 (1 + r))}$$

Así que finalmente obtenemos:

$$c = \sqrt{\frac{\gamma P}{\rho}} = \left(\frac{1{,}4\, RT}{M_1 M_2} \frac{(M_2 + r M_1)}{(1 + r)} \right)^{1/2}$$

Comentarios sobre la corrección de este problema:

Obtener los 3 puntos mínimos por pregunta en este problema es particularmente sencillo gracias a los apartados (a) y (b) que proporcionan 4 puntos en total.

Apartado (a):

Si se ha contestado que la velocidad es ~ 300 m/s en el aire en condiciones estándar, se ha puntuado como 1 punto. Si se da la expresión matemática sin más, son 2 puntos. Evidentemente, c es la velocidad del sonido, no la velocidad de la luz, aunque se representen por el mismo símbolo. Nada tiene que ver aquí la ecuación de la energía $E = mc^2$ y nada tienen que ver los "electrones que estabilizan el gas". Por supuesto, porque la velocidad del sonido y la de la luz sean constantes no tienen que ser iguales.

Apartado (b):

Escribir la expresión $PV = nRT$ sin más se califica con 1 punto. Justificar la presión total del gas son 2 puntos.

Apartado (c):

Se pide obtener una expresión para la velocidad del gas, no se pide sustituir valores y dar un número. Para obtener la expresión hay que partir de algo que se conoce (apartado a) y sustituir expresiones dentro de esas primera ecuación conocida. Lo que no tiene sentido es intentar obtener la expresión pedida a partir de esas misma expresión, o inventarse pasos matemáticos para que parezca que se ha obtenido de alguna forma. En general, se han concedido puntos si se ha intentado hacer el ejercicio con algo de sentido.

3. Conteste a las siguientes cuestiones de manera razonada
   (a) (1 punto) ¿Qué es la dosis absorbida?
   (b) (2 puntos) ¿Qué es la dosis equivalente?
   (c) (1 punto) ¿Qué significa tasa de dosis?

   En una zona de trabajo de una instalación radiactiva se produce radiación γ que genera una tasa de dosis equivalente de 20 μSv/s.

   (d) (4 puntos) ¿Cuál será la tasa de dosis absorbida en rad/h?
   (e) (2 puntos) Y si la radiación que lo produce fuera de partículas alfa en lugar de gammas ¿Cuál sería la tasa de dosis absorbida en rad/h?

Solución:

a.) Se define la magnitud dosis absorbida, D, como la energía depositada por cualquier radiación ionizante por unidad de masa de material irradiado.

b.) A pesar que la magnitud dosis absorbida es un concepto físico muy útil, sucede que la misma dosis absorbida debida a diferentes tipos de radiación no produce necesariamente el mismo daño biológico. Para tener en cuenta los efectos biológicos de la radiaciones ionizantes, se hace preciso definir una nueva magnitud, la dosis equivalente, H, que resulta de multiplicar la dosis absorbida de cada tipo de radiación por un factor de calidad Q que representa la capacidad de cada tipo de radiación de producir daño.

c.) Como no es lo mismo absorber una dosis total en más o menos tiempo, se hace necesario definir magnitudes que dependan del tiempo, las tasas. Por ejemplo, la tasa de dosis absorbida será la dosis absorbida que se recibe en condiciones normales por unidad de tiempo, $\dot{D}$

d.) La relación entre la dosis equivalente y la dosis absorbida es (en este caso son tasas de dosis, pero la relación es la misma)

$$\dot{H} = Q \times \dot{D}$$

Donde se debe tener en cuenta que si la dosis absorbida está en Gy, la equivalente estará en Sv, y si la dosis absorbida está en rad, la equivalente estará en rem

$$\dot{D}(\text{Gy/s}) = \frac{\dot{H}(\text{Sv/s})}{Q}$$

Como según el enunciado la radiación es $\gamma \Rightarrow Q = 1$, entonces $\dot{D} = 20\ \mu$Gy/s. Sólo hay que cambiar las unidades a rad/h, la relación entre Gy y rad es

$$1\ \text{Gy} = 100\ \text{rad}$$

$$\dot{D} = 20\frac{10^{-6} \times 100}{1/3600} = \boxed{7{,}2 \text{ rad/h}}$$

e.) Si la radiación es $\alpha \Rightarrow Q = 20$

$$\dot{D} = \frac{7{,}2}{20} = \boxed{0{,}36 \text{ rad/h}}$$