

examen-1a-convocatoria-gener-202...



user_1746041



Física Médica



1º Grado en Medicina



**Facultad de Medicina y Ciencias de la Salud
Universidad Rovira i Virgili**

PREGUNTAS TEST (6 p)

Puntuación de la parte test: Las preguntas respondidas correctamente suman 1 y las preguntas respondidas incorrectamente restan 1/3. Las preguntas no contestadas no alteran la puntuación. La nota final del apartado test se obtendrá sumando la puntuación de todas las preguntas y multiplicando por un factor 6/60.

1. El mayor valor de energía es:

- a) 1 MeV $\frac{1 \cdot 10^6 \text{ eV}}{1 \text{ MeV}} \cdot \frac{1.602 \cdot 10^{-19} \text{ J}}{1 \text{ eV}} = 1.602 \cdot 10^{-13} \text{ J}$
- b) $9.6 \cdot 10^2 \text{ J} = 960 \text{ J}$
- c) $8.76 \cdot 10^8 \text{ keV} \cdot \frac{1.602 \cdot 10^{-19} \text{ J}}{1 \text{ eV}} = 1.403 \cdot 10^8 \text{ J}$
- d) $0.1 \cdot 10^{-2} \text{ MJ} \cdot \frac{1 \cdot 10^6 \text{ J}}{1 \text{ MJ}} = 1000 \text{ J}$

2. Si $\log_{10}[x^e] = A$, entonces:

- a) $x = 10^A \cdot e$ $\log_{10}(x^e) = A$
- b) $x = 10^{A/e}$ $e \log(x) = A$
- c) $x = e^{A \cdot 10}$ $\log(x) = A \cdot 10$
- d) $x = A \cdot \ln(10)$ $10^{Ae} = x$

3. De las siguientes expresiones logarítmicas:

$\log_{10}(a^b) \neq \log_{10}(a) + \log_{10}(b) \rightarrow \text{Fals}$ (b log(a))

$\ln(e^{x+y}) = x + y \checkmark$

$\log_{10}(1/a) = -\log_{10}(a)$ $\frac{c}{\log(1/a) - \log(a)} \checkmark$

$\ln(a^b) \neq a \cdot \ln(b) \rightarrow \text{blu}(a)$

- a) Todas son ciertas
- b) Hay 1 que es ciertas
- c) Hay 2 que son ciertas
- d) Hay 3 que son cierta

4. Llamamos ultrasonidos a las ondas sonoras que tienen:

- a) Periodos mayores a $50 \mu\text{s}$ *menores*
- b) Frecuencias menores a 20 kHz *mayores*
- c) Intensidades menores a $1 \cdot 10^{-12} \text{ W/m}^2$ *mayores*

5. La presión en un fluido se define como la fuerza ejercida por unidad de área. ¿Cuál es su representación dimensional?

- a) $[M \cdot L^{-2} \cdot T^{-2}]$ o $[\text{kg} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-2}]$
- b) $[M \cdot L^{-2} \cdot T^{-1}]$ o $[\text{kg} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}]$
- c) $[M \cdot L^{-3} \cdot T^{-2}]$ o $[\text{kg} \cdot \text{m}^{-3} \cdot \text{s}^{-2}]$

$P = \frac{F}{S}$

$P = \frac{F}{S} = \frac{N}{\text{m}^2} = \frac{\text{kg} \cdot \text{m/s}^2}{\text{m}^2} = \frac{\text{kg} \cdot \text{m}}{\text{m}^2 \cdot \text{s}^2} = \frac{\text{kg}}{\text{m} \cdot \text{s}^2}$

6. Si redondeamos el número 0,056789 a 3 cifras significativas, ¿cuál es el resultado?

- a) 0.0568
- b) 0,0567
- c) 0,06
- d) 0,057

O es no compic

7. La ecuación que relaciona la posición x de una partícula con el tiempo es:

$t = A \cdot \frac{C \cdot (1 + e^A)}{B} \cdot \arctan\left(\frac{Ax^2}{B}\right)$

las unidades de las constantes [A], [B] y [C] vienen dadas por:

- a) $[A]=L$ $[B]=L^3$ $[C]=L^3T$
- b) $[A]=1$ $[B]=L^2$ $[C]=L^2$
- c) $[A]=T$ $[B]=L^2T$ $[C]=L^3T$

$[A]=1$ $[B]=L^2$ $[C]=L^2$

52. ¿Qué sucede durante una captura electrónica?

- a) **Un electrón orbital se combina con un protón para formar un neutrón**
- b) Un fotón ioniza un electrón habitualmente de los orbitales inferiores
- c) Un núcleo captura un neutrón y libera un protón
- d) Un positrón es capturado por un electrón orbital

53. En un detector proporcional, a diferencia de una cámara de ionización ¿cuál es la causa principal de la amplificación de la carga eléctrica registrada?

- a) La desintegración estimulada de los átomos del gas
- b) **Los electrones ionizados son acelerados por el campo eléctrico y ionizan más átomos**
- c) Se producen más excitaciones en los iones
- d) La radiación directa ioniza más átomos

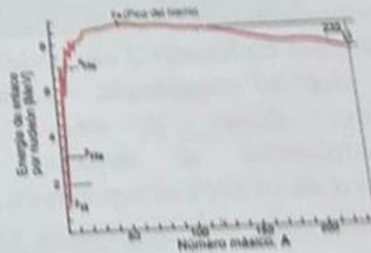
54. En una desintegración beta, ¿cuál es la relación entre la energía cinética máxima de los electrones emitidos y la energía de la radiación beta?

- a) **La energía cinética máxima es inferior a la energía total de la radiación beta porque se distribuye entre el electrón y el antineutrino**
- b) La energía cinética máxima es igual a la energía de la radiación beta
- c) La energía cinética máxima depende de la masa del isótopo desintegrado
- d) La energía cinética máxima sólo depende de la constante de desintegración

55. ¿Qué ocurre si un electrón recibe una cantidad de energía menor que el necesario para saltar a un nivel superior?

- a) El electrón es expulsado del átomo
- b) El electrón salta parcialmente a un nivel intermedio
- c) **El electrón se queda al mismo nivel energético**
- d) El electrón absorbe la energía y la reemite como luz visible

56. La fisión del $^{235}_{92}\text{U}$ es menos energética que la fusión del deuterio (^2_1H) porque:



- a) El enunciado es incorrecto. La fisión del uranio genera más energía que la fusión del deuterio. Tal y como formuló Einstein $E = m \cdot c^2$, por lo que cuanto más masivo sea un núcleo, más energía libera

b) **El aumento de la energía de enlace por nucleón del producto resultante es mayor para el caso de fusión de deuterio que al fisurar uranio**

- c) El proceso de generación de energía en una central nuclear de fisión no es 100% eficiente. En el caso de una central de fusión, es 100% eficiente
- d) El uranio-235 es emisor alfa, mientras que He-4 es emisor gamma y beta, que son mucho más energéticas. Por esto se obtiene mucha más energía

- b) $\pi/2$
- c) π
- d) $3\pi/2$

27. La exposición a emisores de partículas alfa puede comportar riesgos apreciables:

- a) Especialmente al ser ingeridos**
- b) En irradiaciones externas
- c) Por su gran poder de penetración
- d) Por su baja ionización específica

28. Un isótopo tiene una vida media (τ) de 0,037 días. Su periodo de semidesintegración es:

- a) 0,256 días
- b) 39,1 días
- c) 0,161 días**
- d) 27,3 h

$$\tau = 1/\lambda \Rightarrow 0,037 = 1/\lambda$$

$$\lambda = 27,027$$

$$\tau_{1/2} = \frac{\ln 2}{\lambda}$$

$$\tau_{1/2} = 0,0256 \cdot \frac{24 \text{ h}}{1 \text{ día}} = 0,6144$$

29. Si un material presenta una capa de hemirreducción (o grosor hemirreductor) muy pequeña, podemos deducir que:

- a) El material es poco absorbente
- b) Tiene un coeficiente de atenuación lineal muy pequeño
- c) El material es muy absorbente**
- d) Ninguna de las respuestas es correcta

30. ¿Cuál es la característica fundamental que distingue a un isótopo de otro del mismo elemento?

- a) El número de protones
- b) El número de neutrones**
- c) El número de electrones
- d) El número de protones y electrones

- a) Igual a la emitida por el foco, pero se escucha con mayor intensidad
- b) Menor que la emitida por el foco
- c) Mayor que la emitida por el foco**
- d) La frecuencia es mayor, pero la potencia de la onda es menor por estar el observador en reposo.

32. ¿Qué mecanismo atómico de absorción de las radiaciones ionizantes predomina con radiaciones de bajas energías?

- a) Formación de pares
- b) Efecto Compton
- c) Efecto fotoeléctrico**
- d) Efecto piezoeléctrico

33. Un tubo de rayos X produce una tasa de dosis absorbida de 40 mGy/h a 1 m de distancia. Si se colocan 3 capas hemirreductoras y se mide la dosis absorbida acumulada durante 30 minutos a 2 m de distancia. El valor medido será:

- a) 2,5 mGy
- b) 1,25 μ Gy/h
- c) 0,625 mGy**
- d) 1,25 mSv

$$\frac{40}{1^2} = 40 \text{ mGy/h}$$

$$40 \text{ mGy/h} \left(\frac{1}{2}\right)^3 = 1,25 \text{ mGy/h} \cdot 0,5 = 0,625 \text{ mGy}$$

34. ¿Cuál de las siguientes acciones es más eficaz para disminuir la dosis medida en un punto?

- a) Disminuir el tiempo de exposición a la mitad
- b) Interponer una capa hemirreductora
- c) Multiplicar la distancia a la fuente por dos**
- d) Todas las anteriores son igualmente eficaces

57. No podemos afirmar de los dosímetros de termoluminiscencia que (es FALSO que):

- a) Son pequeños y versátiles ✓
- b) Se pueden reutilizar ✓
- c) Al ser calentados, emiten una intensidad de luz proporcional a la radiación recibida ✓

d) Permiten obtener la lectura radiológica instantáneamente

60. En la dispersión Rayleigh, ¿cuál es la principal característica del fotón dispersado?

- a) Es absorbido completamente
- b) Cambia de longitud de onda
- c) Disminuye su energía

d) No cambia de longitud de onda

58. Se tiene un detector de centelleo que produce un fotoelectrón por cada keV de energía depositada en el cristal. El fotomultiplicador tiene 50 dinodos, cada uno de ellos emitiendo 2 electrones por cada electrón incidente. ¿Cuántos electrones llegan al ánodo del fotomultiplicador al detectar una partícula α de 10 MeV si suponemos que la partícula cede toda su energía en el cristal?

a) $5,24 \cdot 10^9 e^-$

b) $1,126 \cdot 10^9 e^-$

c) Faltan datos para hacer el cálculo

d) Ningún electrón, porque la partícula alfa cede toda su energía en el cristal y esa energía queda absorbida y retenida en él

$$10 \text{ MeV} \cdot \frac{10^3 \text{ keV}}{1 \text{ MeV}} = 1 \cdot 10^4 \text{ keV} = 1 \cdot 10^4 \text{ fotoe}$$

$$2^{50} = 1,126 \cdot 10^5 \cdot 1 \cdot 10^4 = 1,126 \cdot 10^9 e^-$$

59. En una interacción Compton, ¿qué sucede con la energía del fotón dispersado?

- a) Permanece constante
- b) Aumenta proporcionalmente al ángulo de dispersión

c) Disminuye proporcionalmente al ángulo de dispersión

d) Se convierte en energía potencial

43. ¿Qué tipo de radiación tiene la LET más alta?

- a) Radiación ultravioleta
- b) Radiación gamma
- c) Radiación beta
- d) Radiación alfa

44. Si un material tiene un coeficiente de atenuación lineal de $0,1 \text{ cm}^{-1}$, ¿qué fracción de la intensidad inicial queda después de atravesar $0,1 \text{ m}$?

- a) 0,99 $I = I_0 e^{-\mu x}$
- b) 0,37 $\frac{I}{I_0} = e^{-0,1 \cdot 100} = 0,37$
- c) $4,54 \cdot 10^{-5}$
- d) No se dispone de suficientes datos

45. ¿Qué tipo de radiación produce fotones de 511 keV durante la aniquilación?

- a) Radiación gamma
- b) Radiación alfa
- c) Neutrones rápidos
- d) Radiación beta positiva

46. Un haz de fotones produce en aire una exposición $X = 5 \cdot 10^{-2} \text{ C/kg}$. Si la energía necesaria para producir un par de iones en aire es de 33 eV/par , la dosis absorbida en aire será:

$$E_{\text{dip}} = 5 \cdot 10^{-2} \cdot 33 \cdot 1,602 \cdot 10^{-19} = 2,64 \cdot 10^{-19} \text{ Gy}$$

0,81 Gy

$$\text{Par ions} = \frac{5 \cdot 10^{-2}}{1,602 \cdot 10^{-19}} = 3,12 \cdot 10^{17}$$

$$2,64 \cdot 10^{-19} \cdot 3,12 \cdot 10^{17} = 0,08$$

48. ¿Cuál de estos detectores no es de gas?

- a) Contador proporcional
- b) Detector Geiger
- c) Cámara de ionización
- d) Detector de semiconducción $\rightarrow E$

49. ¿Cuál es el rango de energía para que el efecto Compton sea dominante en tejidos biológicos?

- a) 1 keV - 10 keV
- b) 10 keV - 100 keV
- c) 100 keV - 10 MeV $\rightarrow 10 \text{ MeV} = 1000 \text{ keV}$
- d) 10 MeV - 100 MeV

50. Los materiales centelleadores de los detectores de centelleo:

- a) Absorben energía de la radiación ionizante y emiten electrones
- b) Emiten fotones de fluorescencia al incidir sobre ellos la radiación ionizante
- c) Se ennegrecen al recibir la radiación ionizante
- d) Solo se emplean para detectar radiación α

35. El poder de frenado del agua para electrones de 1 MeV es de 2 MeV/cm y son necesarios en promedio 32 eV para cada ionización. La densidad lineal de ionización en iones /mm será:

- a) 625 iones/cm
- b) 6250 iones/mm
- c) 625 iones/mm
- d) Ninguna de las anteriores

$$2 \text{ MeV} \cdot \frac{1 \text{ MeV}}{1 \text{ MeV}} = 2 \cdot 10^6 \text{ eV/cm}$$

$$2 \cdot 10^6 / 32 = 62500 \text{ iones/cm}$$

$$6250 \text{ iones/mm}$$

36. ¿Qué determina la longitud de onda de un láser?

- a) La potencia
- b) El tiempo de exposición
- c) El material del medio activo
- d) Todas las respuestas son correctas

37. Un sistema acústico público está ajustado para sentir 100 dB a 10 m. ¿A qué distancia (sin tener en cuenta la atenuación) se percibe un nivel de intensidad de 20 dB?

- a) 37,5 m
- b) 3162 m
- c) 140 m
- d) Ninguna de las anteriores

$$\Delta \beta = 10 \log \frac{I_1}{I_2} \rightarrow 80 = 10 \log \left(\frac{I_1}{I_2} \right)$$

$$10^8 = \frac{I_1}{I_2} \quad \frac{I_1}{I_2} = \frac{r_2^2}{r_1^2}$$

$$10^8 = \frac{r_2^2}{10^2}$$

$$r_2^2 = 10^6 = 1000$$

$$1 \cdot 10^3 \text{ m}$$

38. La interacción de los neutrones con la materia puede ser por:

- a) Fusión nuclear
- b) Fisión nuclear
- c) Aniquilación del neutrón
- d) Todas las respuestas son correctas

positivo

40. La creación de pares electrón-positrón:

- a) Se produce en la interacción de los neutrones con la materia
- b) Es menos probable a medida que aumenta el número atómico del medio
- c) Es más probable a medida que aumenta el número atómico del medio
- d) Durante el proceso, el fotón que interacciona no pierde completamente toda su energía

41. Una misma dosis absorbida de radiación será:

- a) Igual de perjudicial para el organismo, independientemente del tipo de radiación
- b) Más perjudicial para el organismo si es administrada con partículas beta que si es administrada por partículas gama
- c) Más perjudicial para el organismo si se trata de irradiación interna respecto irradiación externa
- d) Más perjudicial para el organismo si es administrada con partículas alfa que si es administrada por partículas gama

42. ¿Cuál es el principal factor que determina si un fotón interaccionará por efecto fotoeléctrico o Compton?

- a) La transferencia lineal de energía (LET)
- b) La masa del núcleo
- c) La energía del fotón
- d) Ninguna de las anteriores

39. ¿Cuál es la relación entre la potencia de una onda y su intensidad?

a) $P = I \cdot 4\pi r^2$

$$I = \frac{P}{S} \rightarrow P = I \cdot S$$

$$P = 4\pi r^2 \cdot I$$

b) $P = I/4\pi r^2$

c) $P = I/r^2$

d) Ninguna de las anteriores

PROBLEMAS (4 p)

Se resuelven los problemas en estas hojas de respuestas.
Utilizad las hojas en blanco para las resoluciones de los problemas

- 1) (1,0 p) Como hipótesis de trabajo, se propone una nueva fórmula para calcular la distribución de dosis absorbida impartida al paciente durante un tratamiento de radioterapia mediante medicina nuclear:

$$D = \frac{A \cdot e^{-\mu x} \cdot \rho \cdot \ln\left(\frac{I_0}{I}\right)}{\sigma \cdot \sqrt{2\pi}}$$

donde: D es la dosis absorbida (en Gy), A es la actividad del isótopo radiactivo, μ es el coeficiente de atenuación lineal, x es el grosor del tejido atravesado, ρ es la densidad del medio (kg/m^3), I_0 es la intensidad inicial de la radiación, I es la intensidad de la radiación después de atravesar el tejido y σ es un parámetro adicional con unidades desconocidas.

Determine las unidades fundamentales que debe tener el parámetro σ (en T, L, M, etc o, alternativamente, en unidades físicas, s, m, kg, etc).

Solució:

L'exponencial, el logaritme i l'arrel de 2π no tenen unitats

$$[D] = \left[\frac{A \cdot \rho}{\sigma} \right] \rightarrow [Gy] = \left[\frac{1 \cdot \frac{\text{kg}}{\text{s} \cdot \text{m}^3}}{\sigma} \right] \rightarrow \left[\frac{J}{\text{kg}} \right] = \left[\frac{\text{kg}}{\sigma \cdot \text{s} \cdot \text{m}^3} \right] \rightarrow \left[\frac{\text{kg} \cdot \frac{\text{m}^2}{\text{s}^2}}{\text{kg}} \right] = \left[\frac{\text{kg}}{\sigma \cdot \text{s} \cdot \text{m}^3} \right]$$

$$[\sigma] = \left[\frac{\text{kg} \cdot \text{s}^2}{\text{s} \cdot \text{m}^3} \right] = \left[\frac{\text{kg} \cdot \text{s}}{\text{m}^3} \right] = \left[\text{kg} \cdot \text{s} \cdot \text{m}^{-3} \right] = \left[M \cdot T \cdot L^{-3} \right]$$

- 2) (1,5 p) Un ecógrafo emite ultrasonidos de 1 MHz de frecuencia y su sonda ecográfica está en contacto con el paciente. Tras atravesar una cierta distancia de grasa homogénea, parte de la onda ultrasónica se refleja en el hígado y el eco ultrasónico reflejado retorna hacia la sonda ultrasónica. Teniendo en cuenta los datos de las tablas del final del ejercicio y que la relación entre la intensidad transmitida y la intensidad incidente en el cambio de medio grasa (Z_1) a hígado (Z_2) es

$$\frac{I_t}{I_i} = \frac{4 \cdot Z_1 \cdot Z_2}{(Z_1 + Z_2)^2}$$

- a) (1,0 p) Calcular la distancia entre la sonda ultrasónica y el cambio de medio grasa-hígado sabiendo que la relación entre la intensidad inicial de emisión de la sonda y la intensidad final del eco recibida por la sonda ultrasónica es $I_{\text{final}}/I_{\text{inicial}} = 2,4 \cdot 10^{-3}$.



$$Z_1 = 1,34 \cdot 10^6 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2 \cdot \text{s}} \quad \text{Greix}$$

$$Z_2 = 1,65 \cdot 10^6 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2 \cdot \text{s}} \quad \text{Fetge, hígado}$$

$$\frac{I_r}{I_i} = 1 - \frac{I_1}{I_i} = 1 - \frac{4 \cdot Z_1 \cdot Z_2}{(Z_1 + Z_2)^2} = \frac{(Z_1 - Z_2)^2}{(Z_1 + Z_2)^2} = 1 - 0,989251 = 0,010749 = 1,07\%$$

$$k' = 10 \cdot k \cdot \log(e) = 0,65 \text{ dB/cm}$$

$$k = \frac{k'}{10 \cdot \log(e)} = 0,149668 \text{ cm}^{-1}$$

$$I_2 = I_1 \cdot e^{(-k \cdot x)}$$

$$I_3 = I_2 \cdot \frac{(Z_1 - Z_2)^2}{(Z_1 + Z_2)^2}$$

$$I_4 = I_3 \cdot e^{(-k \cdot x)}$$

$$\frac{I_4}{I_1} = e^{(-2 \cdot k \cdot x)} \cdot \frac{(Z_1 - Z_2)^2}{(Z_1 + Z_2)^2}$$

$$x = \frac{-1}{2 \cdot k} \cdot \ln \left(\frac{\frac{I_4}{I_1}}{\frac{(Z_1 - Z_2)^2}{(Z_1 + Z_2)^2}} \right) = \frac{-1}{2 \cdot 0,149668 \text{ cm}^{-1}} \cdot \ln \left(\frac{2,410^{-3}}{0,010749} \right) = 5,008998 \text{ cm} \approx 5,01 \text{ cm}$$

b) (0,5 p) Se utiliza el mismo equipo que en los apartados anteriores, con la misma configuración de funcionamiento, pero ahora en otro paciente y en una exploración de un vaso sanguíneo. Si el vaso sanguíneo forma un ángulo de 47° con el haz ultrasónico y el incremento de frecuencia debido al efecto Doppler es de 88 Hz, calcular la velocidad de la sangre en el vaso sanguíneo.

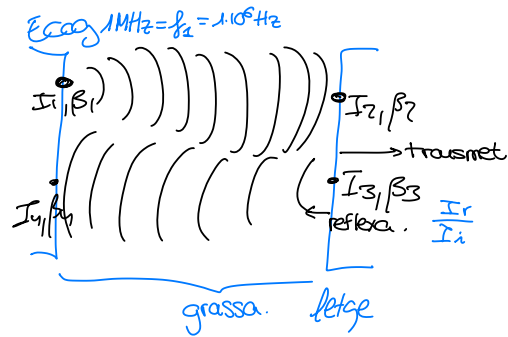
$$\Delta f = f_D = 2 \cdot f_0 \cdot \frac{v_{\text{sang}}}{v_{\text{so}}} \cos \alpha$$

$$v_{\text{sang}} = \frac{\Delta f \cdot v_{\text{so}}}{2 \cdot f_0 \cdot \cos \alpha} = \frac{88 \frac{1}{\text{s}} \cdot 1560 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{2 \cdot 1 \cdot 10^6 \frac{1}{\text{s}} \cdot \cos 47^\circ} = 0,1006 \frac{\text{m}}{\text{s}} = 10,06454 \frac{\text{cm}}{\text{s}} \approx 10,1 \frac{\text{cm}}{\text{s}}$$

2) (1,5 p) Un ecógrafo emite ultrasonidos de 1 MHz de frecuencia y su sonda ecográfica está en contacto con el paciente. Tras atravesar una cierta distancia de grasa homogénea, parte de la onda ultrasónica se refleja en el hígado y el eco ultrasónico reflejado retorna hacia la sonda ultrasónica. Teniendo en cuenta los datos de las tablas del final del ejercicio y que la relación entre la intensidad transmitida y la intensidad incidente en el cambio de medio grasa (Z_1) a

hígado (Z_2) es $\frac{I_t}{I_i} = \frac{4 \cdot Z_1 \cdot Z_2}{(Z_1 + Z_2)^2}$

a) (1,0 p) Calcular la distancia entre la sonda ultrasónica y el cambio de medio grasa-hígado sabiendo que la relación entre la intensidad inicial de emisión de la sonda y la intensidad final del eco recibida por la sonda ultrasónica es $I_{final}/I_{inicial} = 2,4 \cdot 10^{-3}$.



$Z_1 = 1,34 \cdot 10^6$ $Z_2 = 1,65 \cdot 10^6$ $I_3 = \frac{4 \cdot 1,34 \cdot 10^6 \cdot 1,65 \cdot 10^6}{(1,34 \cdot 10^6 + 1,65 \cdot 10^6)^2} = \frac{8,844 \cdot 10^{12}}{8,9401 \cdot 10^{12}} = 0,9893$ $I = I_0 e^{-kx}$

$\frac{I_4}{I_1} = 2,4 \cdot 10^{-3}$ $I_{inc} = I_{trans} + I_{ref}$ $1 = \frac{I_t}{I_i} + \frac{I_r}{I_i} \rightarrow \frac{I_r}{I_i} = 1 - 0,9893 = 0,0107$

$I_2 = I_1 e^{-kx}$

$k' = 0,65$ $k = \frac{0,65}{10 \log(e)} = 0,1497 \text{ cm}^{-1}$

$I_2 = I_1 e^{-kx}$
 $I_3 = I_2 \cdot \frac{I_r}{I_i}$
 $I_4 = I_3 e^{-kx}$

$\frac{I_3}{I_2} = \frac{I_4}{I_1} = 2,4 \cdot 10^{-3}$

$\frac{I_4}{I_1} = \frac{I_3 e^{-kx}}{I_2 e^{kx}} \rightarrow \frac{I_2 \cdot 0,0107 \cdot e^{-kx}}{I_2 e^{kx}} \rightarrow \frac{I_2 \cdot 0,0107 e^{-kx} \cdot e^{-kx}}{I_2}$

$0,0107 e^{-2kx} = 2,4 \cdot 10^{-3} \rightarrow e^{-2kx} = 0,2243$

$\ln(0,2243) = -2 \cdot 0,1497 \cdot x$

$x = 4,99 \text{ cm}$

b) $\alpha = 45^\circ$ $f_D = 88 \text{ Hz}$

$1 \cdot 10^6 \text{ Hz}$

$f_D = \frac{2f v_r}{v_s} \cdot \cos \alpha \rightarrow v_r = \frac{f_D \cdot v_s}{2f \cdot \cos \alpha} = \frac{88 \cdot 1500}{2 \cdot 10^6 \cdot \cos 45} = 0,0971 \text{ m/s}$