

Topic 4 – Wave

Formative Assessment

PROBLEM SET

NAME: _____ TEAM: _____

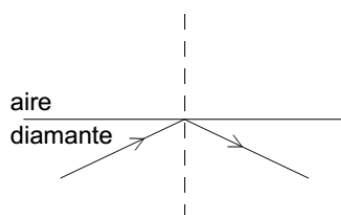
THIS IS A PRACTICE ASSESSMENT. Show formulas, substitutions, answers, and units!

- Dibujar aproximadamente e interpretar diagramas de frentes de onda y rayos
- Resolver problemas de amplitud, intensidad y de la ley de la inversa del cuadrado
- Dibujar aproximadamente e interpretar la superposición de pulsos y ondas
- Describir métodos de polarización
- Dibujar aproximadamente e interpretar diagramas donde se ilustren haces polarizados, reflejados y transmitidos
- Resolver problemas relacionados con la ley de Malus

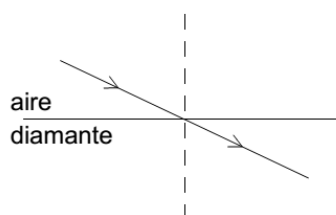
Topic 4.4 - Wave behavior / Paper1

1. Un rayo de luz incide sobre la frontera aire–diamante. Si el índice de refracción del diamante es mayor que 1, ¿cuál de los diagramas muestra la trayectoria correcta del rayo de luz? **A**

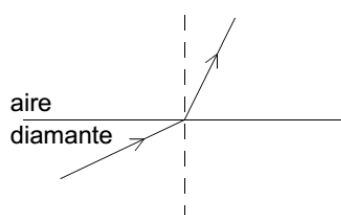
A.



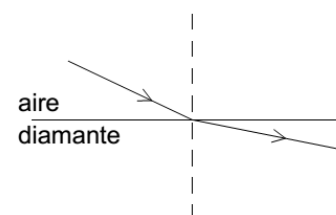
B.



C.

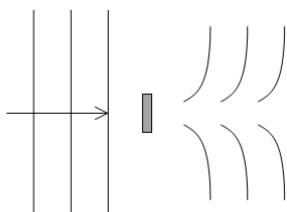


D.

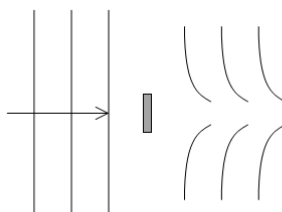


2. ¿Cuál de los diagramas muestra la forma del frente de onda que resulta de la difracción de ondas planas por un objeto? **A**

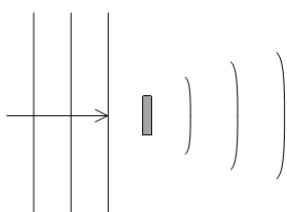
A.



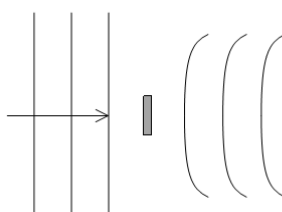
B.



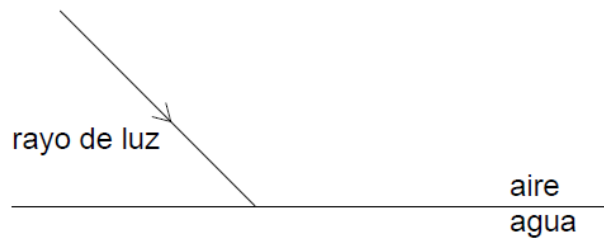
C.



D.



3. Un rayo de luz pasa del aire al agua como se muestra.



¿Cómo serán los cambios en la longitud de onda de la luz y en el ángulo que forma el rayo con la normal a la superficie?

	Longitud de onda	Ángulo con la normal
A.	aumenta	aumenta
B.	aumenta	disminuye
C.	disminuye	aumenta
D.	disminuye	disminuye

4. Dos ondas idénticas de longitud de onda λ son emitidas en fase por dos fuentes. Las ondas se encuentran y se superponen después de haber viajado distancias diferentes. ¿Qué diferencia de camino resultará en una interferencia destructiva?

- A. $\lambda/4$
- B. $\lambda/2$**
- C. $3\lambda/4$
- D. λ

5. La luz con longitud de onda de 600nm pasa del aire al vidrio con dirección de incidencia normal. El índice de refracción del vidrio es de 1,5. La velocidad de la luz en el aire es c . ¿Cuál de las siguientes respuestas identifica correctamente la velocidad de las ondas y su longitud de onda dentro del vidrio?

	Velocidad	Longitud de onda
A.	$2c/3$	900 nm
B.	c	900nm
C.	c	400nm
D.	$2c/3$	400 nm

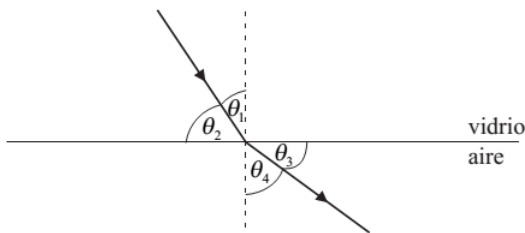
6. El fenómeno de la difracción está asociado

- A. solamente con las ondas sonoras.
- B. solamente con las ondas de luz.
- C. solamente con las ondas en el agua.
- D. con todas las ondas.**

7. Luz monocromática viaja desde el aire hasta el agua. ¿Cuál de las siguientes opciones describe los cambios en la longitud de onda y en la rapidez?

	Longitud de onda	Rapidez
A.	aumenta	disminuye
B.	aumenta	aumenta
C.	disminuye	aumenta
D.	disminuye	disminuye

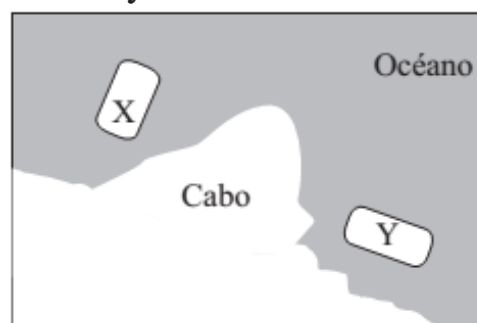
8. Un rayo de luz incide sobre una superficie de separación entre vidrio y aire.



¿Cuál de los siguientes es el índice de refracción del vidrio? **D**

- A. $\frac{\text{sen}\theta_1}{\text{sen}\theta_3}$
- B. $\frac{\text{sen}\theta_1}{\text{sen}\theta_4}$
- C. $\frac{\text{sen}\theta_3}{\text{sen}\theta_2}$
- D. $\frac{\text{sen}\theta_4}{\text{sen}\theta_1}$

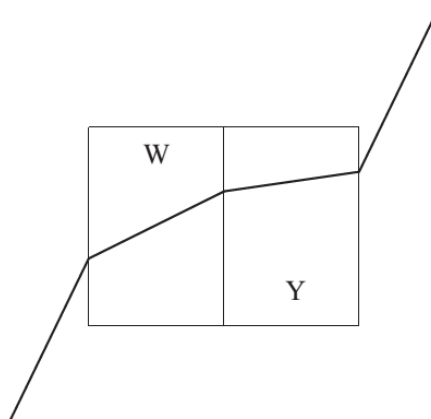
9. Una orquesta que está tocando en el barco X puede escucharse desde el barco Y, que está situado del otro lado de un cabo y no resulta visible desde X.



El sonido procedente de X puede escucharse en Y debido a

- A. la refracción.
- B. la reflexión.
- C. la difracción.
- D. la transmisión.

10. Un rayo luminoso viaja desde el vacío hacia dos bloques rectangulares transparentes. Los bloques tienen índices de refracción W e Y .



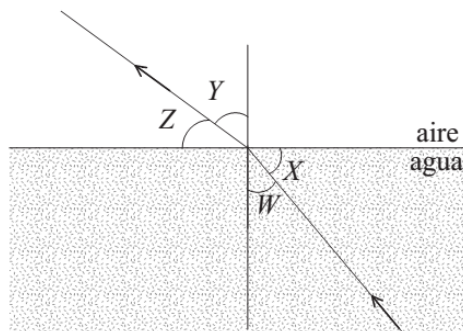
¿Cuál de las siguientes es la verdadera?

- A. $Y < W < 1$
- B. $Y < 1 < W$
- C. $W < 1 < Y$
- D. $1 < W < Y$**

11. Luz de longitud de onda λ , en el aire, viaja desde el aire hasta un bloque de vidrio de índice de refracción n . ¿Cuál de las siguientes es la longitud de onda de la luz en el vidrio?

- A. $n\lambda$
- B. n/λ
- C. λ/n**
- D. λ

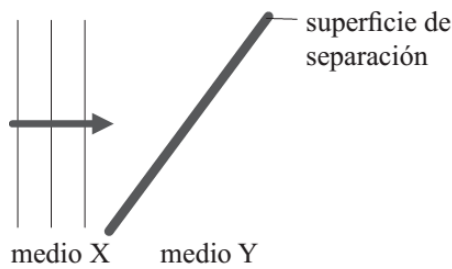
12. Sobre una superficie de separación incide luz que se desplaza del agua al aire.



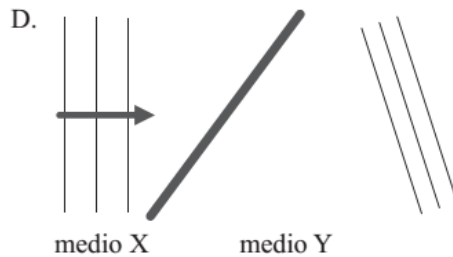
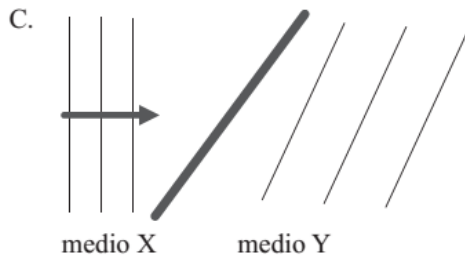
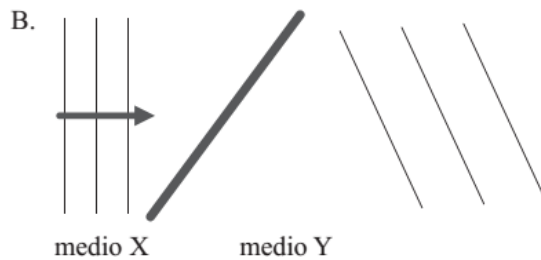
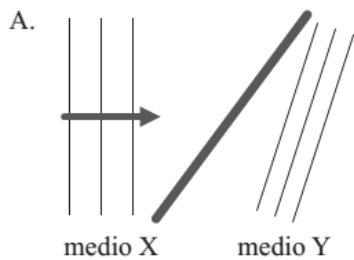
¿Cuál de las siguientes respuestas es un enunciado correcto de la ley de Snell para esta situación?

- A. $\text{sen } Z = \text{constante} \cdot \text{sen } Y$
- B. $\text{sen } W = \text{constante} \cdot \text{sen } Z$
- C. $\text{sen } X = \text{constante} \cdot \text{sen } Z$
- D. $\text{sen } W = \text{constante} \cdot \text{sen } Y$**

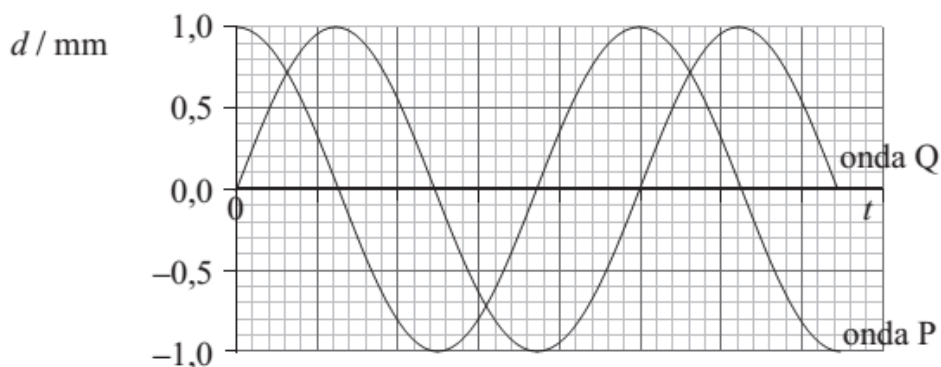
13. el diagrama siguiente muestra varios frentes de onda planos de una onda que está aproximándose a la superficie de separación entre dos medios, X e Y. La rapidez de la onda es mayor en el medio X que en el Y. La onda atraviesa la superficie de separación.



¿cuál de los siguientes diagramas es el correcto? **A**



14. La gráfica que sigue a continuación muestra, por separado, las variaciones con el tiempo de los desplazamientos d de un medio, en un punto concreto de él, debidos a dos ondas, P y Q.

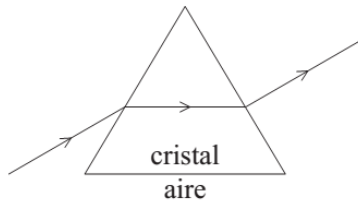


la amplitud de la onda resultante de la interferencia entre P y Q es

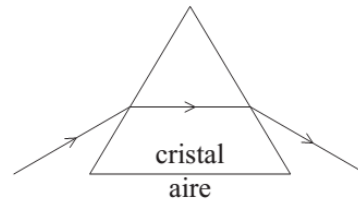
- A. 0,0 mm.
- B. 1,0 mm.
- C. 1,4mm.**
- D. 2,0 mm.

15. ¿cuál de los siguientes diagramas muestra mejor la trayectoria de un rayo de luz monocromática a través de un prisma de cristal en el aire? **b**

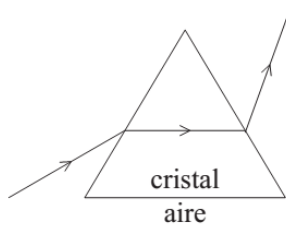
A.



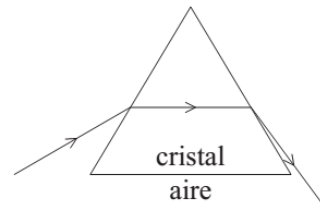
B.



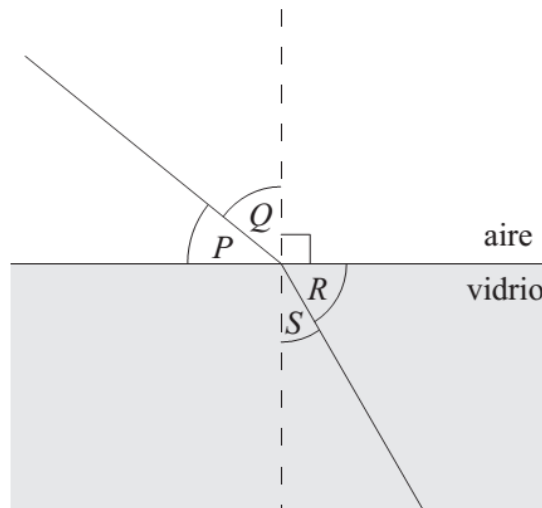
C.



D.



16. un haz de luz incide sobre una frontera aire – vidrio tal como se muestra a continuación.



¿Cuál de las siguientes es una expresión correcta de la ley de Snell?

A. $\text{sen } P = \text{constante} \cdot \text{sen } R$

B. $\text{sen } P = \text{constante} \cdot \text{sen } S$

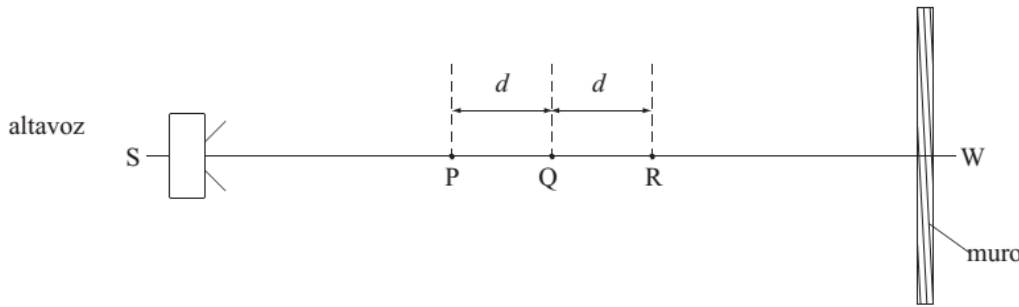
C. $\text{sen } Q = \text{constante} \cdot \text{sen } R$

D. $\text{sen } Q = \text{constante} \cdot \text{sen } S$

17. ¿Qué cambios tienen lugar, si es que los hay, en la longitud de onda y en la frecuencia de una onda luminosa, cuando atraviesa la superficie de separación desde el aire hasta el vidrio?

	Longitud de onda	Frecuencia
A.	Disminuye	Disminuye
B.	Disminuye	No cambia
C.	Aumenta	Aumenta
D.	Aumenta	No cambia

18. Un altavoz emite un sonido de frecuencia f . Las ondas sonoras son reflejadas por un muro. El montaje se muestra a continuación.



Cuando se desplaza un micrófono a lo largo de la línea SW, se detectan mínimos de sonoridad en los puntos P, Q y R. No hay otros mínimos entre esos puntos. La separación de los mínimos es d . La velocidad de la onda sonora es

A. $1/2fd$.

B. f/d .

C. fd .

D. $2fd$.

19. Las ondas estacionarias en un tubo abierto aparecen como resultado de

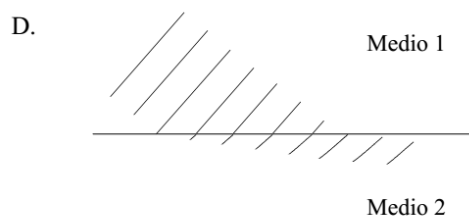
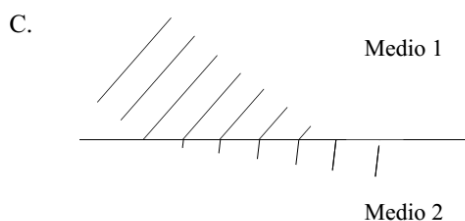
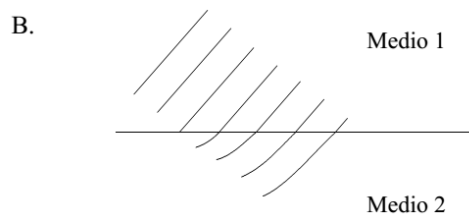
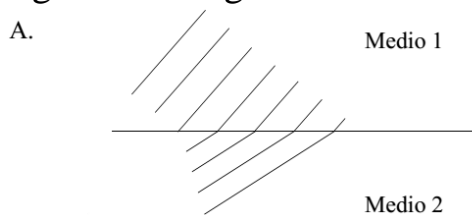
A. reflexión y superposición.

B. reflexión y difracción.

C. superposición y difracción.

D. reflexión y refracción.

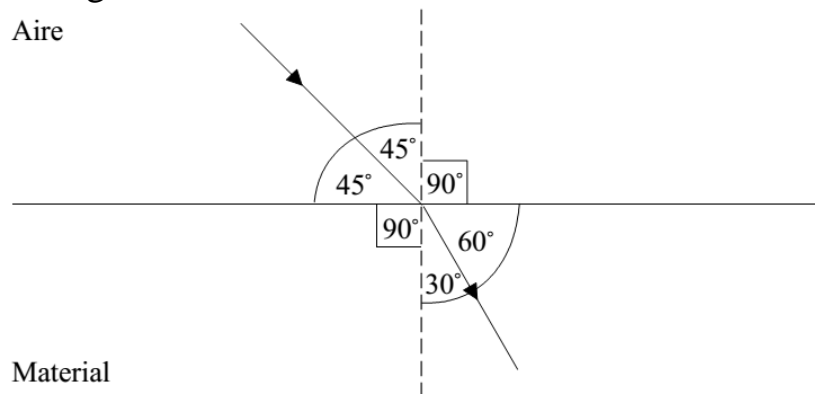
20. Una onda plana se aproxima a la superficie de separación de dos medios y la atraviesa. La rapidez de la onda en el medio 1 es mayor que en el medio 2. ¿Cuál de los siguientes diagramas muestra correctamente los frentes de onda? **A**



21. Las ondas pueden ser reflejadas, refractadas y difractadas. ¿Cuál de estos efectos puede explicarse mediante el principio de Huygens?

- A. reflexión, refracción y difracción
- B. reflexión y refracción solamente
- C. refracción y difracción solamente
- D. reflexión y difracción solamente

22. La luz se refracta en la superficie de separación entre el aire y un cierto material, tal y como se muestra en la figura.



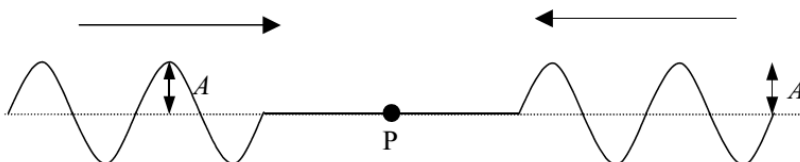
La siguiente tabla indica los valores del seno de algunos ángulos.

Ángulo	0°	30°	45°	60°	90°
Sen (ángulo)	0,00	0,50	0,71	0,87	1,00

¿Cuál de las siguientes es la mejor estimación del Índice de refracción del material?

- A. 0,8
- B. 1,2
- C. 1,4
- D. 1,7

23. Dos ondas de la misma frecuencia, longitud de onda y amplitud, A, viajan a lo largo de una cuerda dirigiéndose hacia el mismo punto P, como se muestra en la figura.



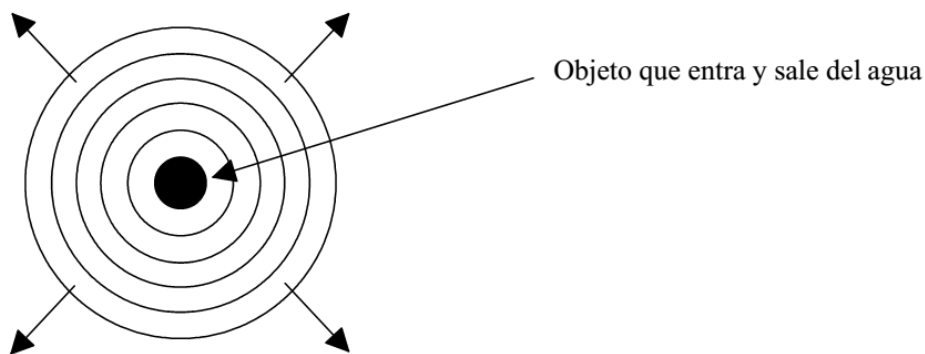
Si las ondas llegan a P en el mismo instante, ¿cuál de las siguientes es la mejor descripción del movimiento posterior del punto P de la cuerda?

- A. No se mover.
- B. Oscilar con amplitud A.
- C. Oscilar con amplitud 2 A.
- D. Oscilar con amplitud variable.

24. La luz procedente del aire incide en un bloque de vidrio. ¿Qué le ocurre a la frecuencia y a la longitud de onda de la luz al entrar en el vidrio?

- | | Frecuencia | Longitud de onda |
|-----------|-------------------|-------------------------|
| D. | no cambia | no cambia |
| C. | no cambia | cambia |
| B. | cambia | no cambia |
| A. | cambia | cambia |

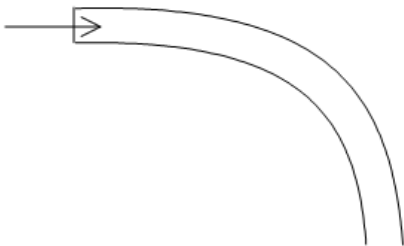
25. Un objeto que oscila entrando y saliendo del agua produce ondas circulares en el agua. Los círculos del diagrama representan las crestas de las ondas desplazándose hacia fuera.



Si la frecuencia con la que dicho objeto entra y sale se dobla, la distancia entre las crestas de las ondas:

- A. permanecerá inalterada.
- B. será la mitad.**
- C. será el doble.
- D. será el cuádruple.

26. La luz entra por un extremo de una varilla de vidrio curvada.



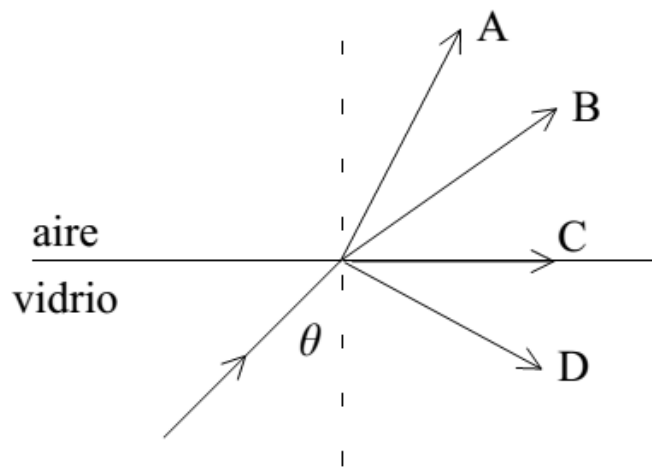
La curvatura de la varilla es lo suficiente como para que no se produzca una reflexión interna total. ¿Cuál de los siguientes describe mejor lo que le ocurre a la luz?

- A. Será absorbida en la varilla.
- B. Será reflejada de vuelta y saldrá por el mismo extremo.
- C. Continuará a lo largo de su ruta original por la que entre y saldrá de la varilla sin desviación alguna.
- D. Ser refractada y saldrá por un lado de la varilla.**

27. Cuando las ondas de luz pasan del aire al vidrio, algo sucede con la frecuencia y la longitud de onda de la luz. Elija **una** alternativa.

- | Frecuencia | Longitud de onda |
|---------------------------|------------------|
| D. aumenta | disminuye |
| C. permanece igual | aumenta |
| B. disminuye | aumenta |
| A. permanece igual | disminuye |

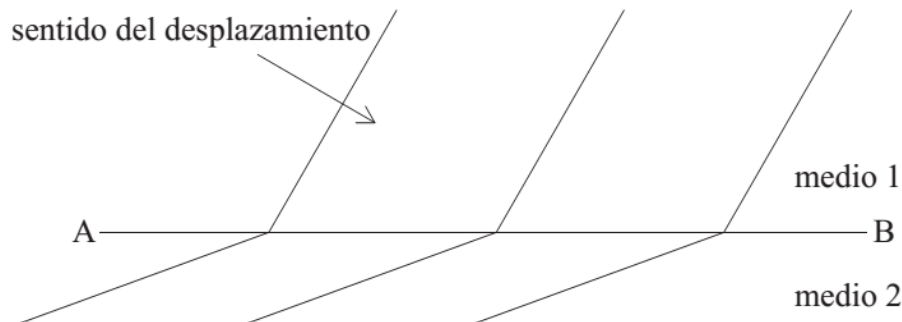
28. Un rayo de luz que se propaga en vidrio incide en el límite de vidrio-aire con un ángulo θ con la normal según se indica en la figura. Si θ es mayor que el ángulo crítico, ¿**Cuál** de los rayos muestra correctamente la trayectoria del rayo? **D**



Topic 4.4 - Wave behavior / Paper2

1. Esta pregunta trata de las ondas.

(a) En el siguiente diagrama a escala, unos frentes de onda planos se desplazan de un medio 1 a un medio 2 a través de una frontera AB.



Indique y explique en qué medio los frentes de onda tienen mayor velocidad. [3]

(b) Tomando medidas a partir del diagrama, determine el cociente

$$\frac{\text{Velocidad de onda en el medio 1}}{\text{Velocidad de onda en el medio 2}} \quad [3]$$

- A2.** (a) medium 1;
wavelength is greater than in medium 2;
and $c = f\lambda$ and frequency is same in both media;

[3]

*Award [1] if the candidate answers medium 2, because wavelength is greater.
Award [1] for correct medium and mention of bending towards normal when entering medium 2. Award [0] for correct medium but incorrect or no explanation.*

(b) measurement of wavelength:

$$\lambda_1 = 2.5 \text{ cm};$$

$$\lambda_2 = 1.0 \text{ cm};$$

$$\frac{c_1}{c_2} = \frac{\lambda_1}{\lambda_2} = 2.5 (\pm 0.2);$$

or

measurement of incident and refraction angles:

$$\theta_1 = 60^\circ;$$

$$\theta_2 = 20^\circ;$$

$$\frac{c_1}{c_2} = \frac{\sin \theta_1}{\sin \theta_2} = 2.5;$$

[3]

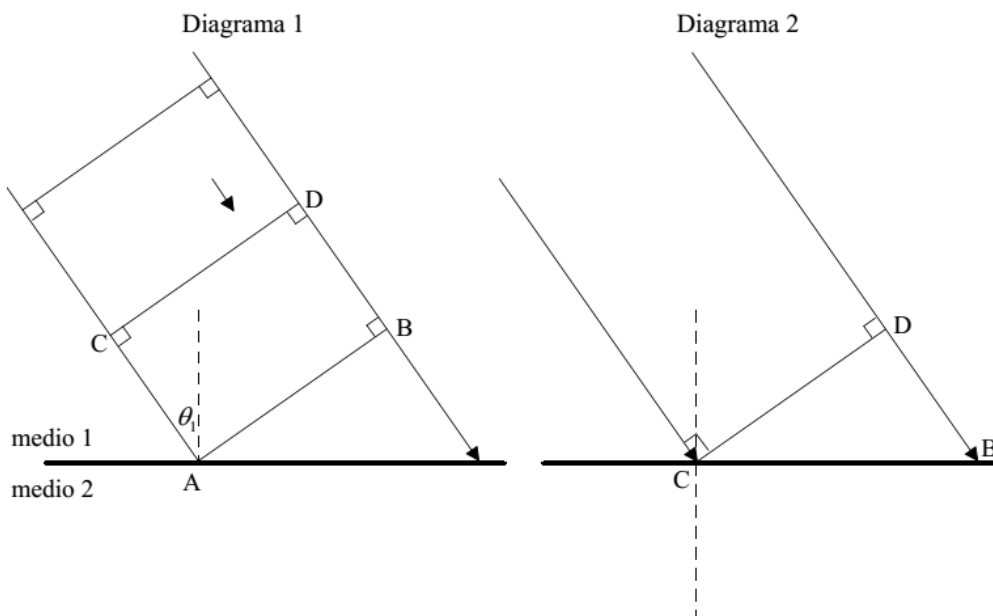
Award [2] if the candidate gets it the wrong way round in either method, but they must have answered medium 2 in (a).

2. Refracción

(a) Indique el principio de Huygens. [1]

El diagrama 1 bajo estas líneas muestra una onda que se aproxima a la frontera entre el medio 1 y el medio 2. AB y CD son dos frentes de onda.

El diagrama 2 muestra la situación un instante más tarde cuando el punto C del frente de onda CD acaba de alcanzar la frontera. La velocidad de la onda en el medio 1 es v_1 y la velocidad en el medio 2 es v_2 . v_1 es mayor que v_2 .



(b) En el diagrama 2 arriba

(i) dibuje el frente de onda AB. [1]

(ii) dibuje una línea que represente la distancia recorrida por el punto A. [1]

(iii) marque la distancia recorrida por el punto B con la letra “s”. [1]

(c) Utilice el diagrama 2, completado por usted, para deducir la relación

$$\frac{\sin \theta_1}{\sin \theta_2} = \frac{v_1}{v_2}$$

donde θ_1 es el ángulo de incidencia y θ_2 es el ángulo de refracción. [6]

(d) En el medio 1 la onda tiene una longitud de onda de 4,0 cm y se desplaza a una velocidad de $8,0 \text{ cm s}^{-1}$. Determine la frecuencia de la onda en el medio 2. [2]

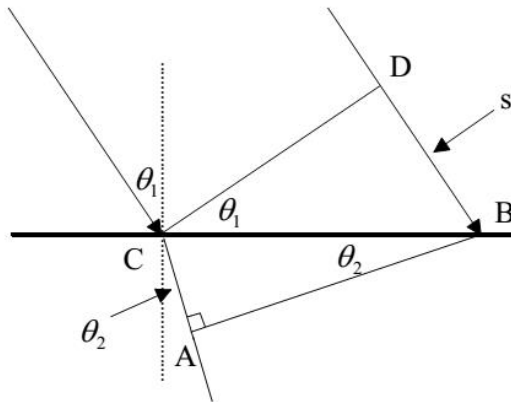
(e) El ángulo de incidencia es de 60° y el ángulo de refracción es de 35° . Calcule la velocidad de la onda en el medio 2. [2]

B2. Part 2 Refraction

- (a) each point on a wavefront acts as a source of a secondary wave / *OWTTE*;

[1]

(b)



- (i) position of AB;

[1]

- (ii) line AC;

[1]

$\angle CAB$ should look to be 90° .

- (iii) line $BD = s$;

[1]

- (c) *Look for these points:*

$$\angle \text{DCB} = \theta_1;$$

$$\angle \text{CBA} = \theta_2;$$

time taken to travel CA and DB is the same;

$$CA = v_2 \Delta t \text{ and } DB = v_1 \Delta t$$

$$\sin \theta_1 = \frac{DB}{BC};$$

$$\sin \theta_2 = \frac{AC}{BC};$$

therefore $\frac{\sin \theta_1}{\sin \theta_2} = \frac{DB}{AC} = \frac{v_1 \Delta t}{v_2 \Delta t} = \frac{v_1}{v_2}$;

[6]

- (d) $f = \frac{c}{\lambda}$;

$$\text{frequency in medium 1} = \text{frequency in medium 2} = \frac{8.0}{4.0} = 2.0 \text{ Hz};$$

[2]

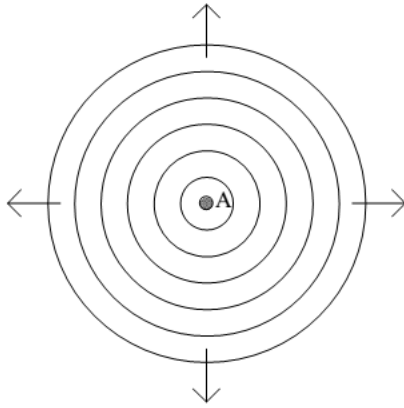
- $$(e) \quad \frac{\sin 60}{\sin 35} = \frac{v_1}{v_2} = 1.5;$$

therefore $v_2 = \frac{8.0}{1.5} = 5.3 \text{ cm s}^{-1}$;

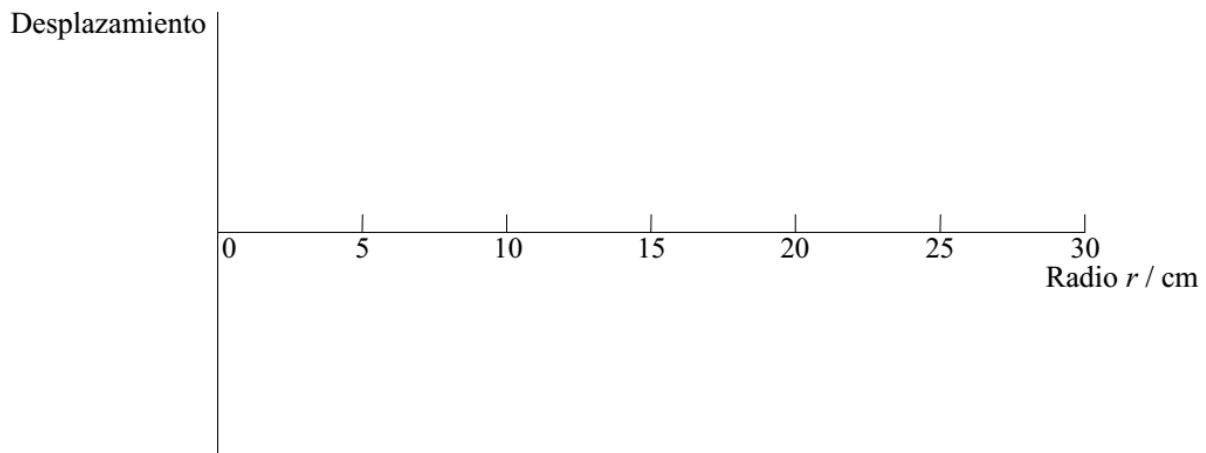
[2]

3. Propiedades de las ondas circulares en el agua

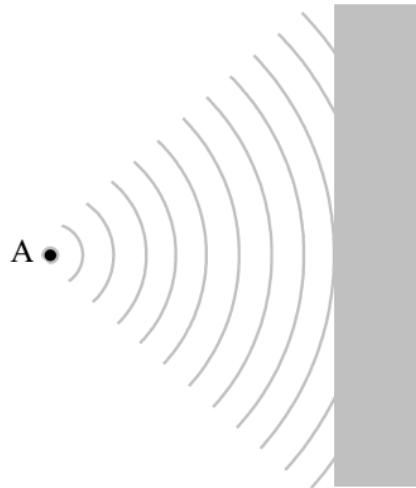
- (a) Las ondulaciones en el agua pueden ser consideradas esencialmente como ondas transversales. Explique cuál es el significado de la expresión onda transversal.
- (b) Un oscilador de frecuencia 3,0 Hz genera ondas sobre la superficie del agua. Vistas desde arriba, las ondas se extienden en circunferencias a partir del punto A, como se muestra en el diagrama. La distancia entre dos frentes de onda es de 5,0 cm.



- (i) Calcule la rapidez de las ondas. [2]
- (ii) La amplitud de una onda es una medida de la energía transportada por la onda. Explique lo que usted cree que sucede con la amplitud de las ondas cuando se propagan extendiéndose en circunferencias cada vez mayores a partir del punto A. [2]
- (iii) Sobre los ejes situados más abajo, esquematice un gráfico del desplazamiento del agua a lo largo de una línea recta que parte de A, en un instante determinado. (Nota: Se trata de un esquema gráfico; no necesita añadir valores al eje del desplazamiento.) [3]



- (c) El diagrama de más abajo muestra las ondas circulares incidentes sobre una barrera plana.



Sobre el diagrama,

- (i) trace un frente de onda que haya sido reflejado en la barrera. [1]
- (ii) trace dos rayos que, partiendo del punto A, correspondan a frentes de onda incidentes. [1]
- (iii) localice la posición a partir de la cuál parecen surgir las ondas reflejadas. [2]

B3. Part 2 Properties of circular waves on water

- (a) motion of the particles is perpendicular;
to direction of wave travel / *OWTTE*;
or by suitable diagram;

[2 max]

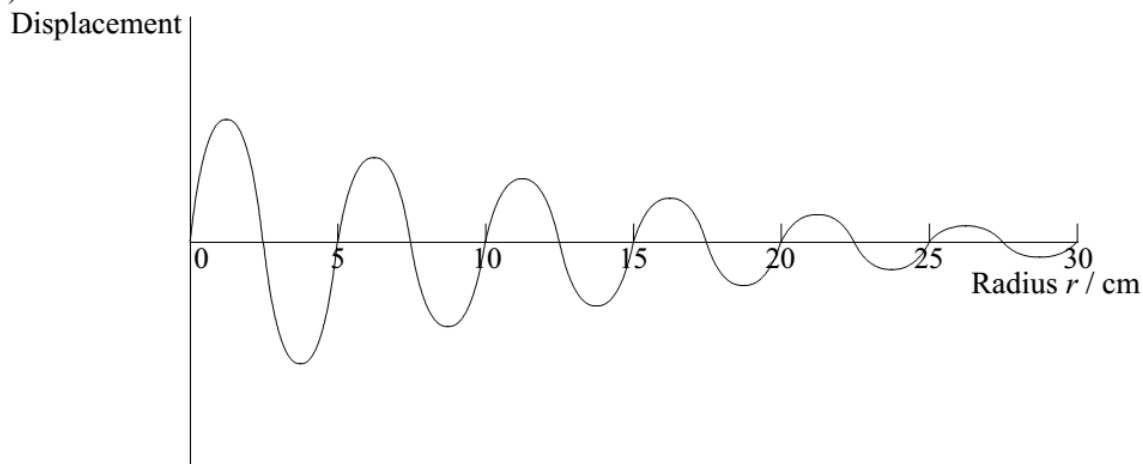
- (b) (i) 5 cm in $\frac{1}{3}$ second;
so $v = 15 \text{ cm s}^{-1}$;

[2 max]

- (ii) amplitude will decrease;
because wavefront circumference is increasing so energy is more “spread out”;
OWTTE;
Allow [1] for saying energy dissipates with time or distance due to frictional effects.

[2 max]

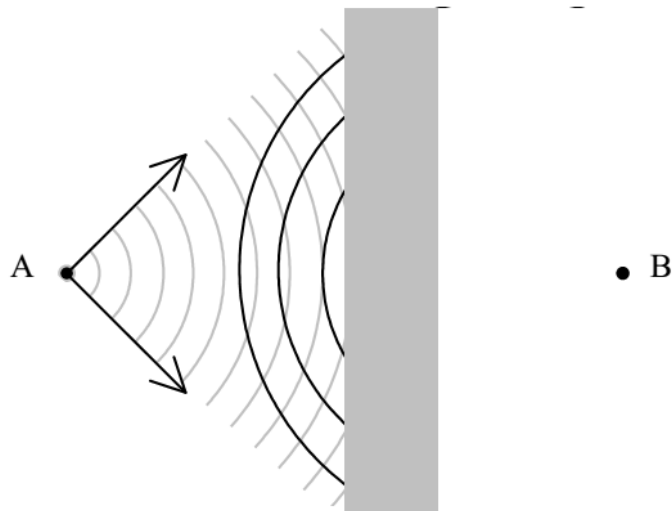
- (iii)



- oscillations;
correct wavelength (5.0 cm);
decreasing amplitude;

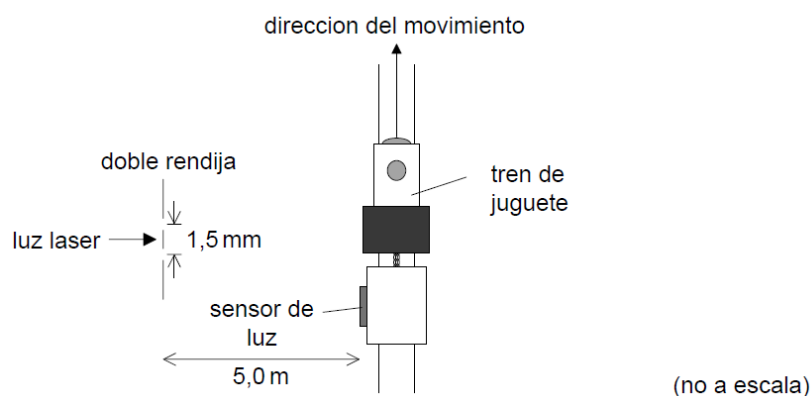
[3 max]

(c)



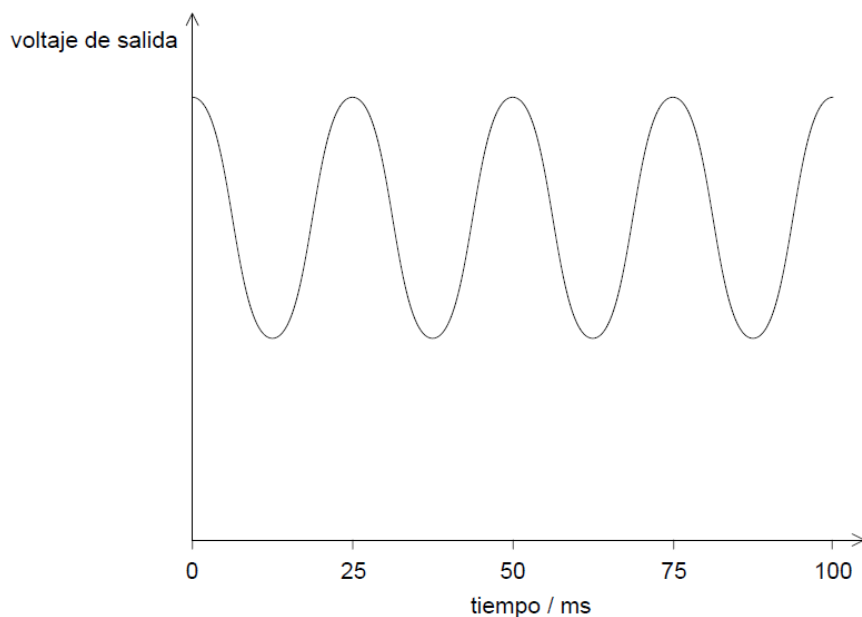
- (i) correct wavefront [1]
- (ii) two rays at right angles to the wavefronts [1]
- (iii) reflected rays;
extended backwards to intersect at B; [2 max]
B should be roughly as far behind the left hand side of the barrier as A is in front.

4. Un estudiante investiga cómo puede utilizarse la luz para medir la rapidez de un tren de juguete.



La luz de un láser incide sobre una doble rendija. Un sensor de luz ligado al tren detecta la luz procedente de las rendijas.

El gráfico muestra la variación con el tiempo del voltaje de salida del sensor de luz, a medida que el tren se mueve paralelamente a las rendijas. El voltaje de salida es proporcional a la intensidad de la luz que incide sobre el sensor.

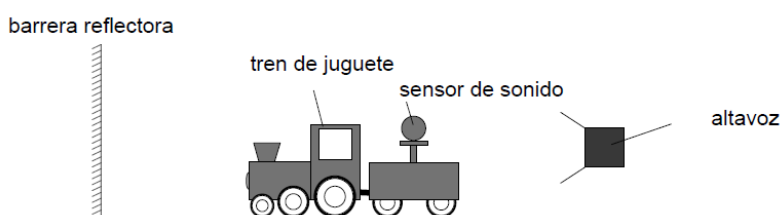


(a) Haciendo referencia al paso de la luz a través de las rendijas, explique por qué aparece una serie de picos de voltaje. [3]

b) (i) Las rendijas están separadas $1,5 \text{ mm}$ y la luz del láser tiene una longitud de onda de $6,3 \cdot 10^{-7} \text{ m}$. Las rendijas están situadas a $5,0 \text{ m}$ de las vías del tren. Calcule la separación entre dos posiciones adyacentes del tren en las que el voltaje de salida es un máximo. [1]

(ii) Estime la rapidez del tren. [2]

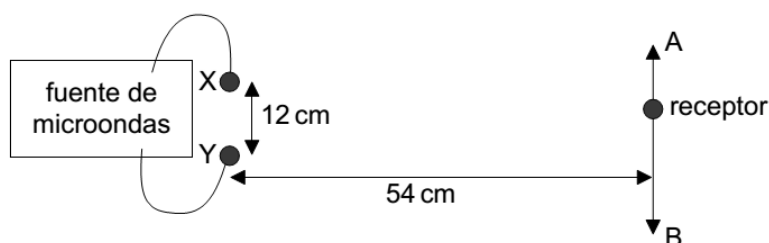
(c) En otro experimento, el estudiante reemplaza el sensor de luz por un sensor de sonido. El tren se aleja de un altavoz que emite ondas sonoras de amplitud y frecuencia constantes, hacia una barrera reflectora.



El sensor de sonido proporciona un gráfico de la variación del voltaje de salida con el tiempo, a lo largo de la vía, que es similar en su forma al gráfico de la página 8. Explique cómo surge este efecto. [2]

Question			Answers	Notes	Total
3.	a		«light» superposes/interferes ✓ pattern consists of «intensity» maxima and minima OR consisting of constructive and destructive «interference» ✓ voltage peaks correspond to interference maxima ✓		3
	b	i	$s = \frac{\lambda D}{d} = \frac{6.3 \times 10^{-7} \times 5.0}{1.5 \times 10^{-3}} = 2.1 \times 10^{-3} \text{ m}$ ✓	If no unit assume m. Correct answer only.	1
	b	ii	correct read-off from graph of 25 m s ✓ $v = \frac{x}{t} = \frac{2.1 \times 10^{-3}}{25 \times 10^{-3}} = 8.4 \times 10^{-2} \text{ m s}^{-1}$ ✓	Allow ECF from (b)(i)	2
Question			Answers	Notes	Total
	c		ALTERNATIVE 1 «reflection at barrier» leads to two waves travelling in opposite directions ✓ mention of formation of standing wave ✓ maximum corresponds to antinode/maximum displacement «of air molecules» OR complete cancellation at node position ✓		2 max

5. (a) Se colocan dos transmisores de microondas X e Y separados 12cm entre sí y se conectan a una misma fuente. Se sitúa un receptor único a 54cm de distancia y se desplaza a lo largo de una línea AB paralela a la línea que une X e Y.

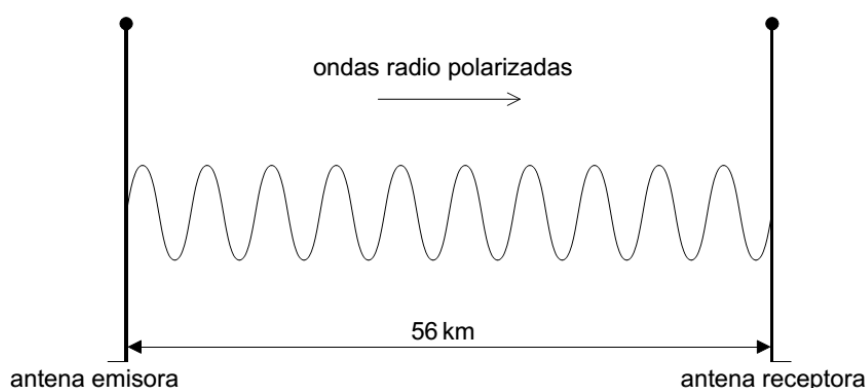


Se detectan máximos y mínimos de intensidad en varios puntos a lo largo de AB.

(i) Explique la formación de los mínimos de intensidad. [2]

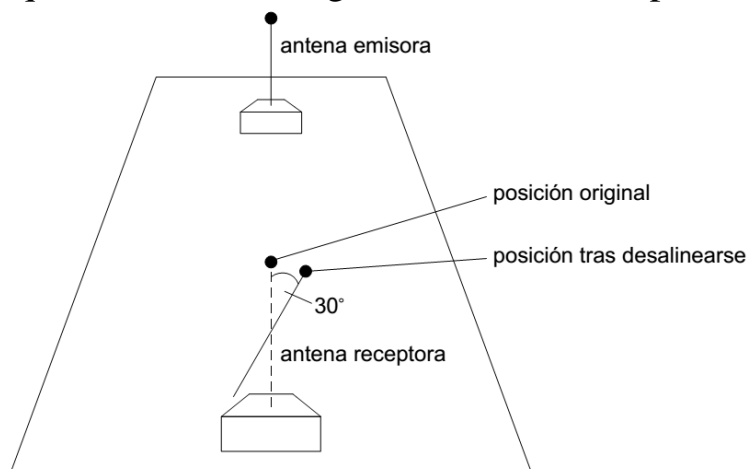
(ii) Si la distancia entre el máximo central y el primer mínimo es de 7,2cm, calcule la longitud de onda de las microondas. [2]

(b) Una antena formada por una barra conductora recta emite ondas radio. El plano de polarización de estas ondas es paralelo a la antena emisora.



Se utiliza una antena idéntica para la recepción. Sugiera por qué la antena receptora ha de ser paralela a la antena emisora. [2]

(c) La antena receptora queda desalineada, girada 30° desde su posición original.



La potencia de la señal recibida en esta nueva posición es de $12\mu\text{W}$.

(i) Calcule la potencia recibida en la posición original. [2]

(ii) Calcule el tiempo mínimo entre la emisión de la onda desde la antena emisora y su recepción. [1]

Question			Answers	Notes	Total
5.	a	i	<p>minima = destructive interference ✓</p> <p>at minima waves meet 180° or π out of phase ✓</p>	<p>Allow "crest meets trough", but not "waves cancel".</p> <p>Allow "destructive superposition" but not bald "superposition".</p> <p>Allow similar argument in terms of effective path difference of $\frac{\lambda}{2}$.</p> <p>Allow "antiphase", allow "completely out of phase"</p> <p>Do not allow "out of phase" without angle.</p> <p>Do not allow $\frac{n\lambda}{2}$ unless qualified to odd integers but accept $(n + \frac{1}{2})\lambda$</p>	2
	a	ii	<p>$\lambda = \frac{sd}{D}$ or $\lambda = \frac{12 \times 2 \times 7.2}{54} =$ or $\lambda = \frac{12 \times 7.2}{54} =$ seen ✓</p> <p>$\lambda = \frac{12 \times 2 \times 7.2}{54} = 3.2 \text{ «cm»}$ ✓</p>	<p>Award [2] for a bald correct answer.</p> <p>Award [1 max] for 1.6 «cm»</p> <p>Award [2 max] to a trigonometric solution in which candidate works out individual path lengths and equates to $\frac{\lambda}{2}$.</p>	2

Question		Answers	Notes	Total
	b	<p>ALTERNATIVE 1</p> <p>the component of the polarized signal in the direction of the receiving antenna ✓</p> <p>is a maximum «when both are parallel» ✓</p> <p>ALTERNATIVE 2</p> <p>receiving antenna must be parallel to plane of polarisation ✓ for power/intensity to be maximum ✓</p> <p>ALTERNATIVE 3</p> <p>refers to Malus' law or $I = I_0 \cos^2 \theta$ ✓</p> <p>explains that I is max when $\theta = 0$ ✓</p> <p>ALTERNATIVE 4</p> <p>an electric current is established in the receiving antenna which is proportional to the electric field ✓</p> <p>maximum current in receiving antenna requires maximum field «and so must be parallel» ✓</p>	Do not accept "receiving antenna must be parallel to transmitting antenna"	2

Question		Answers	Notes	Total
	c i	$I_0 = \frac{I}{\cos^2 \theta} \text{ or } \frac{12}{\cos^2 30} \text{ seen } \checkmark$ $1.6 \times 10^{-5} \text{ «W» } \checkmark$	<p>Award [2] for bald correct answer.</p> <p>Award [1 max] for MP1 if $9 \times 10^{-6} \text{ W}$ is the final answer (I and I_0 reversed).</p> <p>Award [1 max] if cos not squared ($14 \mu\text{W}$).</p> <p>Units not required but if absent assume W.</p>	2
	c ii	$1.9 \times 10^{-4} \text{ «s» } \checkmark$		1