



**FÍSICA**  
**NIVEL SUPERIOR**  
**PRUEBA 3**

Martes 17 de noviembre de 2009 (mañana)

Número de convocatoria del alumno

1 hora 15 minutos

0	0								
---	---	--	--	--	--	--	--	--	--

---

**INSTRUCCIONES PARA LOS ALUMNOS**

- Escriba su número de convocatoria en las casillas de arriba.
- No abra esta prueba hasta que se lo autoricen.
- Conteste todas las preguntas de dos de las opciones en los espacios provistos.
- Cuando termine el examen, indique en las casillas correspondientes de la portada de su examen las letras de las opciones que ha contestado.



**Opción E — Astrofísica**

**E1.** Esta pregunta trata sobre la estrella Becrux y sobre las variables cefeidas.

(a) Describa qué entendemos por

(i) la escala de magnitudes aparentes. [2]

.....  
.....  
.....  
.....

(ii) magnitud absoluta. [1]

.....  
.....

(b) Becrux es una estrella de la secuencia principal y es una de las estrellas que forman la Cruz del Sur. Se dispone de los siguientes datos sobre Becrux.

Magnitud aparente	= 1,25
Magnitud absoluta	= -3,92
Brillo aparente	= $7,00 \times 10^{-12} b_{\text{Sol}}$

$b_{\text{Sol}}$  es el brillo aparente del Sol. Utilice estos datos para deducir que

(i) la distancia de Becrux a la Tierra es de 108 pc. [3]

.....  
.....  
.....  
.....  
.....

(ii) la luminosidad de Becrux es  $3,43 \times 10^3 L_{\text{Sol}}$  donde  $L_{\text{Sol}}$  es la luminosidad del Sol. (1 pc =  $2,05 \times 10^5$  AU) [3]

.....  
.....  
.....  
.....  
.....

*(Esta pregunta continúa en la siguiente página)*



*(Pregunta E1: continuación)*

- (c) Dado que el exponente en la relación masa–luminosidad es 3,5, demuestre que la masa de Becrux es aproximadamente  $10 M_{\text{Sol}}$  donde  $M_{\text{Sol}}$  es la masa del Sol. [2]

.....  
.....  
.....  
.....

- (d) Indique la diferencia entre el destino eventual del Sol y el de Becrux, después de que abandonen la secuencia principal. [2]

Sol: .....

Becrux: .....

*(Esta pregunta continúa en la siguiente página)*

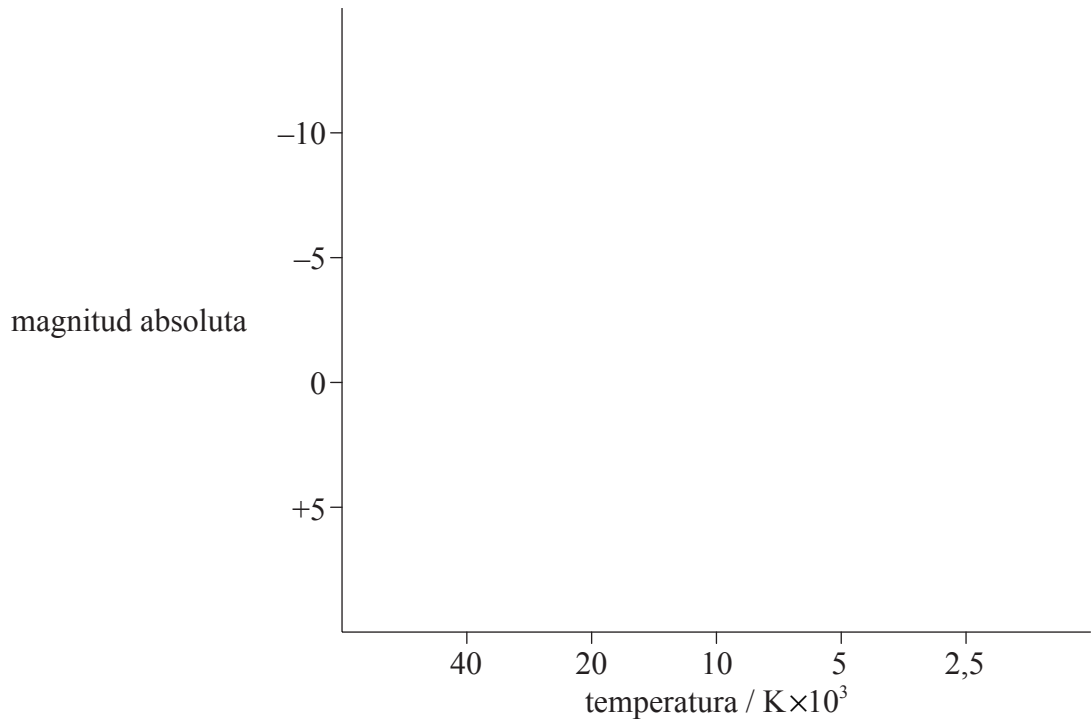


(Pregunta E1: continuación)

(e) Becrux es una estrella de clase espectral B. Sobre los ejes del diagrama de Hertzsprung-Russell

(i) rotule con la letra B la posición aproximada de Becrux. [1]

(ii) dibuje el camino evolutivo de Becrux después de que abandone la secuencia principal. [1]



(f) Sobre los ejes del diagrama de Hertzsprung-Russell anterior, dibuje aproximadamente la región en la que se localizan las estrellas variables cefeidas. [1]

(g) Indique la razón de la variación periódica de luminosidad en una variable cefeida. [1]

.....  
.....

(h) Indique **dos** magnitudes que es necesario medir con objeto de utilizar una variable cefeida como “faro estándar” para determinar la distancia a la galaxia en la que se encuentra la cefeida. [2]

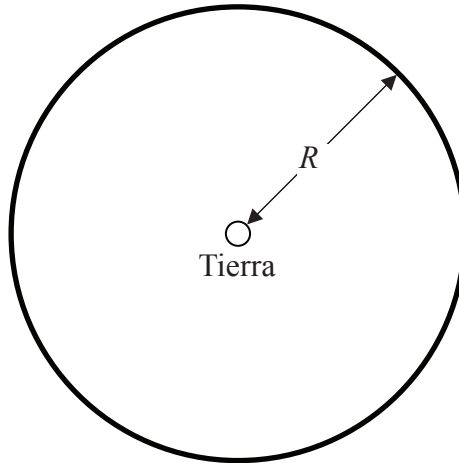
1. ....

2. ....



**E2.** Esta pregunta trata sobre cosmología.

- (a) El siguiente diagrama representa una región esférica del espacio, basada en el modelo newtoniano del universo. La Tierra se encuentra en el centro de esa región. La línea oscura representa una capa esférica muy delgada de espacio a una distancia  $R$  de la Tierra.



Haciendo referencia al diagrama y al modelo newtoniano del universo, explique **cuantitativamente** la paradoja de Olbers. [4]

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

*(Esta pregunta continúa en la siguiente página)*



(Pregunta E2: continuación)

(b) La teoría del Big Bang proporciona una solución a la paradoja de Olbers. Dos de las evidencias que apoyan la teoría son la existencia de la radiación de fondo cósmica de microondas (FCM) y el desplazamiento al rojo de la luz procedente de galaxias lejanas.

(i) Resuma cómo la FCM resulta consistente con la teoría del Big Bang. [3]

.....  
.....  
.....  
.....  
.....

(ii) Se dispone de los siguientes datos del desplazamiento al rojo de la luz procedente de una galaxia lejana.

- Longitud de onda de la luz procedente de la galaxia = 130 nm
- Longitud de onda medida en el laboratorio = 120 nm
- Constante de Hubble =  $74 \text{ km s}^{-1} \text{ Mpc}^{-1}$

Utilice esos datos para determinar la distancia de la galaxia a la Tierra. [4]

.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....



Página en blanco



**Opción F — Comunicaciones**

**F1.** Esta pregunta trata sobre modulación.

- (a) Distinga entre onda de señal y onda portadora. [2]

Onda de señal: .....

.....

Onda portadora: .....

.....

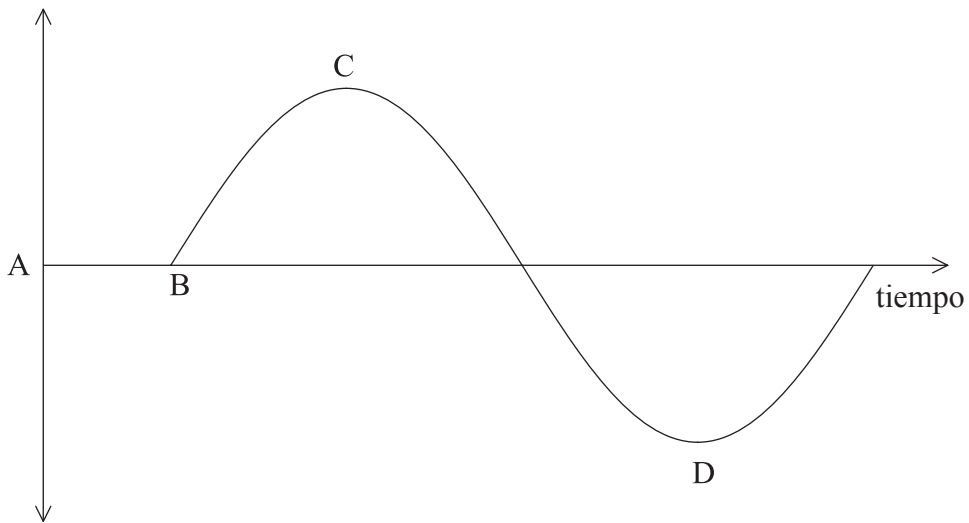
- (b) Haciendo referencia a la onda portadora, distinga entre modulación de amplitud y modulación de frecuencia. [1]

.....

.....

.....

- (c) El diagrama esquematiza una señal de audiofrecuencia.



Una onda de radio está modulada en frecuencia por la señal de audiofrecuencia. Indique los cambios, si los hay, en la frecuencia de la señal modulada en los siguientes intervalos de tiempo. [3]

A → B .....

B → C .....

C → D .....

*(Esta pregunta continúa en la siguiente página)*





*(Pregunta F1: continuación)*

(d) Para una cierta onda portadora de frecuencia modulada, el máximo de frecuencia ocurre cada 1,2 ms. Hay  $2,2 \times 10^5$  oscilaciones entre cada máximo de frecuencia. Determine la frecuencia de la

(i) onda de señal. [2]

.....  
.....  
.....  
.....

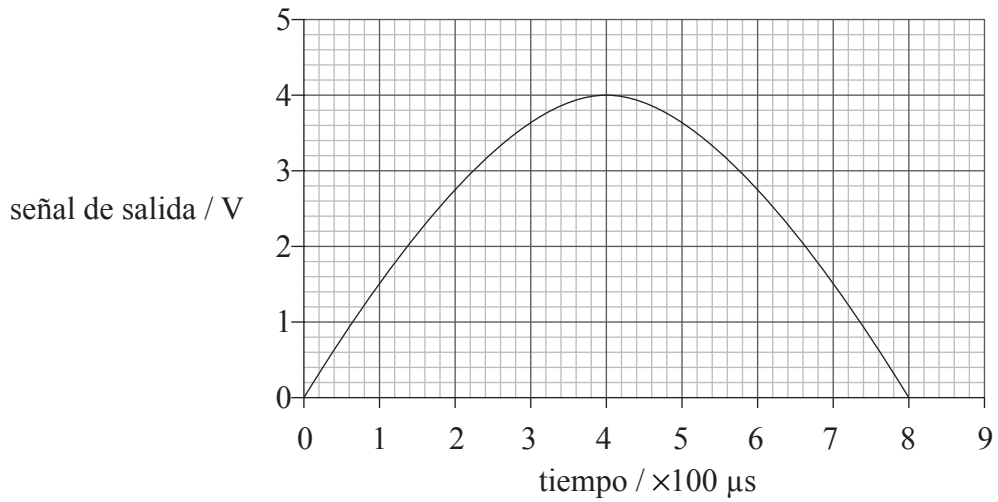
(ii) onda portadora. [2]

.....  
.....  
.....  
.....



**F2.** Esta pregunta trata sobre señales digitales.

(a) La gráfica muestra la variación de una señal analógica con el tiempo.



Con objeto de convertir la señal analógica en una señal digital de 3 bits, se muestrea cada  $100 \mu s$ . A continuación, se muestran los posibles voltajes de salida del conversor de analógico a digital.

Señal analógica / V	Salida binaria
0 – < 0,5	000
0,5 – < 1,0	001
1,0 – < 1,5	010
1,5 – < 2,0	011
2,0 – < 2,5	100
2,5 – < 3,0	101
3,0 – < 3,5	110
3,5 – < 4,0	111

*(Esta pregunta continúa en la siguiente página)*



(Pregunta F2: continuación)

Explicando su respuesta, determine

- (i) la velocidad de transferencia de datos (*bitrate*). [2]

.....

.....

.....

.....

- (ii) la salida digital de la señal para la sexta muestra empezando desde  $t=0$  s. [2]

.....

.....

.....

.....

- (b) Explique los efectos que tendría el aumento de la frecuencia de muestreo y del número de bits sobre la calidad de la representación de la señal analógica. [3]

.....

.....

.....

.....

.....

- (c) La señal analógica de (a) se transmite a través de una fibra óptica que tiene una atenuación de  $2,0 \text{ dB km}^{-1}$ .

- (i) Indique, en vatios, cómo se define la atenuación en la escala decibélica. [1]

.....

.....

- (ii) Calcule la distancia que ha viajado la señal para que resulte una atenuación del 75%. [2]

.....

.....

.....

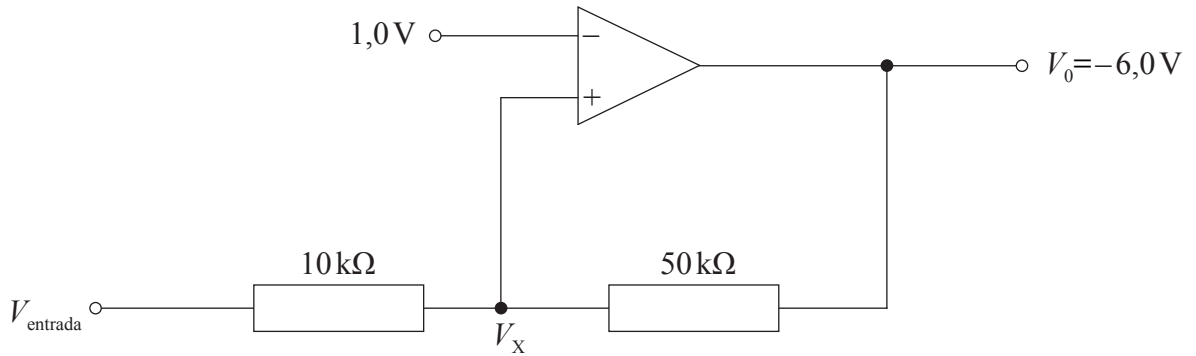
.....

(Esta pregunta continúa en la siguiente página)



(Pregunta F2: continuación)

- (d) A causa del ruido en los circuitos eléctricos, a menudo los pulsos digitales pueden perder su forma y, por tanto, distorsionar la información que transportan. Los pulsos se pueden regenerar utilizando un circuito denominado disparador de Schmitt. El siguiente diagrama muestra un disparador de Schmitt que incorpora un amplificador operacional.



- (i) Indique **dos** propiedades esenciales de un amplificador operacional. [2]

.....  
.....  
.....

- (ii) En la situación mostrada, el voltaje de salida  $V_0$  del amplificador toma su valor mínimo de  $-6,0\text{V}$ . El voltaje en la entrada no inversora del amplificador es igual a  $1,0\text{V}$  y en la entrada inversora es  $V_x$ . El voltaje de salida cambiará a su valor máximo de  $+6,0\text{V}$  si el voltaje  $V_x$  justamente supera  $+1,0\text{V}$ . Determine el voltaje mínimo  $V_{\text{entrada}}$  que ocasionaría un voltaje de salida de  $+6,0\text{V}$ . [4]

.....  
.....  
.....  
.....  
.....



**F3.** Resuma **un** aspecto moral **o** ético y **un** aspecto medioambiental que deriven del uso de los teléfonos móviles. [4]

Aspecto moral **o** ético: .....

.....

.....

.....

Aspecto medioambiental: .....

.....

.....

.....



Página en blanco



**Opción G — Ondas electromagnéticas**

**G1.** Esta pregunta trata sobre el espectro electromagnético.

- (a) La transmisión desde una emisora de televisión tiene una frecuencia de 100 MHz. Es un hecho conocido que las ondas electromagnéticas asociadas con dicha transmisión producen un campo magnético. Indique **una** razón por la que una brújula **no** responde a ese campo. [1]

.....

- (b) Se propone que en lugar de utilizar ondas de radio para las transmisiones de televisión, se utilicen rayos gamma.

- (i) Indique una frecuencia típica de los rayos gamma. [1]

.....

- (ii) Sugiera **un** inconveniente del uso de rayos gamma para las transmisiones de televisión. [1]

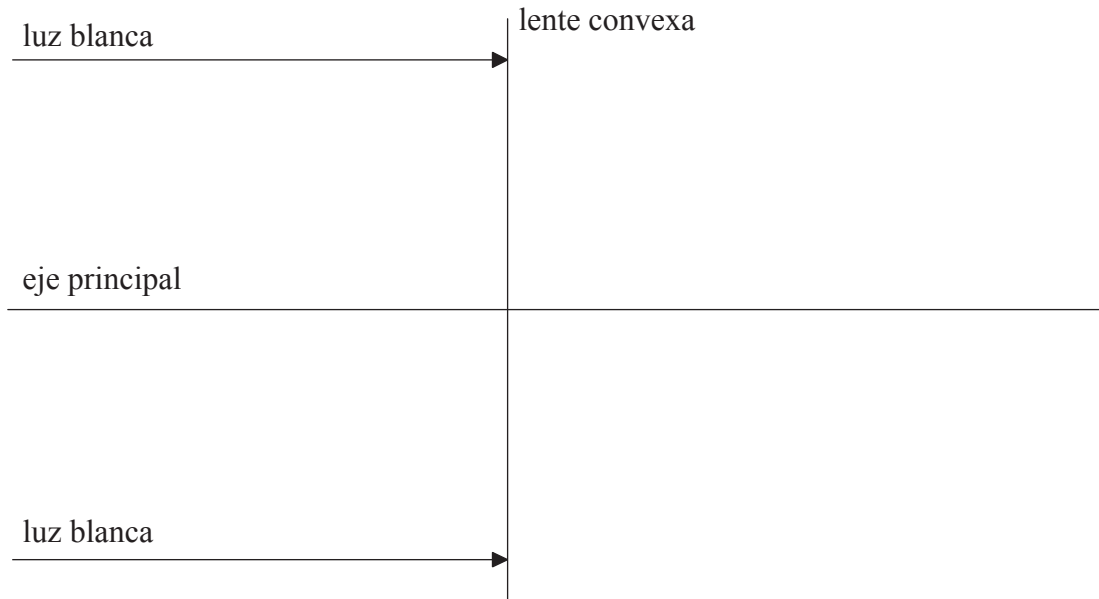
.....

.....



**G2.** Esta pregunta trata sobre la aberración cromática y una lente.

(a) Dos rayos paralelos de luz blanca inciden sobre una lente convexa.



Sobre el diagrama, y después de la refracción en la lente, dibuje las trayectorias de los rayos de luz roja y de luz azul, presentes en la luz blanca. [2]

(b) Utilice su diagrama de (a) para explicar la aberración cromática. [3]

.....  
.....  
.....  
.....  
.....

(c) Indique **un** modo de reducir la aberración cromática. [1]

.....  
.....

*(Esta pregunta continúa en la siguiente página)*





*(Pregunta G2: continuación)*

(d) Se sitúa un objeto a 5,0 cm de la lente y se ilumina con luz roja. La distancia focal de la lente para la luz roja es de 8,0 cm. Calcule

(i) la posición de la imagen. [2]

.....  
.....  
.....  
.....

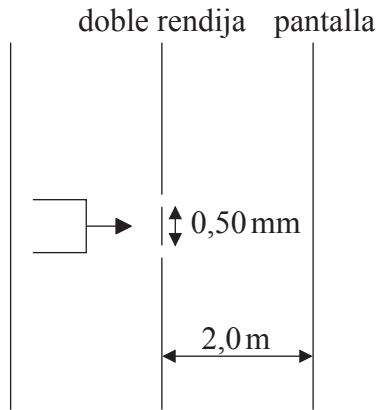
(ii) la amplificación lineal. [1]

.....  
.....



**G3.** Esta pregunta trata sobre la interferencia de dos fuentes.

- (a) La luz procedente de un láser incide sobre dos rendijas paralelas e idénticas, cuya anchura es pequeña en comparación con su separación.



(diagrama no a escala)

Después de atravesar las rendijas, la luz incide sobre una pantalla. La separación de las rendijas es 0,50 mm y la distancia entre las rendijas y la pantalla es 2,0 m. La longitud de onda de la luz es 700 nm.

- (i) Indique por qué se utiliza luz láser como fuente de luz. [1]

.....  
.....

- (ii) Determine la separación de los puntos de intensidad máxima sobre la pantalla. [2]

.....  
.....  
.....  
.....

- (iii) Describa el efecto que tendría el aumento en el número de rendijas sobre la distribución de intensidades en la pantalla. [2]

.....  
.....  
.....  
.....

(Esta pregunta continúa en la siguiente página)



*(Pregunta G3: continuación)*

- (b) Las rendijas de (a) se sustituyen por una red de difracción que tiene  $3,5 \times 10^5$  líneas por metro. Determine el número de posiciones de intensidad máxima que se observarán sobre la pantalla. [3]

.....

.....

.....

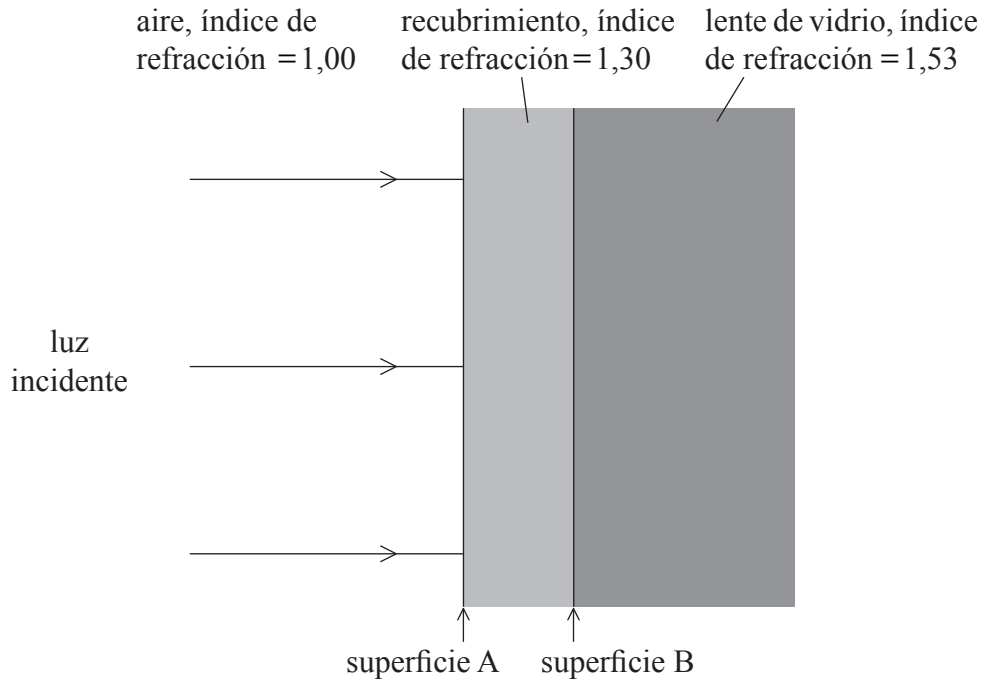
.....

.....



**G4.** Esta pregunta trata sobre interferencia en películas delgadas.

A veces se utiliza una película delgada para recubrir las lentes de las gafas, como se muestra en el siguiente diagrama.

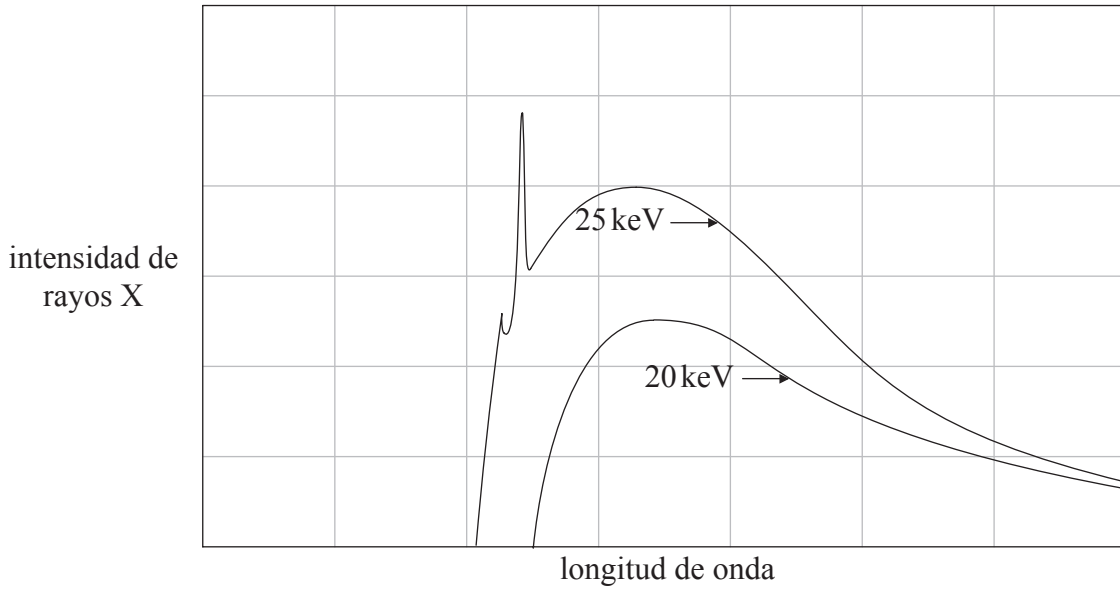


- (a) Indique el cambio de fase que experimenta la luz que
  - (i) se transmite a través de la superficie A. [1]  
.....
  - (ii) se refleja en la superficie B. [1]  
.....
  - (iii) se transmite a través de la superficie A y vuelve desde la película hasta el aire. [1]  
.....
- (b) Sobre el recubrimiento incide luz de longitud de onda 570 nm en el aire. Determine el menor espesor de recubrimiento requerido de modo que, para incidencia normal, la reflexión se minimice. [2]  
.....  
.....  
.....



G5. Esta pregunta trata sobre rayos X.

- (a) El siguiente diagrama es un esquema que muestra los espectros de rayos X producidos por electrones de energías 25 keV y 20 keV, chocando sobre un blanco de molibdeno.



Sugiera por qué **no** se produce espectro característico para los electrones de 20 keV. [2]

.....

.....

.....

.....

.....

- (b) Demuestre que la longitud de onda mínima de los rayos X producidos por los electrones de 25 keV en (a) es 0,050 nm. [2]

.....

.....

.....

.....

- (c) Las longitudes de onda de los rayos X en (a) se miden por dispersión con la superficie de un cristal que tiene una estructura reticular cúbica. El espaciado de la red de iones es 0,28 nm. Calcule la longitud de onda de los rayos X que producen la dispersión de Bragg con un ángulo de primer orden de 21°. [1]

.....

.....



**Opción H — Relatividad**

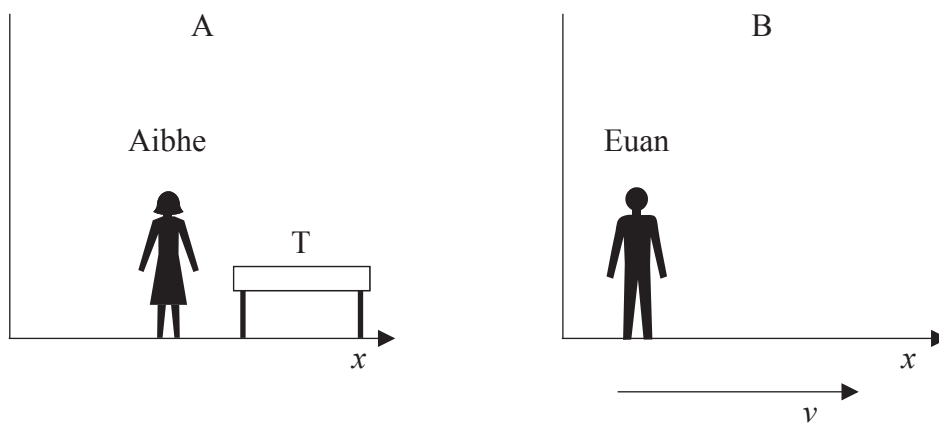
**H1.** Esta pregunta trata sobre la relatividad especial.

- (a) Indique qué entendemos por sistema inercial de referencia. [1]

.....

.....

- (b) Aibhe está en reposo en un sistema inercial de referencia A y Euan está en reposo en un sistema inercial de referencia B. El sistema B se está moviendo en la dirección  $x$  con rapidez  $v$  respecto de A. La mesa T está en reposo respecto a Aibhe.



La longitud de T medida por Aibhe es 1,5 m y medida por Euan es 1,2 m.

- (i) Explique qué observador mide la longitud propia de T. [1]

.....

.....

.....

- (ii) Determine la rapidez  $v$ . [4]

.....

.....

.....

.....

.....

.....

*(Esta pregunta continúa en la siguiente página)*



(Pregunta H1: continuación)

- (c) Dos insectos se posan en el mismo punto de T. Según un reloj en reposo respecto a Aibhe, uno de los insectos se posa 2,4 segundos después que el otro. Calcule el intervalo de tiempo que transcurre, según Euan, desde que se posa un insecto hasta que lo hace el otro. [1]

.....

.....

- (d) Otros dos insectos se posan en cada extremo de la mesa. Estos dos sucesos pueden **ocurrir** en el mismo instante según lo que mide uno de los dos observadores (Aibhe o Euan), pero **no** según el otro. Resuma, haciendo referencia a los postulados de la relatividad, por qué esos tiempos son diferentes. [3]

.....

.....

.....

.....

.....

- (e) Los muones se producen en la alta atmósfera debido al bombardeo de los rayos cósmicos. Los muones viajan con una rapidez próxima a la de la luz y son inestables. Su semivida es muy corta, medida en el sistema de referencia del muón. Explique cómo la detección de muones en la superficie terrestre proporciona una evidencia a favor de la teoría especial de la relatividad. [3]

.....

.....

.....

.....

.....



**H2.** Esta pregunta trata sobre energía y momento relativistas.

- (a) La partícula A está en reposo respecto de un observador. Otra partícula idéntica B está moviéndose respecto de dicho observador. Distinga entre la energía total de la partícula A y la energía total de la partícula B, tal y como son medidas por dicho observador. [2]

Partícula A: .....

.....

Partícula B: .....

.....

- (b) Dos protones están viajando el uno hacia el otro, en el vacío, y siguiendo la misma recta.



La rapidez de cada protón, medida en el sistema de referencia del laboratorio, es 0,960c.

- (i) Calcule la rapidez relativa de un protón respecto del otro. [2]

.....

.....

.....

.....

- (ii) Demuestre que la energía total de uno de los protones, según un observador en reposo en el laboratorio, es 3,35 GeV. [2]

.....

.....

.....

.....

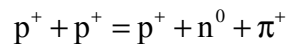
*(Esta pregunta continúa en la siguiente página)*





(Pregunta H2: continuación)

(c) La colisión entre los dos protones da lugar a la siguiente reacción



donde  $\pi^+$  es una partícula llamada pión, cuya masa en reposo es  $140 \text{ MeV } c^{-2}$ . La energía total del pión es  $502 \text{ MeV}$ . Determine, según un observador en reposo en el laboratorio,

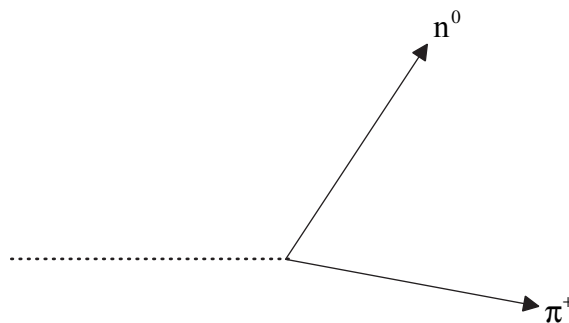
(i) la energía total del protón formado, más la energía total del neutrón formado en la colisión. [2]

.....  
.....  
.....  
.....

(ii) el momento del pión. [2]

.....  
.....  
.....  
.....

(d) El diagrama muestra los caminos seguidos por el neutrón y el pión de (c).



La línea de puntos muestra la trayectoria de la colisión inicial entre los dos protones de (b). Dibuje sobre el diagrama la dirección del protón formado en la colisión. [1]



**H3.** Esta pregunta trata sobre espacio-tiempo y agujeros negros.

(a) Indique qué significa el concepto de espacio-tiempo. [2]

.....  
.....  
.....  
.....

(b) Haciendo referencia al movimiento de fotones en el espacio-tiempo, resuma qué entendemos por radio de Schwarzschild. [3]

.....  
.....  
.....  
.....  
.....

(c) La masa del Sol es aproximadamente  $2 \times 10^{30}$  kg. Demuestre que si el Sol llegara a ser un agujero negro, su radio sería, aproximadamente, de 3 km. [1]

.....  
.....  
.....



**Opción I — Física médica**

**II.** Esta pregunta trata sobre la audición.

- (a) Resuma cómo las variaciones en la presión del sonido en el aire son amplificadas en el oído medio. [2]

.....

.....

.....

.....

.....

- (b) Un sonido de intensidad  $I=2,0 \times 10^{-6} \text{ W m}^{-2}$  incide en el oído. La sonoridad detectada por el oído para este sonido es  $L$ .
  - (i) Sugiera por qué la sonoridad de un sonido de intensidad  $4,0 \times 10^{-6} \text{ W m}^{-2}$  detectado por el oído **no** es  $2L$ . [2]

.....

.....

.....

.....

- (ii) Utilice la escala decibélica para determinar hasta qué valor debe aumentarse la intensidad  $I$ , para que la sonoridad detectada por el oído sea  $2L$ . [3]

.....

.....

.....

.....

.....

- (iii) A la vista de su respuesta a (b)(ii), resuma los posibles efectos de una larga exposición a sonidos de dicha sonoridad. [3]

.....

.....

.....

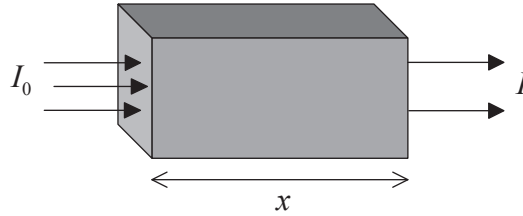
.....

.....



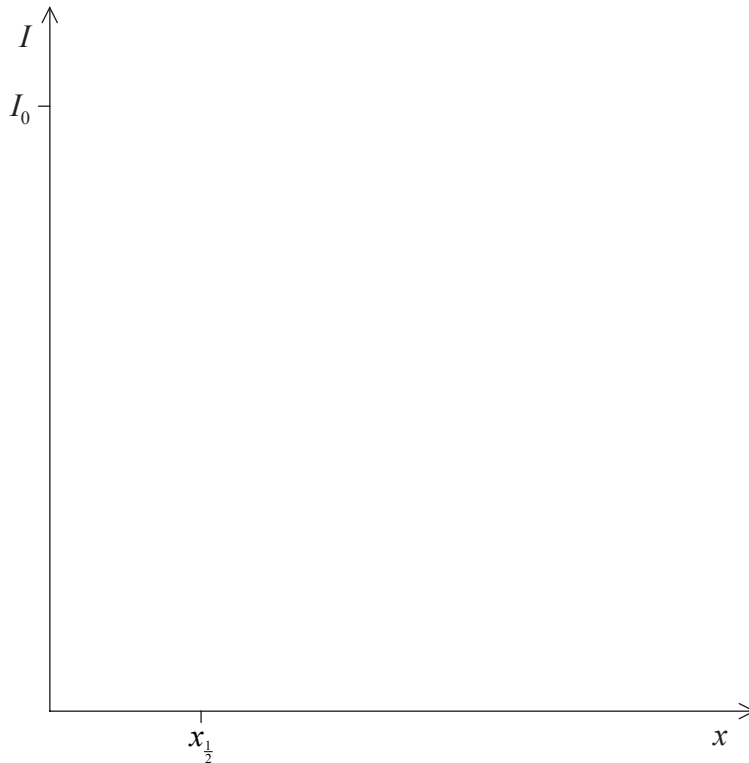
I2. Esta pregunta trata sobre el uso de rayos X y de la luz láser en el diagnóstico clínico.

- (a) Un haz de rayos X paralelos, de intensidad  $I_0$ , incide sobre un bloque de material de espesor  $x$ .



La intensidad de los rayos X emergentes del bloque es  $I$  y el espesor hemirreductor del material es  $x_{\frac{1}{2}}$ .

Utilizando los ejes de más abajo, esquematice una gráfica que conste de cuatro puntos dato y que muestre cómo  $I$  varía con  $x$ , para bloques del mismo material pero de espesores diferentes. Sobre los ejes se han indicado las posiciones de  $I_0$  y de  $x_{\frac{1}{2}}$ . [2]



(Esta pregunta continúa en la siguiente página)

(Pregunta I2: continuación)

- (b) El coeficiente de atenuación para huesos es  $\mu_b$  y para tejidos  $\mu_t$ . La tabla muestra el cociente  $\frac{\mu_b}{\mu_t}$  para fotones de rayos X con tres energías diferentes.

Energía del fotón / MeV	$\frac{\mu_b}{\mu_t}$
0,08	3,0
0,01	8,0
1,00	1,0

- (i) Explique por qué los fotones de rayos X de energía 0,01 MeV son preferibles para la detección de una fractura de hueso. [3]

.....

.....

.....

.....

.....

- (ii) El coeficiente de atenuación de los huesos, para los fotones de rayos X de energía 0,01 MeV, es  $0,60 \text{ cm}^{-1}$ . Los rayos X de esta energía utilizados en una radiografía de una posible fractura de hueso en una pierna, atraviesan un espesor de hueso de 6,0 cm y un espesor de tejido de 9,6 cm. Determine la siguiente relación. [4]

$$\frac{\text{intensidad final de los rayos X después de haber atravesado el hueso}}{\text{intensidad final de los rayos X después de haber atravesado el tejido}}$$

.....

.....

.....

.....

.....

.....

(Esta pregunta continúa en la siguiente página)



(Pregunta I2: continuación)

(c) Otras regiones del espectro electromagnético, diferentes de la región de los rayos X, pueden utilizarse también para diagnósticos clínicos. En este sentido, la luz procedente de dos láseres se utiliza en oximetría de pulsos.

(i) Identifique **dos** regiones del espectro electromagnético en las cuales se encuentren las longitudes de onda de la luz emitida por cada láser. [1]

.....  
.....

(ii) Resuma cómo se utiliza la luz láser para medir la saturación de hemoglobina en la sangre. [3]

.....  
.....  
.....  
.....  
.....



**I3.** Esta pregunta trata sobre radioisótopos utilizados como trazadores.

(a) Defina *semivida biológica* y *semivida física*. [2]

Semivida biológica: .....

Semivida física: .....

(b) Los radioisótopos pueden utilizarse como “trazadores”, con objeto de estudiar ciertos procesos fisiológicos del cuerpo. Para estos isótopos, indique **una** razón por la que

(i) resulta importante que tengan una corta semivida biológica. [1]

.....

(ii) su semivida física es mayor que su semivida biológica. [1]

.....

(c) La semivida física de cierto isótopo utilizado como trazador es de 4,0 días y su semivida biológica de 2,0 días. Calcule la disminución porcentual en la actividad del isótopo 4,0 días después de ser introducido en el cuerpo. [3]

.....



**Opción J — Física de partículas**

**J1.** Esta pregunta trata sobre fermiones y bosones.

- (a) Haciendo referencia al principio de exclusión de Pauli, distinga las diferencias entre fermiones y bosones. [2]

.....  
.....  
.....  
.....

- (b) Identifique el bosón mediador de
  - (i) la interacción electromagnética entre electrones. [1]

.....

- (ii) la interacción fuerte entre nucleones. [1]

.....

- (c) La interacción fuerte entre nucleones tiene un alcance del orden de  $10^{-15}$  m. Demuestre que la masa del bosón en (b)(ii) es aproximadamente  $100 \text{ MeV } c^{-2}$ . [3]

.....  
.....  
.....  
.....

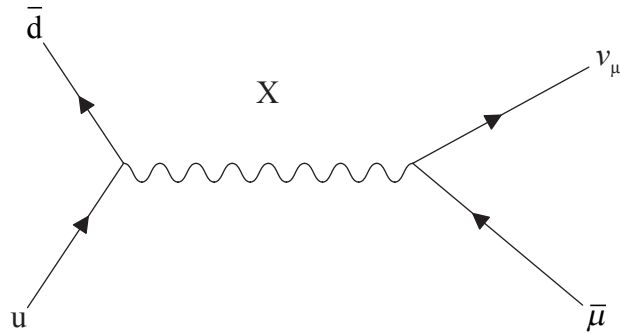
*(Esta pregunta continúa en la siguiente página)*





(Pregunta J1: continuación)

- (d) El diagrama de Feynman muestra la desintegración de un mesón en un anti-muón y un neutrino.



- (i) Indique la carga del mesón y del anti-muón, y explique su respuesta. [2]

Mesón: .....

Anti-muón: .....

- (ii) Identifique la partícula rotulada X. [1]

.....



**J2.** Esta pregunta trata sobre aceleradores de partículas.

- (a) En la colisión de protones acelerados con protones estacionarios se pueden producir diferentes tipos de partículas. Explique por qué los protones acelerados deben tener alta energía. [2]

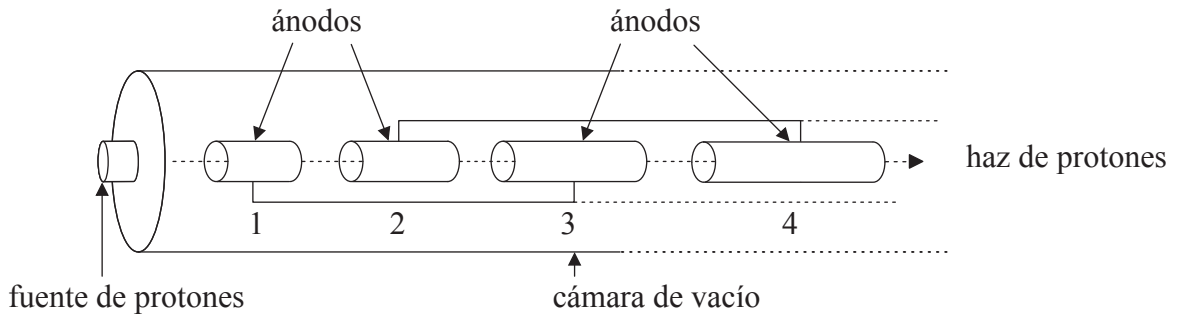
.....

.....

.....

.....

- (b) El diagrama muestra algunas características de un acelerador lineal de partículas utilizado para acelerar protones.



La cámara de vacío contiene una sucesión de ánodos cilíndricos de los que se muestran solo cuatro, los ánodos 1, 2, 3 y 4.

- (i) Indique por qué los protones **no** se aceleran mientras que atraviesan los ánodos. [1]

.....

.....

- (ii) Describa el mecanismo mediante el cual los protones son acelerados por los ánodos. [4]

.....

.....

.....

.....

.....

.....

*(Esta pregunta continúa en la siguiente página)*



(Pregunta J2: continuación)

- (c) La energía mínima requerida para producir un mesón  $K^-$  en una colisión entre un protón de alta energía y un protón estacionario es 1890 MeV. Determine la energía cinética mínima  $E_C$  que debe tener el protón de alta energía, para producir un mesón  $K^-$ . [3]

.....  
.....  
.....  
.....  
.....

- (d) En aceleradores de partículas tales como los sincrotrones, se pueden preparar colisiones entre protones y antiprotones que viajen en sentidos opuestos. Indique **una** ventaja y **un** inconveniente de este tipo de preparación, en términos de producción de partículas y comparándola con lo descrito en (c). [2]

Ventaja: .....

.....

Inconveniente: .....

.....



**J3.** Esta pregunta trata sobre los quarks.

(a) La extrañeza del hadrón  $\Omega^-$  es  $-3$  y su espín es  $+\frac{3}{2}$ .

(i) Explique cómo se sabe que la estructura de quarks del hadrón  $\Omega^-$  es sss. [2]

.....  
.....  
.....  
.....

(ii) Haciendo referencia a la estructura de quarks del hadrón  $\Omega^-$ , explique por qué se introdujo el concepto de color de los quarks. [2]

.....  
.....  
.....  
.....

(iii) Indique por qué el hadrón  $\Omega^-$  **no** tiene color. [1]

.....  
.....

(b) Además de proporcionar una prueba de la existencia de los quarks, los experimentos de dispersión inelástica profunda constituyen también evidencia de la existencia de gluones.

(i) Indique qué entendemos por dispersión inelástica profunda. [1]

.....  
.....

(ii) Resuma cómo los experimentos proporcionan evidencia de la existencia de gluones. [2]

.....  
.....  
.....  
.....

