

M10/4/PHYSI/HP3/SPA/TZ0/XX



International Baccalaureate®  
Baccalauréat International  
Bachillerato Internacional

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

Martes 11 de mayo de 2010 (mañana)

1 hora 15 minutos

Número de convocatoria del alumno

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.



Página en blanco



**Opción E — Astrofísica**

**E1.** Esta pregunta trata de la densidad de población relativa de las estrellas y las galaxias.

El número de estrellas en torno al Sol, dentro de una distancia de 17 años-luz, es de 75.  
El número de galaxias en el grupo local, dentro de una distancia de  $4,0 \times 10^6$  años-luz desde el Sol, es de 26.

(a) Calcule la densidad de población media, por año-luz<sup>3</sup>, de estrellas y galaxias. [2]

Estrellas: .....

.....

.....

Galaxias: .....

.....

.....

(b) Utilice su respuesta de (a) para determinar el cociente

$\frac{\text{densidad de población media de estrellas}}{\text{densidad de población media de galaxias}}$  [1]

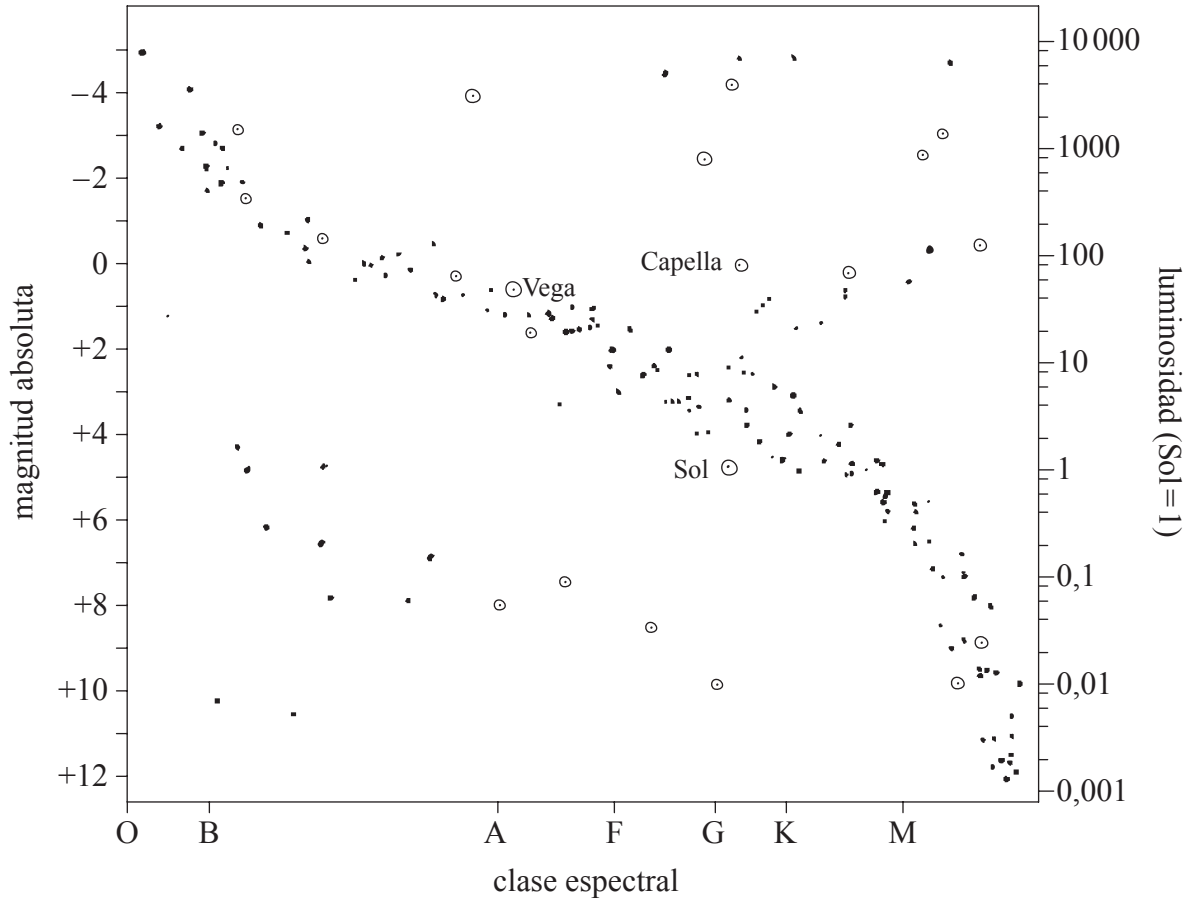
.....

.....



**E2.** Esta pregunta trata de la luminosidad, tamaño y distancia de las estrellas.

El diagrama de Hertzsprung-Russell (HR) muestra la variación de la magnitud absoluta de las estrellas respecto a la clase espectral.



La estrella Capella y el Sol están en la misma clase espectral (G). Utilizando el diagrama de HR,

(a) (i) sugiera por qué Capella tiene un área superficial mayor que el Sol. [2]

.....

.....

.....

.....

(ii) estime la luminosidad de Capella en función de la del Sol. [1]

.....

.....

(Esta pregunta continúa en la siguiente página)



(Pregunta E2: continuación)

(iii) calcule el radio de Capella en función del radio del Sol. [2]

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

(b) El método de paralaje espectroscópico puede utilizarse para medir la distancia de la estrella Vega.

(i) Utilizando el diagrama HR, indique la magnitud absoluta de Vega. [1]

.....

(ii) La magnitud aparente de Vega es 0,0. Determine (en parsec) la distancia a Vega desde la Tierra. [3]

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

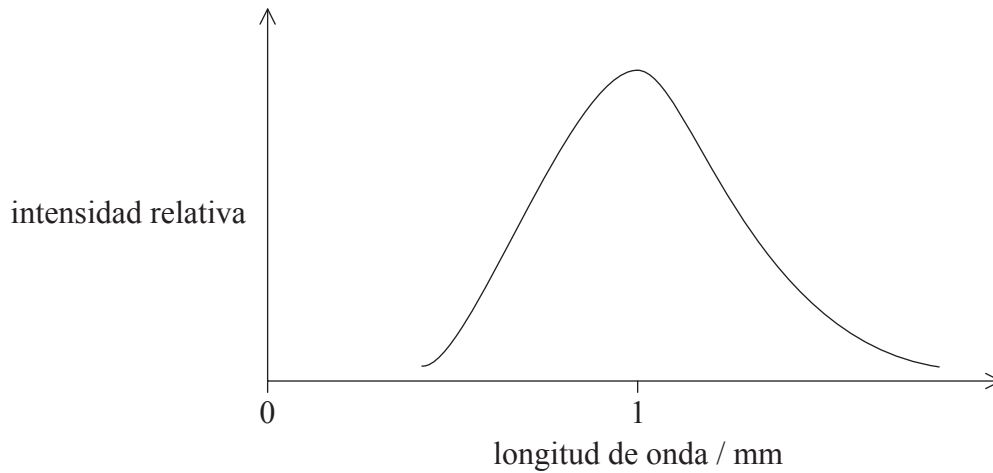
(iii) La luz procedente de Vega es absorbida por una nube de polvo situada entre Vega y la Tierra. Sugiera el efecto, si lo hubiera, que esto tendrá en la determinación de la distancia a Vega desde la Tierra. [2]

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



- E3.** Esta pregunta trata de la radiación de fondo cósmico de microondas (CMB) y la densidad del universo.

La gráfica muestra la intensidad relativa de la CMB como función de la longitud de onda.



- (a) Explique cómo esta gráfica es consistente con el modelo del Big Bang del universo. [3]

.....

.....

.....

.....

.....

- (b) La densidad del universo determinará su destino final. Resuma los problemas vinculados a la determinación de la densidad del universo. [2]

.....

.....

.....

.....

- (c) Resuma cómo la expansión del universo hizo posible en último término la existencia de núcleos estables y átomos. [1]

.....

.....



**E4.** Esta pregunta trata de la relación masa–luminosidad y también de la evolución de las estrellas.

La relación masa–luminosidad para las estrellas de la secuencia principal se supone que es  $L \propto M^{3.5}$ , donde  $L$  es la luminosidad y  $M$  es la masa. La estrella X es  $8 \times 10^4$  veces más luminosa que el Sol y 25 veces más masiva que el Sol.

(a) Deduzca que la estrella X es una estrella de la secuencia principal. [2]

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

(b) Resuma, con relación al límite de Oppenheimer-Volkoff, las fases evolutivas y el destino de la estrella X después de que salga de la secuencia principal. [3]

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



**E5.** Esta pregunta trata de la ley de Hubble y la expansión del universo.

- (a) El espectro del cúmulo de galaxias Pegaso I muestra un desplazamiento de 5,04 nm en la longitud de onda de la línea-K. A partir de una muestra de laboratorio se mide la longitud de onda de esta línea en 396,8 nm. Calcule la velocidad de recesión del cúmulo. [2]

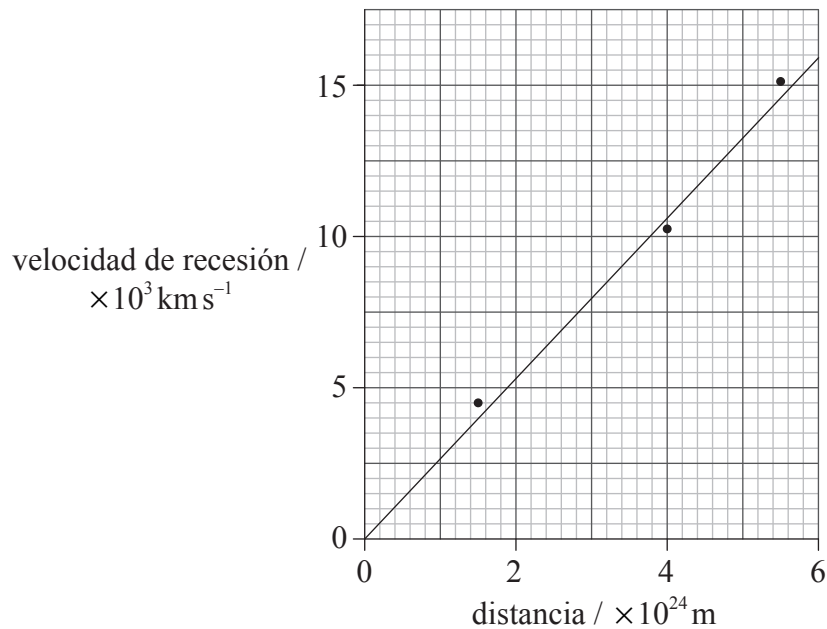
.....

.....

.....

.....

- (b) La gráfica muestra las velocidades de recesión de diversos cúmulos de galaxias en función de sus distancias aproximadas.



- (i) Indique **un** método mediante el cual se podrían haber determinado las distancias mostradas en la gráfica. [1]

.....

.....

- (ii) Utilice la gráfica para demostrar que la edad del universo es de aproximadamente  $10^{17}$  s. [2]

.....

.....

.....

.....

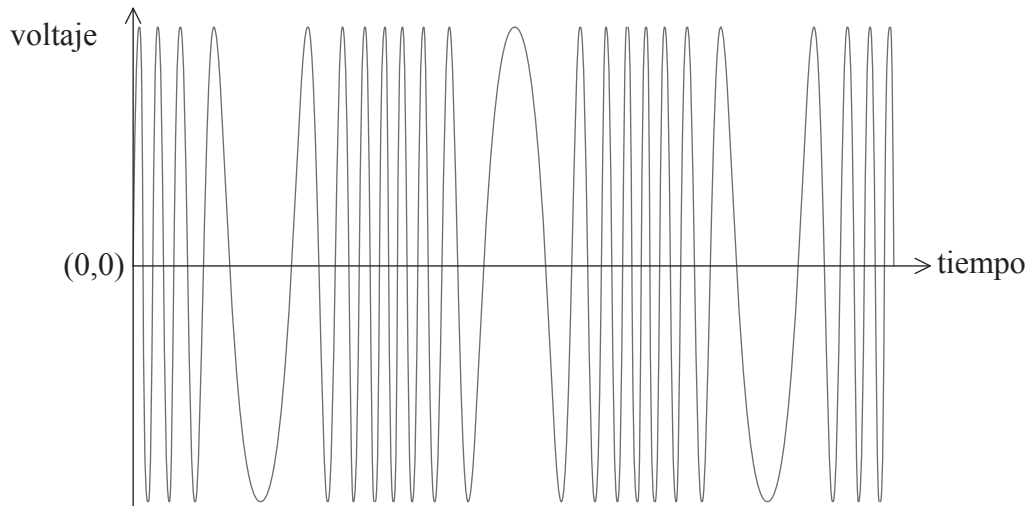




**Opción F — Comunicaciones**

**F1.** Esta pregunta trata de la modulación.

- (a) El diagrama muestra cómo varía con el tiempo la señal de voltaje de una onda portadora modulada en frecuencia (FM).



La onda portadora está modulada por una señal de frecuencia única.

Sobre los anteriores ejes, esquematice la señal de información. [1]

- (b) Indique y explique **una** ventaja del uso de la modulación de frecuencia (FM) en lugar de la modulación de amplitud (AM). [2]

.....

.....

.....

.....

.....



**F2.** Esta pregunta trata del muestreo.

Se muestrea una llamada de teléfono con una frecuencia de muestreo de 8,0 kHz. Se almacena cada muestra como un número binario de cuatro bits. La duración de cada bit de la muestra es de 4,0  $\mu$ s.

(a) Calcule el intervalo de tiempo entre el final de una muestra y el comienzo de la siguiente. [3]

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

(b) Resuma, en relación con su respuesta en (a), qué se entiende por multiplexación por división de tiempo. [2]

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

**F3.** Esta pregunta trata del sistema de telefonía móvil.

En el sistema de telefonía móvil, cada área geográfica se divide en un número de células o celdas con una estación base en cada célula, cada una conectada a un controlador de comunicación celular.

Describa la función de las estaciones de base y del controlador de comunicación celular. [4]

Estaciones de base: .....

.....

.....

.....

Controlador de comunicación celular: .....

.....

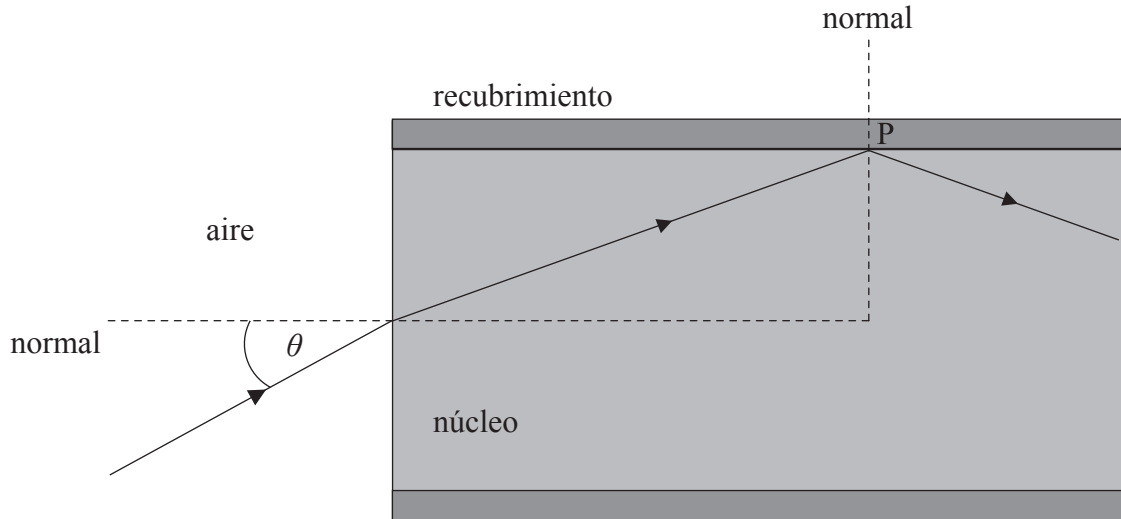
.....

.....



F4. Esta pregunta trata de la transmisión de señales en una fibra óptica.

- (a) Un rayo de luz entra en una fibra óptica desde el aire. El rayo forma un ángulo  $\theta$  con la normal y sufre reflexión total interna en el punto P.



El índice de refracción del núcleo es 1,56 y el del recubrimiento es 1,38.

- (i) Calcule el ángulo crítico de la frontera recubrimiento-núcleo. [2]

.....

.....

.....

.....

- (ii) Demuestre que el mayor ángulo de incidencia  $\theta$  en el aire para el cual tiene lugar la reflexión interna total en la frontera recubrimiento-núcleo es  $46,7^\circ$ . [2]

.....

.....

.....

.....

.....

(Esta pregunta continúa en la siguiente página)



(Pregunta F4: continuación)

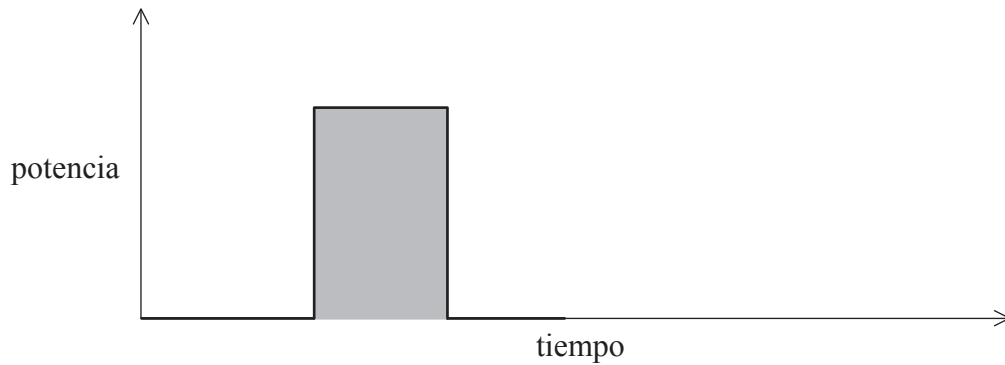
- (b) Distinga entre la dispersión modal y la dispersión material en una fibra óptica. [2]

.....

.....

.....

- (c) Se alimenta una fibra óptica monomodo con la señal mostrada.



- (i) Indique qué representa el área sombreada. [1]

.....

- (ii) Utilice los anteriores ejes para dibujar la forma que tendrá la señal después de que se haya desplazado una distancia grande en la fibra. [2]

- (iii) La potencia de la señal de entrada en una fibra monomodo es de 15,0 mW. La atenuación por unidad de longitud para esta fibra es de 1,24 dB km<sup>-1</sup>. Determine la potencia de la señal de salida después de que la señal se haya desplazado una distancia de 3,40 km en la fibra. [3]

.....

.....

.....

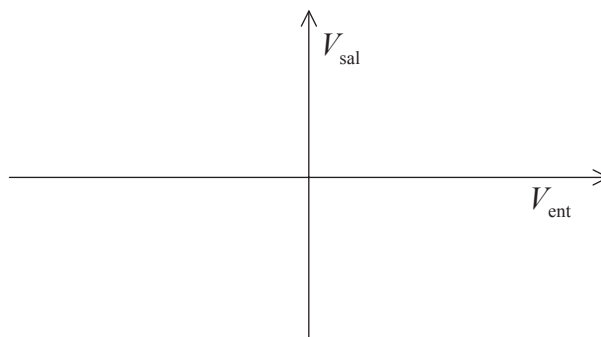
.....

.....

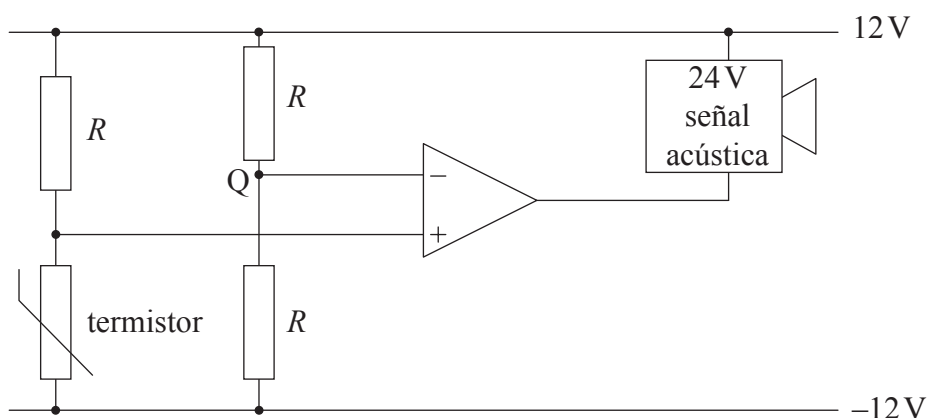


**F5.** Esta pregunta trata del amplificador operacional.

- (a) Sobre los siguientes ejes, dibuje un bosquejo de gráfica que muestre la variación con el voltaje de entrada  $V_{\text{ent}}$  del voltaje de salida  $V_{\text{sal}}$  de un amplificador operacional no inversor. [2]



- (b) Un dispositivo de alerta de temperatura hace uso de una señal acústica que suena cuando la diferencia de potencial en él es de 24 V. A continuación se muestra el circuito en el dispositivo de alerta.



Se requiere que la señal acústica suene cuando la temperatura del termistor exceda los  $50^{\circ}\text{C}$ .

- (i) Indique el voltaje en el punto Q. [1]

.....

- (ii) A una temperatura de  $50^{\circ}\text{C}$  la resistencia del termistor es  $R$ . Explique por qué la señal acústica sonará cuando la temperatura exceda los  $50^{\circ}\text{C}$ . [3]

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



**Opción G — Ondas electromagnéticas**

**G1.** Esta pregunta trata de la luz láser.

(a) Resuma cómo se produce la luz láser. [3]

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

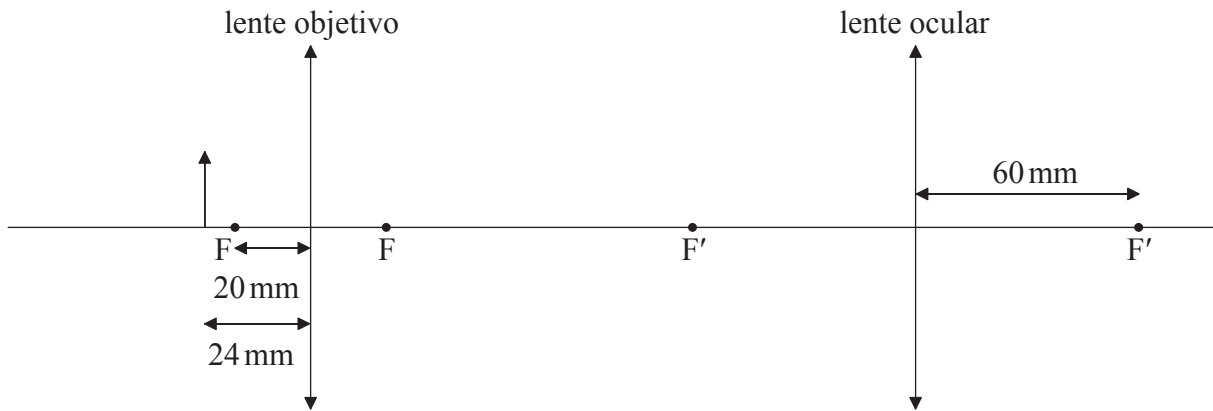
(b) Indique **dos** maneras en que la luz emitida por un láser difiere de la luz emitida desde un bombilla de filamento convencional. [2]

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



G2. Esta pregunta trata de un microscopio compuesto.

El diagrama (que no está a escala) es de un microscopio compuesto.



La distancia focal de la lente objetivo es de 20 mm y la de la lente ocular es de 60 mm. Se coloca un pequeño objeto a una distancia de 24 mm de la lente objetivo. El microscopio produce una imagen virtual final del objeto a una distancia de 240 mm de la lente ocular.

(a) (i) Determine, mediante cálculo, la distancia a la lente objetivo de la imagen formada por la lente objetivo. [2]

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

(ii) Explique por qué la imagen de (a)(i) es real. [1]

.....  
 .....

(iii) Determine la distancia a la lente ocular de la imagen formada por la lente objetivo. [2]

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

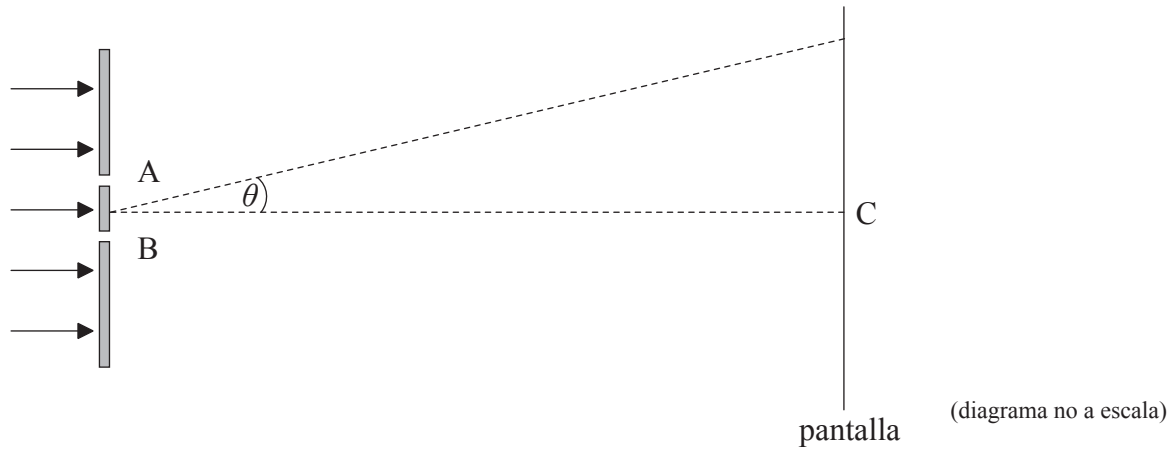
(b) Determine el aumento total del microscopio. [2]

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



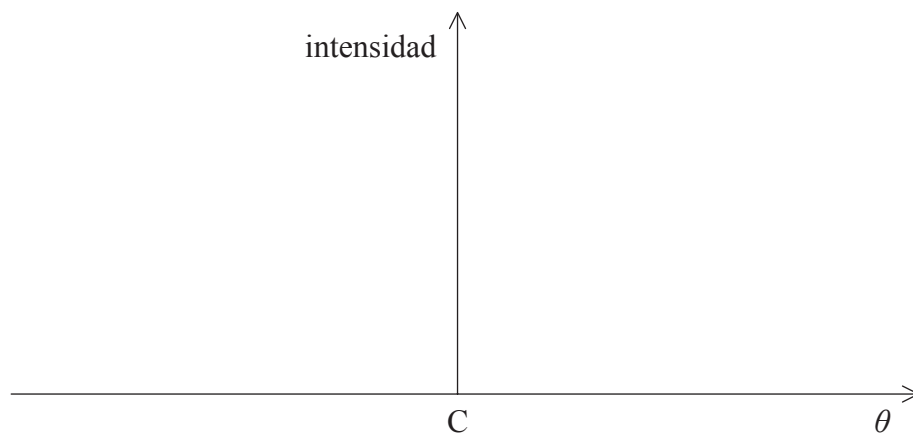
**G3.** Esta pregunta trata de la interferencia.

(a) Sobre dos rendijas muy estrechas A y B incide la luz de un láser.



El punto C sobre la pantalla se encuentra justo enfrente del punto medio de las rendijas.

(i) Sobre los siguientes ejes, esquematice la variación con el ángulo,  $\theta$ , de la intensidad de la luz sobre la pantalla. [2]



(ii) La separación de las rendijas es de 0,120 mm y la longitud de onda de la luz es de  $6,80 \times 10^{-7}$  m. La distancia entre las rendijas y la pantalla es de 1,40 m. Calcule la separación de las franjas brillantes sobre la pantalla. [2]

.....

.....

.....

(Esta pregunta continúa en la siguiente página)





(Pregunta G3: continuación)

(b) Se cubre la rendija A con un vidrio transparente. El efecto del vidrio consiste en incrementar la longitud de la trayectoria de la luz de la rendija a la pantalla en media longitud de onda. Puede suponerse que la cantidad de luz absorbida por el vidrio es despreciable. Indique y explique el efecto o efectos, si los hay, del vidrio sobre

(i) el patrón de intensidad que ha dibujado en (a)(i). [2]

.....  
.....

(ii) la separación de las franjas brillantes calculada en (a)(ii). [2]

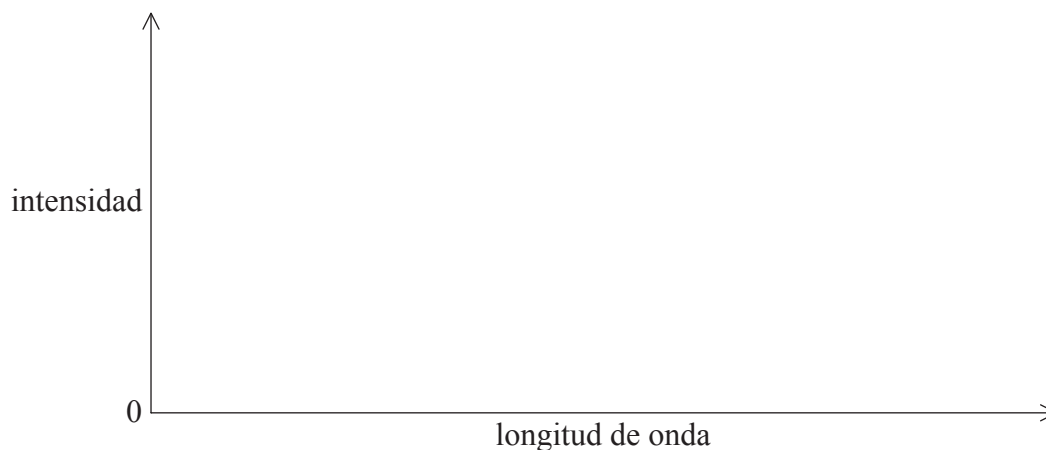
.....  
.....



**G4.** Esta pregunta trata de los rayos X.

En un tubo de rayos X se aceleran los electrones desde el reposo mediante una diferencia de potencial e impactan sobre un objetivo de metal.

- (a) Sobre los siguientes ejes dibuje y anote un espectro típico de rayos X. [2]



- (b) Identifique el mecanismo por el cual se producen las diferentes regiones del espectro de rayos X. [3]

.....

.....

.....

.....

- (c) En un tubo concreto de rayos X se aceleran los electrones desde el reposo mediante una diferencia de potencial de 24 kV. La longitud de onda mínima de los rayos X producidos es de  $4,8 \times 10^{-11}$  m. Determine un valor para la constante de Planck. [3]

.....

.....

.....

.....

.....

- (d) Se orientan rayos X con longitud de onda de  $2,25 \times 10^{-10}$  m hacia la superficie de un cristal. Se observa un haz de rayos X reflejado, intenso, de primer orden, cuando los rayos X forman un ángulo de  $28,1^\circ$  con la superficie del cristal. Determine la separación de los planos atómicos en el cristal. [2]

.....

.....

.....



Página en blanco



**Opción H — Relatividad**

**H1.** Esta pregunta trata de los sistemas de referencia y la velocidad de la luz.

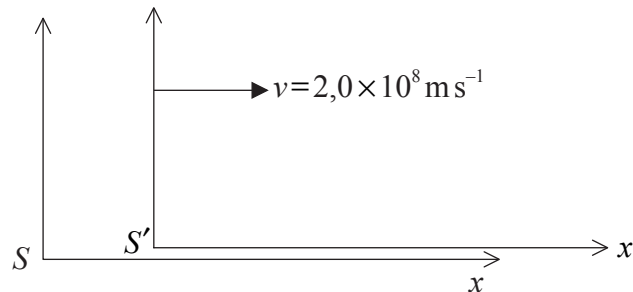
- (a) Describa qué se entiende por un sistema inercial de referencia. [2]

.....

.....

.....

- (b) El diagrama muestra dos sistemas inerciales de referencia. El sistema  $S'$  se mueve con velocidad  $v=2,0 \times 10^8 \text{ m s}^{-1}$  relativa al sistema  $S$  en la dirección  $x-x'$ . Cuando los orígenes de los dos sistemas han coincidido, se ajustan los relojes de los dos sistemas para que indiquen cero.



Un suceso ocurre en  $x=5,0 \times 10^3 \text{ m}$  cuando los relojes en el sistema  $S$  muestran  $t=3,0 \times 10^{-5} \text{ s}$ .

- (i) Utilizando las ecuaciones de transformación de Galileo, determine la posición y tiempo de este suceso en el sistema de referencia  $S'$ . [2]

.....

.....

.....

.....

*(Esta pregunta continúa en la siguiente página)*



(Pregunta H1: continuación)

- (ii) Un láser, en reposo en el sistema  $S'$ , emite un rayo de luz en el sentido negativo de  $x'$  (es decir, hacia la izquierda). Se mide la velocidad del rayo de luz, obteniendo el valor  $c$  en el sistema  $S'$ . Demuestre, utilizando la fórmula de adición de velocidades relativista, que la velocidad del rayo de luz en el sistema  $S$  también se medirá como  $c$ . [2]

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

- (c) Resuma un experimento (diferente del experimento de Michelson-Morley) que proporcione pruebas de que la velocidad de la luz es independiente de la velocidad de su fuente. [2]

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



**H2.** Esta pregunta trata de la cinemática relativista.

- (a) Indique qué se entiende por longitud propia e intervalo de tiempo propio. [2]

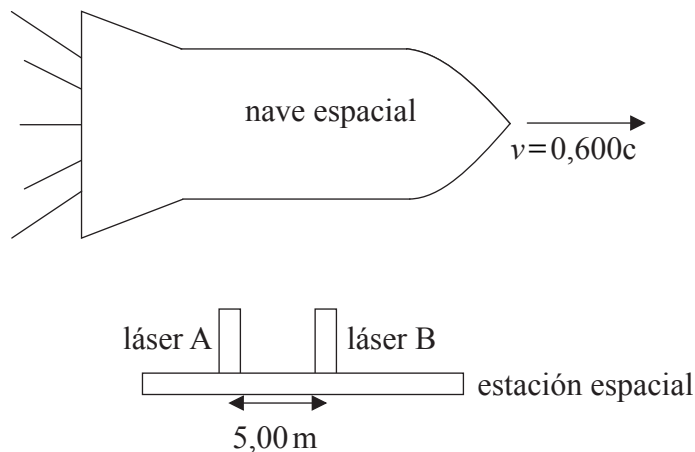
Longitud propia: .....

.....

Intervalo de tiempo propio: .....

.....

- (b) Una nave espacial se desplaza con velocidad  $v=0,600c$  relativa a una estación espacial. Dos láseres, A y B, sobre la estación espacial se encuentran separados 5,00 m, según la medida de los observadores de la estación espacial. El factor gamma para una velocidad de  $v=0,600c$  es  $\gamma=1,25$ .



- (i) Desde la estación espacial se envía una señal de radio a la nave espacial. La transmisión dura 6,00 s según los relojes de la estación espacial. Calcule la duración de la transmisión según los observadores de la nave espacial. [2]

.....

.....

.....

- (ii) Calcule la distancia entre los láseres A y B según los observadores de la nave espacial. [2]

.....

.....

.....

(Esta pregunta continúa en la siguiente página)



(Pregunta H2: continuación)

- (c) Los láseres de (b) son disparados **simultáneamente** según los observadores de la **estación espacial**. La luz de cada láser deja sendas marcas sobre la nave espacial. Los observadores de la nave espacial miden la distancia entre las dos marcas en 6,25 m. Según los observadores de la nave espacial

- (i) indique qué láser se disparó primero. [1]

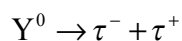
.....

- (ii) determine la diferencia en tiempo entre los disparos de los dos láseres. [2]

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

**H3.** Esta pregunta trata de mecánica relativista.

La ípsilon ( $Y^0$ ) es una partícula inestable que se desintegra en un tau ( $\tau^-$ ) y un antitau ( $\tau^+$ ) de acuerdo con la reacción



La  $Y^0$  se encuentra en reposo con respecto al laboratorio cuando se desintegra. El momento del  $\tau^-$  relativo al laboratorio es de  $4,40 \text{ GeV}c^{-1}$ . La masa en reposo del  $\tau^-$  y del  $\tau^+$  es de  $1,78 \text{ GeV}c^{-2}$ .

Determine la masa en reposo de la  $Y^0$ . [3]

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



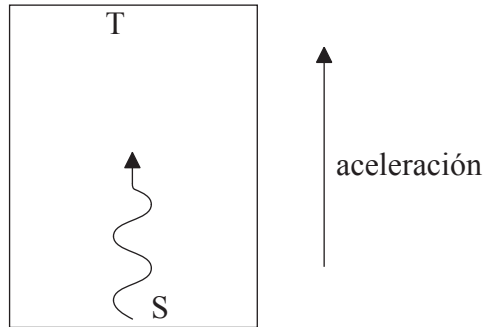
H4. Esta pregunta trata de la relatividad general.

(a) Indique el principio de equivalencia de Einstein.

[1]

.....  
.....

(b) Un cohete está acelerando en la dirección mostrada, lejos de cualquier masa.



Se emite un haz de luz monocromático desde el suelo S del cohete. El haz alcanza el techo T del cohete. Sugiera por qué la frecuencia del haz de luz medida en T es menor que la frecuencia medida en S.

[2]

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

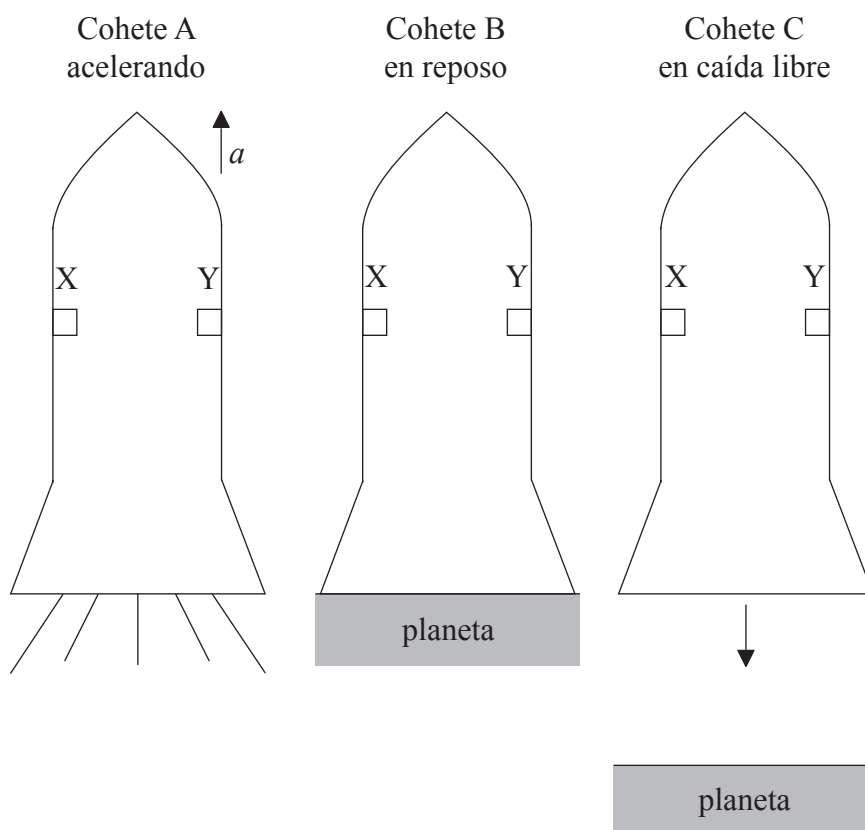
(Esta pregunta continúa en la siguiente página)





(Pregunta H4: continuación)

(c) El diagrama muestra tres cohetes idénticos A, B y C.



El cohete A está acelerando en el espacio exterior con aceleración  $a$ .

El cohete B se encuentra en reposo sobre la superficie de un planeta. La intensidad del campo gravitatorio en la superficie del planeta es  $a$ .

El cohete C se encuentra en caída libre sobre un planeta. La intensidad del campo gravitatorio del planeta en el entorno del cohete es  $a$ .

Se emite luz desde una fuente X en la pared izquierda de cada cohete. El receptor Y se encuentra justo en frente de X.

La dirección inicial de la luz es paralela al suelo del cohete.

Dibuje, para cada cohete, la trayectoria del rayo de luz emitido desde X según un observador en cada cohete.

[3]

(Esta pregunta continúa en la siguiente página)



*(Pregunta H4: continuación)*

(d) La teoría de la relatividad general de Einstein predice que un cuerpo masivo causa una curvatura del espacio.

(i) Describa qué se entiende por la curvatura del espacio. [1]

.....  
.....

(ii) Describa cómo el experimento de Eddington proporciona pruebas de la curvatura del espacio provocada por el Sol. [3]

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



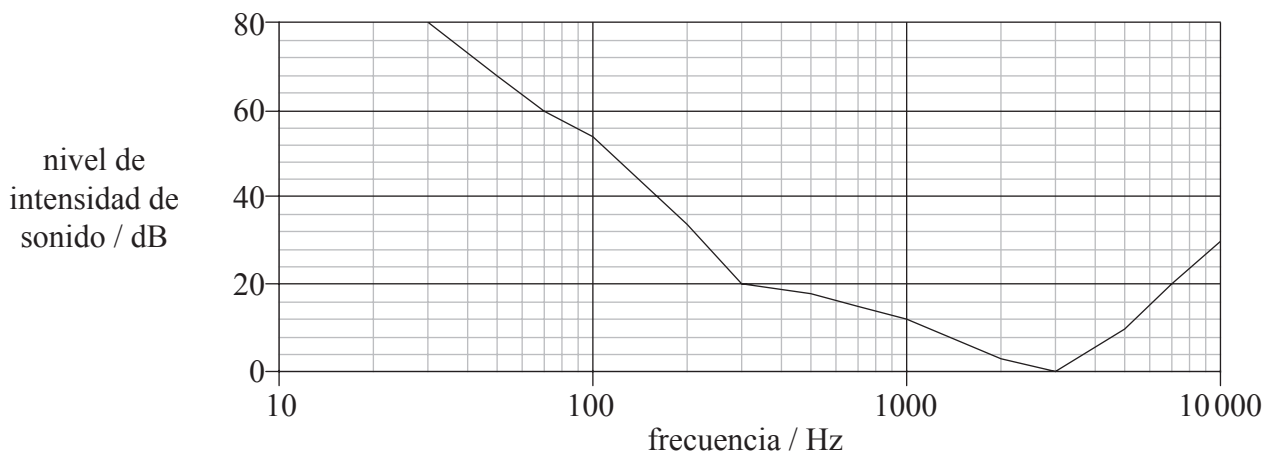
**Opción I — Física médica**

**II.** Esta pregunta trata del oído y la audición.

- (a) Indique la propiedad física de las ondas sonoras que está relacionada con la intensidad del sonido. [1]

.....

- (b) La gráfica muestra la variación con la frecuencia del umbral de audición para una persona con capacidad auditiva normal.



- Calcule la intensidad de sonido con frecuencia de 600 Hz que esta persona puede alcanzar a oír. [3]

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

- (c) Como consecuencia de una exposición prolongada al ruido una persona sufre una pérdida auditiva de 20 dB.

- (i) Sobre los ejes de (b) dibuje un bosquejo de gráfica que muestre la variación con la frecuencia del umbral de audición para esta persona. [1]

- (ii) Explique por qué esta pérdida probablemente causará dificultades en el reconocimiento del habla. [2]

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



I2. Esta pregunta trata de los ultrasonidos.

(a) Defina *impedancia acústica*. [1]

.....  
.....

(b) Un ultrasonido de intensidad  $I_0$  se desplaza en un medio de impedancia  $Z_1$  e incide sobre un medio de impedancia  $Z_2$ . El ultrasonido reflejado tiene intensidad  $I_R$  dada por la siguiente ecuación.

$$\frac{I_R}{I_0} = \left( \frac{Z_1 - Z_2}{Z_1 + Z_2} \right)^2$$

Explique por qué cuando se utilizan ultrasonidos se coloca un gel entre el transductor y la piel del paciente. [4]

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



I3. Esta pregunta trata de los rayos X.

(a) Defina *espesor hemirreductor*.

[1]

.....  
 .....

(b) El espesor hemirreductor en metros de aire a una presión  $p$  y temperatura  $T$  viene dado por la ecuación

$$x_{\frac{1}{2}} = 1,8 \times 10^5 \times \frac{T}{p}$$

Los rayos X procedentes del Sol alcanzan las capas exteriores de la atmósfera de la Tierra.

Se dispone de los siguientes datos.

Presión media de la atmósfera	= $2,0 \times 10^4$ Pa
Temperatura media de la atmósfera	= 240 K
Altura efectiva de la atmósfera	= 25 km

Utilizando estos datos, calcule

(i) el espesor hemirreductor para la atmósfera.

[2]

.....  
 .....

(ii) la fracción de la intensidad de rayos X incidente que se transmite a la superficie de la Tierra.

[3]

.....  
 .....

(c) Comente, utilizando su respuesta a (b)(ii), si la atmósfera proporciona una protección significativa frente a los rayos X incidentes.

[1]

.....  
 .....

(Esta pregunta continúa en la siguiente página)



(Pregunta I3: continuación)

- (d) Fotones de rayos X con energía media de 20 keV inciden a una altura de 10 km por encima de la superficie de la Tierra a un ritmo de  $2,8 \times 10^8 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ . Un pasajero se encuentra en un avión a una altura de 10 km sobre la superficie de la Tierra. El pasajero tiene una masa de 60 kg y una superficie corporal de  $1,6 \text{ m}^2$ .

El factor de calidad para los rayos X es 1.

- (i) Calcule la dosis equivalente recibida por este pasajero durante un vuelo de tres horas a una altura de 10 km. [4]

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

- (ii) Indique **una** razón por la cual la dosis equivalente recibida será mucho menor que su respuesta a (d)(i). [1]

.....

.....



**I4.** Esta pregunta trata de los radioisótopos.

- (a) Indique qué se entiende por la semivida efectiva de un radioisótopo. [2]

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

- (b) La actividad de los pulmones puede ser seguida utilizando los radioisótopos  $^{133}_{54}\text{Xe}$  y  $^{81}_{36}\text{Kr}$ . La información de estos dos radioisótopos se muestra en la tabla.

Radioisótopos	Semivida efectiva	Productos de desintegración
$^{133}_{54}\text{Xe}$	5,2 días	$\beta^-$ y $\gamma$
$^{81}_{36}\text{Kr}$	12 segundos	$\gamma$

Indique y explique **una** ventaja y **una** desventaja de utilizar  $^{133}_{54}\text{Xe}$  en vez de  $^{81}_{36}\text{Kr}$ . [4]

Ventaja: .....

.....  
 .....

Desventaja: .....

.....  
 .....



**Opción J — Física de partículas**

**J1.** Esta pregunta trata de los quarks.

La siguiente tabla muestra la carga eléctrica de los tres quarks más ligeros en función de  $e$ , la carga del protón.

Sabor de quark	arriba ( <i>up</i> ) u	abajo ( <i>down</i> ) d	extraño ( <i>strange</i> ) s
Carga eléctrica / $e$	$\frac{2}{3}$	$-\frac{1}{3}$	$-\frac{1}{3}$

(a) Utilizando los datos de la tabla, determine

- (i) el contenido de quarks de un mesón con carga +1 y extrañeza (*strangeness*) 0 y el de un barión con carga –1 y extrañeza –3. [2]

Mesón: .....

Barión: .....

- (ii) los posibles valores de espín del mesón de (a)(i). [1]

.....

(b) Indique el principio de exclusión de Pauli. [1]

.....  
.....

(c) Explique cómo el barión con contenido de quarks  $uuu$  y espín  $\frac{3}{2}$  no viola el principio de exclusión de Pauli. [1]

.....  
.....

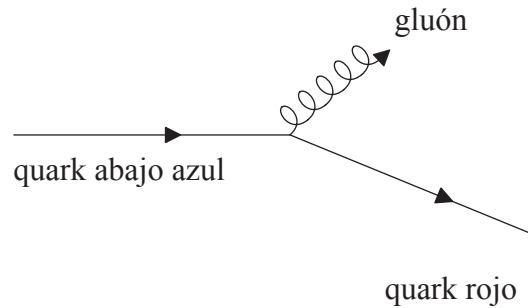
(Esta pregunta continúa en la siguiente página)





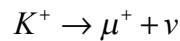
(Pregunta J1: continuación)

- (d) En el diagrama de Feynman mostrado un quark abajo azul emite un gluón y produce un quark rojo.



Deduzca

- (i) el sabor de quark (tipo) del quark producido. [1]  
 .....
- (ii) los números cuánticos de color del gluón emitido. [1]  
 .....
- (e) El kaón positivo  $K^+$  (compuesto por quarks  $u\bar{s}$ ) se desintegra en un antimuón y un neutrino de acuerdo con la siguiente reacción.



Explique cómo puede deducirse que esta desintegración es un proceso de interacción débil. [1]

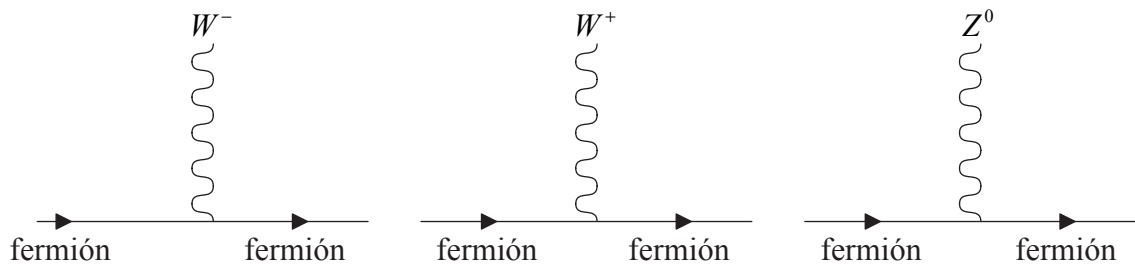
.....  
 .....

(Esta pregunta continúa en la siguiente página)



(Pregunta J1: continuación)

- (f) El diagrama muestra tres de los vértices de interacción para la interacción débil.



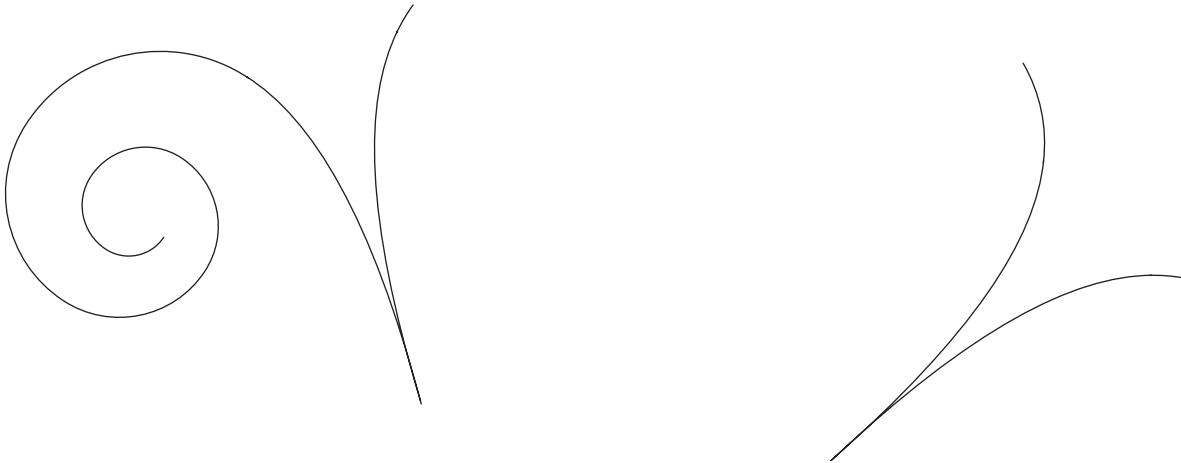
Utilizando el vértice apropiado, dibuje un diagrama de Feynman para la desintegración  $K^+ \rightarrow \mu^+ + \nu$  identificando todas las partículas involucradas.

[3]



**J2.** Esta pregunta trata de la cámara de burbujas.

El diagrama es una copia de una fotografía tomada en una cámara de burbujas de la desintegración de un pion neutro ( $\pi^0$ ) en dos fotones,  $\pi^0 \rightarrow 2\gamma$ . Cada uno de los fotones producidos se materializa en un par electrón-positrón. Las trayectorias mostradas pertenecen a los dos pares electrón-positrón.



(a) Indique por qué los rastros de los fotones no aparecen en la fotografía. [1]

.....  
 .....

(b) Sobre el anterior diagrama,

(i) dibuje líneas que indiquen la trayectoria de cada uno de los fotones. [1]

(ii) rotule con la letra P el punto donde se ha desintegrado el pion. [1]

*(Esta pregunta continúa en la siguiente página)*



(Pregunta J2: continuación)

(c) Resuma si el pion estaba en movimiento o en reposo cuando se desintegró. [2]

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

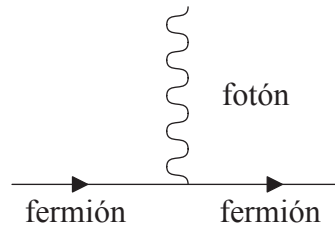
(d) La trayectoria de uno de los electrones producidos es una espiral. Sugiera una razón para la forma de esta trayectoria. [1]

.....  
.....



**J3.** Esta pregunta trata de diagramas de Feynman y corrientes neutras.

(a) El diagrama muestra el vértice de interacción de la interacción electromagnética.



Pueden producirse hadrones mediante la interacción electromagnética en colisiones electrón-positrón a través de la reacción

$$e^{-} + e^{+} \rightarrow q + \bar{q}$$

en donde  $q$  representa un quark y  $\bar{q}$  un antiquark.

(i) Dibuje un diagrama de Feynman para el proceso  $e^{-} + e^{+} \rightarrow u + \bar{u}$  donde  $u$  representa el quark arriba. [1]

(ii) Resuma por qué la reacción de (a)(i) acaba llevando a la producción de hadrones y no de quarks individuales. [2]

.....

.....

.....

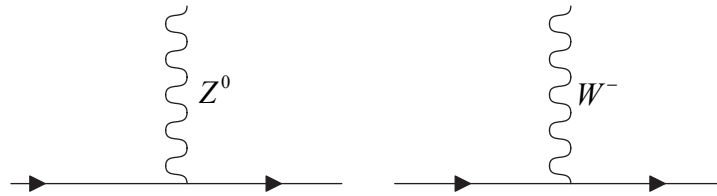
.....

(Esta pregunta continúa en la siguiente página)



(Pregunta J3: continuación)

- (b) El diagrama muestra dos vértices para la interacción débil.



Las líneas sólidas representan quarks o leptones.

- (i) Indique qué se entiende por corriente neutra. [1]

.....  
 .....

- (ii) Dibuje un diagrama de Feynman para el proceso  $e^- + e^+ \rightarrow u + \bar{u}$ , donde  $u$  representa un quark arriba, que está mediado por una corriente neutra. [1]

(Esta pregunta continúa en la siguiente página)



(Pregunta J3: continuación)

- (c) En relación a los vértices de interacción débil de (b) sugiera cómo puede detectarse el  $Z^0$ . [2]

.....

.....

.....

- (d) El  $W^-$  se desintegra en la forma  $W^- \rightarrow e^- + \bar{\nu}$ . Indique y explique si el antineutrino en esta desintegración es un electrón, un muón o un antineutrino tau. [3]

.....

.....

.....

**J4.** Esta pregunta trata del universo primitivo.

Hasta unos  $3 \times 10^5$  años después del Big Bang, los fotones no podían penetrar en el hidrógeno del universo. Sugiera, sin cálculos, por qué tuvo que transcurrir este tiempo para que los fotones pudieran propagarse a través del hidrógeno. [3]

.....

.....

.....

.....

.....

.....

