



22126527

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

Número de convocatoria del alumno

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

Viernes 11 de mayo de 2012 (mañana)

1 hora 15 minutos

Código del examen

2	2	1	2	–	6	5	2	7
---	---	---	---	---	---	---	---	---

**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.
- Escriba sus respuestas en las casillas provistas.
- En esta prueba es necesario usar una calculadora.
- Se necesita una copia sin anotaciones del *cuadernillo de datos de Física* para esta prueba.
- La puntuación máxima para esta prueba de examen es [60 puntos].



0144

**Opción E — Astrofísica**

**E1.** Esta pregunta trata de algunas de las propiedades de la estrella Aldebarán y también de las distancias galácticas.

(a) Aldebarán es una estrella gigante roja en la constelación de Tauro.

(i) Describa las diferencias entre una constelación y un cúmulo estelar.

[3]

.....

.....

.....

.....

.....

.....

(ii) Defina la *luminosidad* de una estrella.

[1]

.....

.....

(iii) El brillo aparente de Aldebarán es de  $3,3 \times 10^{-8} \text{ W m}^{-2}$  y la luminosidad del Sol es de  $3,9 \times 10^{26} \text{ W}$ . Si la luminosidad de Aldebarán es 370 veces la del Sol, demuestre que Aldebarán se encuentra a una distancia de 19 pc de la Tierra. ( $1 \text{ pc} = 3,1 \times 10^{16} \text{ m}$ ) [3]

.....

.....

.....

.....

.....

.....

(Esta pregunta continúa en la siguiente página)



*(Pregunta E1: continuación)*

(b) La magnitud aparente de Aldebarán es de 0,75.

(i) Indique qué se entiende por magnitud aparente de una estrella. [1]

.....  
.....

(ii) Utilice la respuesta a (a)(iii) para determinar la magnitud absoluta de Aldebarán. [2]

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

*(Esta pregunta continúa en la siguiente página)*



(Pregunta E1: continuación)

(c) Betelgeuse en la constelación de Orión es una estrella supergigante roja.

(i) Compare el destino esperado para Aldebarán con el de Betelgeuse.

[2]

Aldebarán:	.....
	.....
	.....
Betelgeuse:	.....
	.....
	.....

(ii) Resuma, en relación con el límite de Chandrasekhar, las circunstancias bajo las cuales el estado final de Betelgeuse podría ser igual al estado final de Aldebarán.

[3]

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

(Esta pregunta continúa en la siguiente página)



*(Pregunta E1: continuación)*

- (d) La distancia a las galaxias puede determinarse mediante las estrellas variables cefeidas.

Teniendo en cuenta la naturaleza y las propiedades de las estrellas variables cefeidas, explique cómo se utilizan estas estrellas para determinar las distancias galácticas.

[5]

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....



**E2.** Esta pregunta trata del desarrollo del universo.

(a) Defina, en relación con el modelo plano del universo, la *densidad crítica*.

[2]

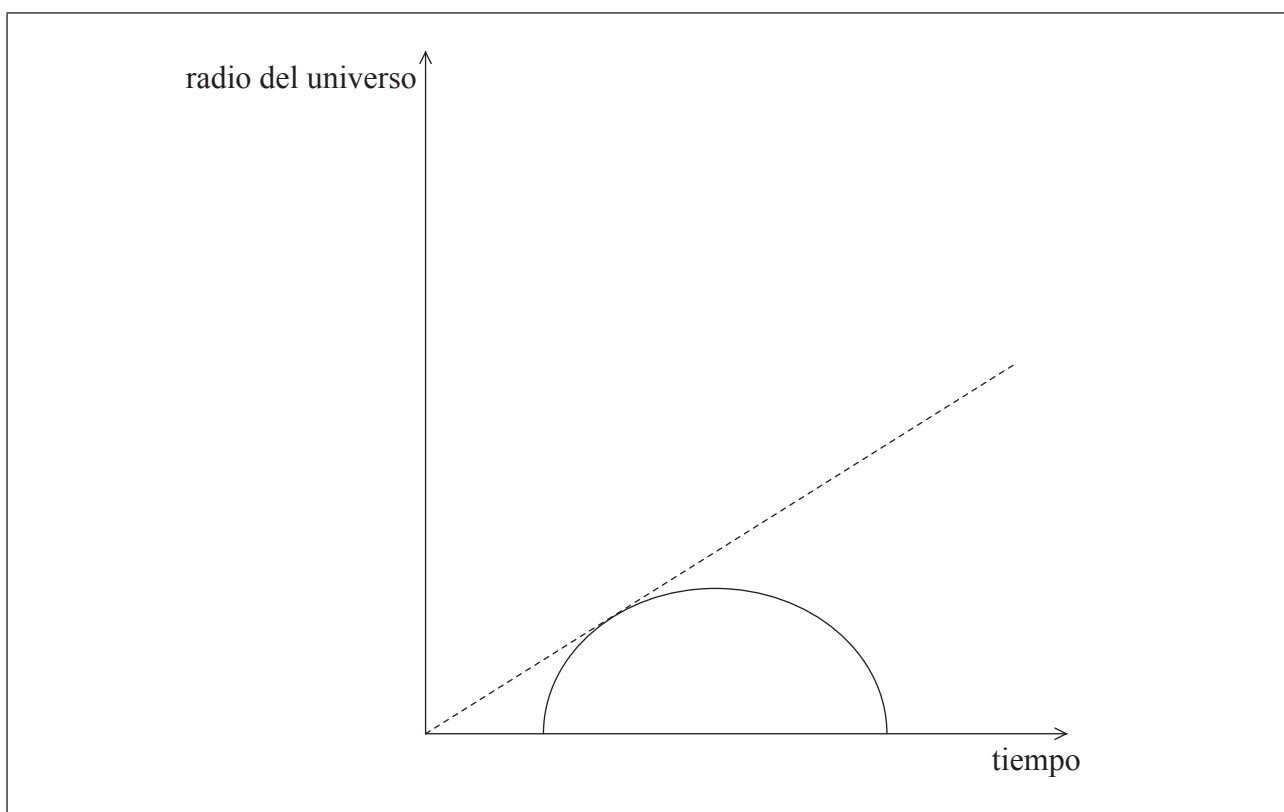
.....

.....

.....

.....

(b) El diagrama representa cómo podría desarrollarse el universo si su densidad fuera mayor que la densidad crítica.



La línea a trazos representa el desarrollo del universo si su densidad fuera cero.

Sobre el diagrama anterior,

(i) rotule con la letra N el tiempo actual.

[1]

(Esta pregunta continúa en la siguiente página)



(Pregunta E2: continuación)

(ii) dibuje una línea rotulada como F que represente el desarrollo del universo que correspondería a un universo plano. [1]

(iii) dibuje una línea rotulada como O que represente el desarrollo del universo que correspondería a un universo con densidad menor que la densidad crítica. [1]

**E3.** Esta pregunta trata de la ley de Hubble.

(a) Indique la ley de Hubble. [1]

.....

.....

(b) Los valores medidos de la constante de Hubble pueden oscilar entre los  $40 \text{ km s}^{-1} \text{ Mpc}^{-1}$  y los  $90 \text{ km s}^{-1} \text{ Mpc}^{-1}$ . Indique la razón de esta variación tan grande en los valores. [1]

.....

.....

(c) La línea azul del espectro del hidrógeno atómico medida en el laboratorio es de 490 nm. La misma línea en el espectro de luz de una galaxia tiene una longitud de onda de 500 nm.

Determine la distancia de la galaxia a la Tierra. Puede suponer que la constante de Hubble  $= 70 \text{ km s}^{-1} \text{ Mpc}^{-1}$ . [3]

.....

.....

.....

.....

.....

.....



**Opción F — Comunicaciones**

**F1.** Esta pregunta trata de las transmisiones por radio.

- (a) Describa, en relación a la amplitud de la onda de señal, cómo varía la frecuencia de una onda portadora en la transmisión por radio en frecuencia modulada (FM). [2]

.....

.....

.....

.....

- (b) Una onda portadora modulada en amplitud (AM) con frecuencia de 190 kHz se ve modulada por una onda de señal cuya frecuencia es de 5,0 kHz.

- (i) Indique las frecuencias transmitidas en la señal AM. [2]

.....

.....

- (ii) La frecuencia de esta señal de radio AM se encuentra dentro de la banda europea de radio de onda larga que tiene asignadas frecuencias entre 149 kHz y 284 kHz.

Determine el máximo número de emisoras de radio que pueden transmitir la señal de radio en esta banda de frecuencias. [2]

.....

.....

.....

.....

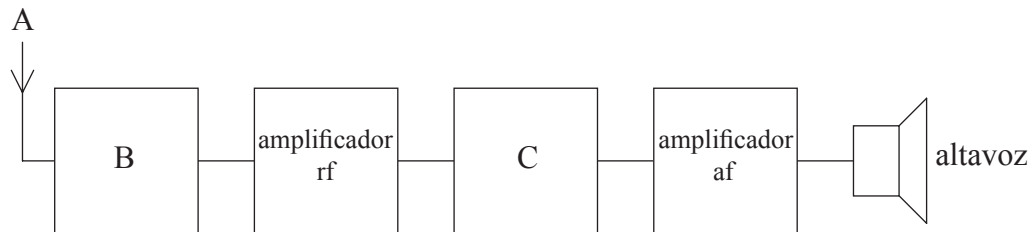
*(Esta pregunta continúa en la siguiente página)*





(Pregunta F1: continuación)

- (c) Indique y explique el papel de los bloques B y C en el receptor de radio básico que se muestra. [5]



Bloque B: .....

Explicación: .....  
 .....

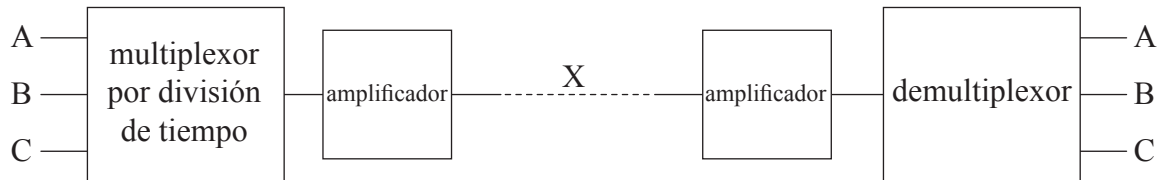
Bloque C: .....

Explicación: .....  
 .....



**F2.** Esta pregunta trata de la transmisión de señales digitales en una fibra óptica.

- (a) El diagrama muestra señales digitales A, B, C, ... que llegan simultáneamente a un multiplexor por división de tiempo.



Explique cómo se pueden enviar a lo largo de la fibra óptica única X grandes cantidades de señales digitales de audio muestreadas.

[3]

.....

.....

.....

.....

.....

.....

- (b) La potencia de entrada en la fibra óptica única X es de 25 mW. La señal necesita ser amplificada cuando la potencia se atenúa hasta  $4,0 \times 10^{-19}$  W. La pérdida por atenuación en la fibra óptica es de  $1,8 \text{ dB km}^{-1}$ .

Calcule la distancia máxima entre amplificadores en el sistema.

[3]

.....

.....

.....

.....

.....

.....

(Esta pregunta continúa en la siguiente página)



*(Pregunta F2: continuación)*

- (c) En un sistema de multiplexación por división de tiempo, se lleva a cabo el muestreo a un ritmo de 32 kHz. La duración de cada muestra es de 50 ns.

Determine el número de canales separados que puede transmitir el sistema.

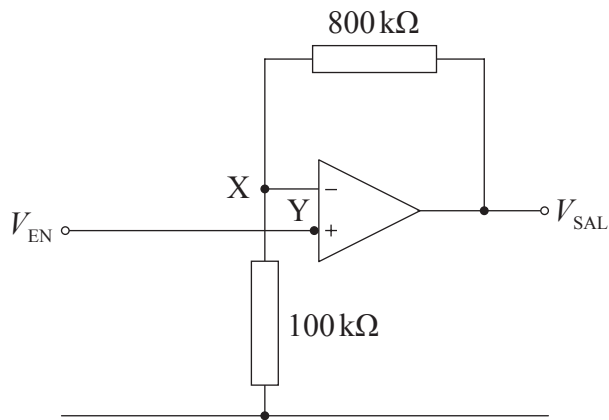
[3]

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



**F3.** Esta pregunta trata de un amplificador operacional.

El diagrama muestra un circuito de amplificador operacional en configuración no inversora.



- (a) Los valores de los resistores del circuito son de  $800\text{ k}\Omega$  y  $100\text{ k}\Omega$ , tal como se muestra en el diagrama. Calcule la ganancia del amplificador. [2]

- (b) Explique, en términos de las propiedades de un amplificador operacional,

- (i) por qué no hay diferencia de potencial entre los puntos X e Y cuando el circuito funciona correctamente. [3]

(Esta pregunta continúa en la siguiente página)



(Pregunta F3: continuación)

- (ii) por qué la corriente eléctrica en los resistores de  $800\text{ k}\Omega$  y  $100\text{ k}\Omega$  es la misma. [1]

.....

.....

**F4.** Esta pregunta trata de la comunicacion celular en telefonía móvil.

- (a) Resuma el papel de la comunicacion celular en una red de telefonía móvil. [3]

.....

.....

.....

.....

.....

.....

- (b) Indique **un** aspecto medioambiental que considere que se deriva del uso de comunicaciones celulares en una red de telefonía móvil. [1]

.....

.....

.....



**Opción G — Ondas electromagnéticas**

**G1.** Esta pregunta trata de la naturaleza de las ondas electromagnéticas.

(a) Resuma qué se entiende por onda electromagnética.

[2]

.....

.....

.....

(b) Indique **dos** casos en que los electrones pueden producir ondas electromagnéticas.

[2]

.....

.....

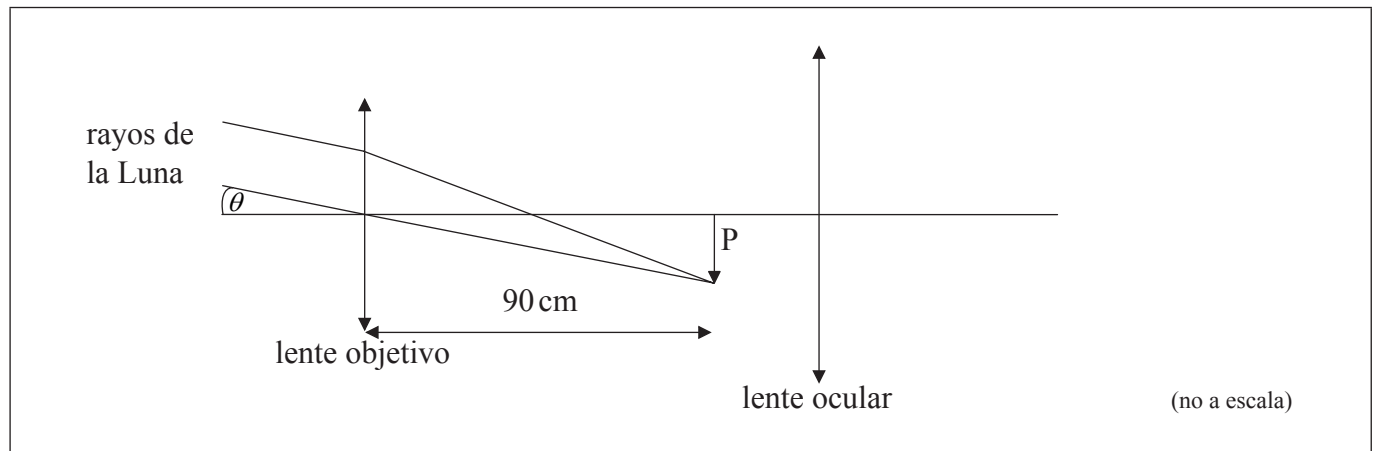
.....

.....



**G2.** Esta pregunta trata de un telescopio astronómico.

Se utiliza un telescopio astronómico concreto para observar la Luna. El diagrama de rayos muestra la posición P de la imagen intermedia de la Luna formada por la lente objetivo.



El telescopio se encuentra en ajuste normal.

(a) Sobre el diagrama anterior,

- (i) rotule con la letra F los **dos** puntos focales de la lente ocular. [1]
- (ii) dibuje rayos que determinen la localización de la imagen final de la Luna. [3]

*(Esta pregunta continúa en la siguiente página)*



(Pregunta G2: continuación)

(b) El diámetro de la Luna describe un ángulo de  $8,7 \times 10^{-3}$  rad al ojo desnudo.

(i) Determine el diámetro de la imagen de la Luna formada por la lente objetivo. [2]

.....

.....

.....

.....

(ii) Si la longitud focal del ocular es de 30 cm, calcule el ángulo que describe la imagen final de la Luna en el ocular. [2]

.....

.....

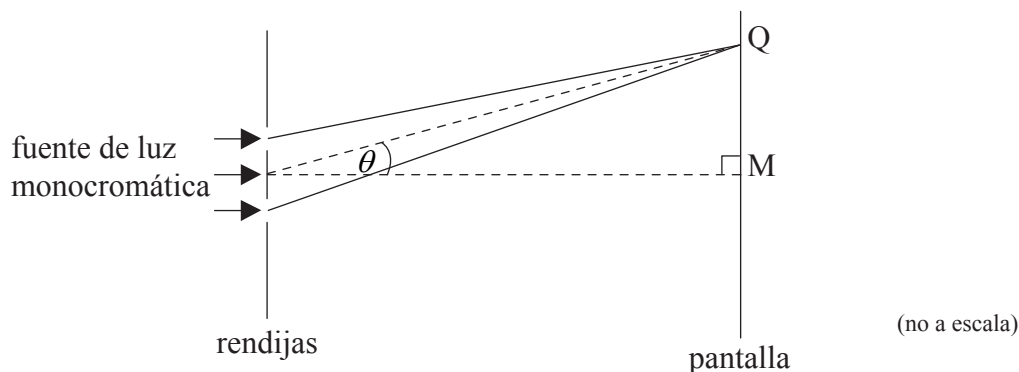
.....





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

- (a) La luz de una fuente monocromática incide en perpendicular sobre dos rendijas. Tras atravesar las rendijas, la luz incide sobre una pantalla distante. El punto M es el punto medio de la pantalla.

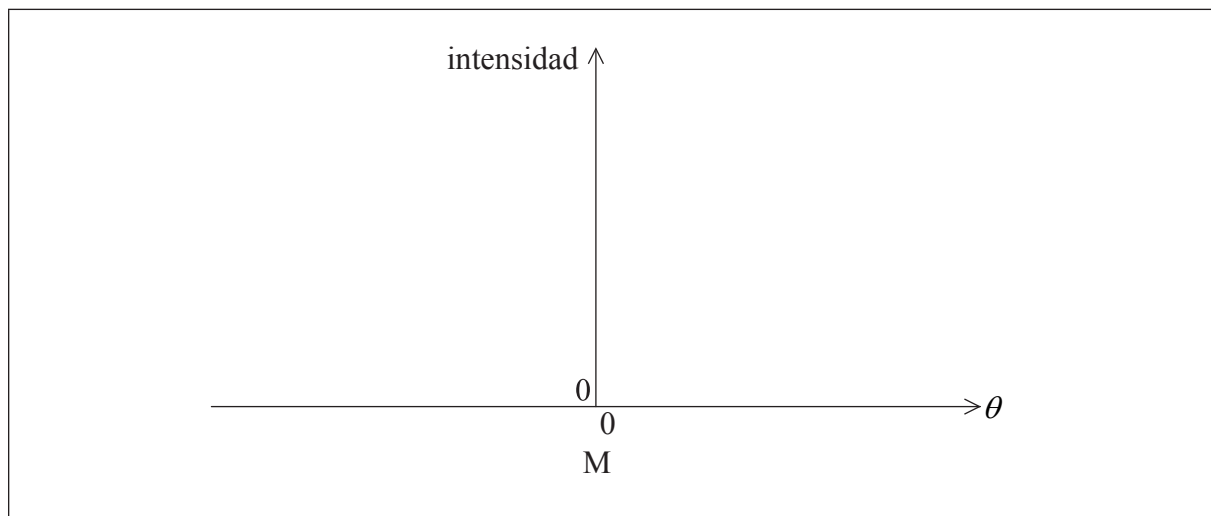


La separación de las rendijas es grande en comparación con su anchura. Sobre la pantalla se observa un patrón de franjas brillantes y oscuras.

- (i) Indique el fenómeno que permite a la luz alcanzar el punto M sobre la pantalla. [1]

.....

- (ii) Sobre los ejes siguientes, esquematice la intensidad de la luz como se observaría sobre la pantalla en función del ángulo  $\theta$ . (No hay que poner ningún número sobre los ejes.) [3]



(Esta pregunta continúa en la siguiente página)



(Pregunta G3: continuación)

- (iii) La distancia a la pantalla desde las rendijas es de 1,8 m y la separación entre rendijas es de 0,12 mm. La longitud de onda de la luz es de 650 nm. El punto Q sobre la pantalla muestra la posición de la primera franja oscura.

Calcule la distancia MQ.

[2]

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

- (b) Sugiera por qué no se pierde energía, a pesar de haber franjas oscuras en el patrón.

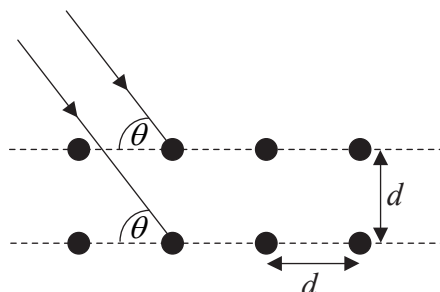
[2]

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



**G4.** Esta pregunta trata de la difracción de rayos X.

Sobre un único cristal de cuarzo inciden rayos X. El diagrama muestra dos planos atómicos adyacentes y rayos X que inciden formando un ángulo  $\theta$  con los planos del cristal.



- (a) Se observa un haz dispersado intenso para ciertos valores del ángulo  $\theta$ . Explique, en relación con el diagrama, esta observación. [3]

.....

.....

.....

.....

.....

.....

- (b) El ángulo mínimo para el cual se observa un haz dispersado intenso es  $\theta = 11,2^\circ$ . La longitud de onda de los rayos X es de  $8,24 \times 10^{-10}$  m.

Calcule la distancia  $d$  entre los planos atómicos. [2]

.....

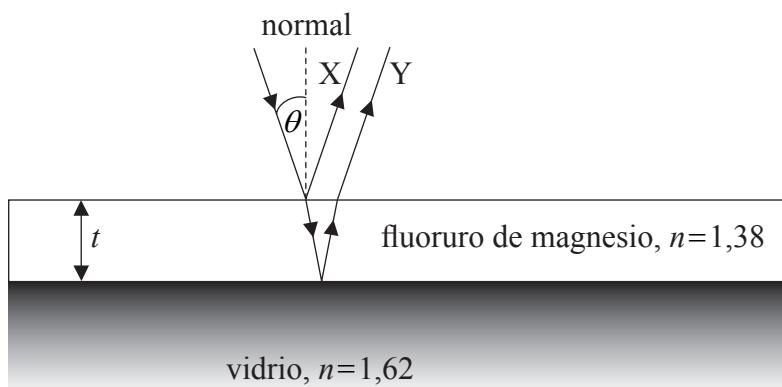
.....

.....



**G5.** Esta pregunta trata de la interferencia en películas delgadas.

Se cubre un vidrio con índice refractivo de 1,62 con una película delgada de fluoruro de magnesio de grosor  $t$  e índice de refracción 1,38. El diagrama muestra un rayo de luz monocromática que incide sobre la película con un ángulo  $\theta$  respecto a la normal.



Sea X un rayo reflejado desde la superficie de la película e Y otro rayo reflejado desde la superficie del vidrio.

- (a) Demuestre que cuando  $\theta=0$  la condición para la interferencia destructiva entre los rayos X e Y es

$$2t = \left(m + \frac{1}{2}\right)\lambda$$

donde  $m$  es un entero y  $\lambda$  es la longitud de onda de la luz en la película de fluoruro de magnesio.

[2]

(Esta pregunta continúa en la siguiente página)



(Pregunta G5: continuación)

(b) La luz con longitud de onda de 640 nm en el aire incide perpendicularmente a la superficie del vidrio.

(i) Demuestre que la longitud de onda de la luz en la película de fluoruro de magnesio es de 464 nm. [1]

.....

(ii) Calcule el grosor mínimo de la película para el cual no se reflejará la luz hacia el aire. [2]

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



**Opción H — Relatividad**

**H1.** Esta pregunta trata de la simultaneidad.

- (a) Indique el postulado de la relatividad especial que se relaciona con la velocidad de la luz. [1]

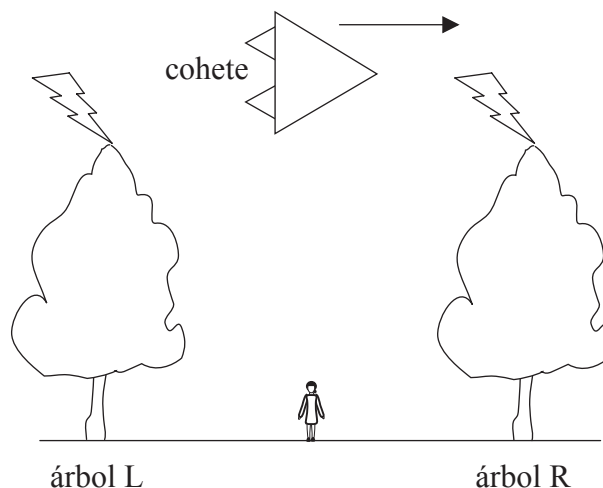
.....
.....

*(Esta pregunta continúa en la siguiente página)*



(Pregunta H1: continuación)

- (b) Un cohete que se desplaza a una velocidad relativista pasa junto a un observador que se encuentra en reposo en el suelo y equidistante de dos árboles L y R. En el momento en que un observador que está en el cohete se encuentra frente al observador en el suelo, un relámpago impacta en L y R al mismo tiempo según el observador del suelo. La luz de los impactos alcanza al observador del cohete así como al observador del suelo.



- (i) Explique por qué, para el observador del cohete, la luz de los dos impactos alcanza al observador del suelo al mismo tiempo. [2]

.....

.....

.....

.....

- (ii) A partir de su respuesta a (a) y (b)(i), resuma por qué, para el observador del cohete, el árbol R habría sufrido el impacto del relámpago antes que el árbol L. [2]

.....

.....

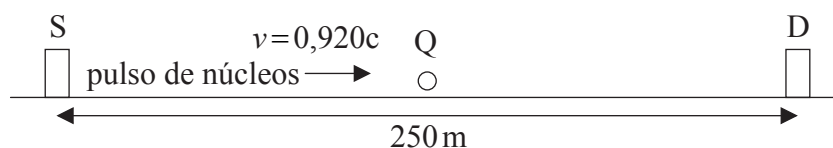
.....

.....



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

Se emite un pulso corto que contiene muchos núcleos de un isótopo radiactivo desde una fuente S en un laboratorio. Los núcleos tienen una velocidad  $v=0,920c$  medida con respecto al laboratorio.



El pulso llega a un detector D. El detector se encuentra a 250 m de distancia, tal como lo mide un observador en el laboratorio.

(a) Calcule el tiempo que le lleva al pulso desplazarse de S a D, según

(i) un observador en el laboratorio.

[1]

(ii) un observador Q que se mueve con el pulso.

[2]

(b) Calcule la distancia entre la fuente S y el detector D según el observador Q.

[1]

(Esta pregunta continúa en la siguiente página)





(Pregunta H2: continuación)

- (c) Un núcleo particular del pulso se desintegra emitiendo un electrón en la misma dirección y sentido que tiene el núcleo. La velocidad del electrón medida en el laboratorio es de  $0,985c$ .

Calcule la velocidad del electrón medida por el observador Q.

[2]

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

- (d) El observador del laboratorio y el observador Q están de acuerdo en que cuando el pulso llega a D, la mitad de los núcleos del pulso se ha desintegrado.

Resuma, sin cálculos adicionales, cómo este fenómeno respalda la dilatación del tiempo.

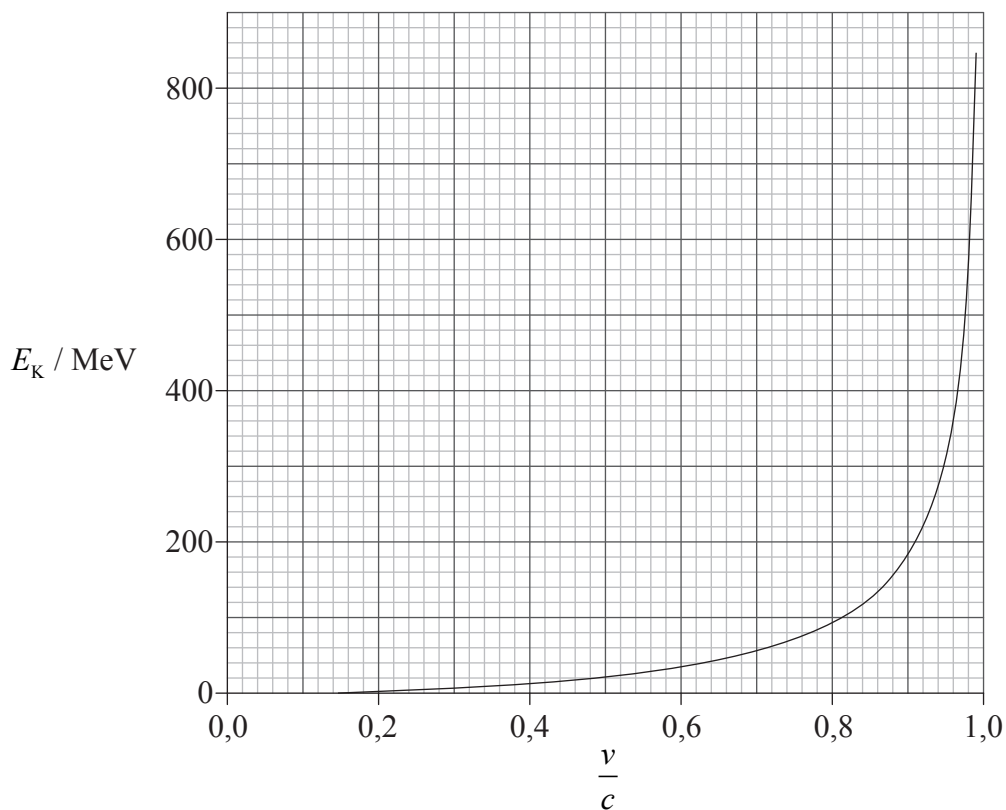
[2]

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



**H3.** Esta pregunta trata de la masa y la energía.

- (a) La gráfica muestra la variación de la energía cinética  $E_K$  de una partícula con la fracción  $\frac{v}{c}$ , donde  $v$  es la velocidad de la partícula.



Determine, utilizando el valor  $E_K = 360 \text{ MeV}$  de la gráfica, la masa en reposo de la partícula en  $\text{MeV c}^{-2}$ .

[4]

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

(Esta pregunta continúa en la siguiente página)



(Pregunta H3: continuación)

- (b) Determine, a partir de los datos de la gráfica, la diferencia de potencial necesaria para acelerar la partícula en (a) desde una velocidad de  $0,63c$  hasta una velocidad de  $0,96c$ . La carga de la partícula es  $+e$ . [2]

.....

.....

.....

**H4.** Esta pregunta trata de la mecánica relativista.

- (a) Demuestre que la velocidad  $v$  de una partícula de energía total  $E$  y momento  $p$  viene dada por la ecuación siguiente. [2]

$$v = \frac{pc^2}{E}$$

.....

.....

.....

.....

.....

- (b) Determine, utilizando la respuesta de (a), la velocidad de una partícula cuya masa en reposo es nula. [2]

.....

.....

.....

.....

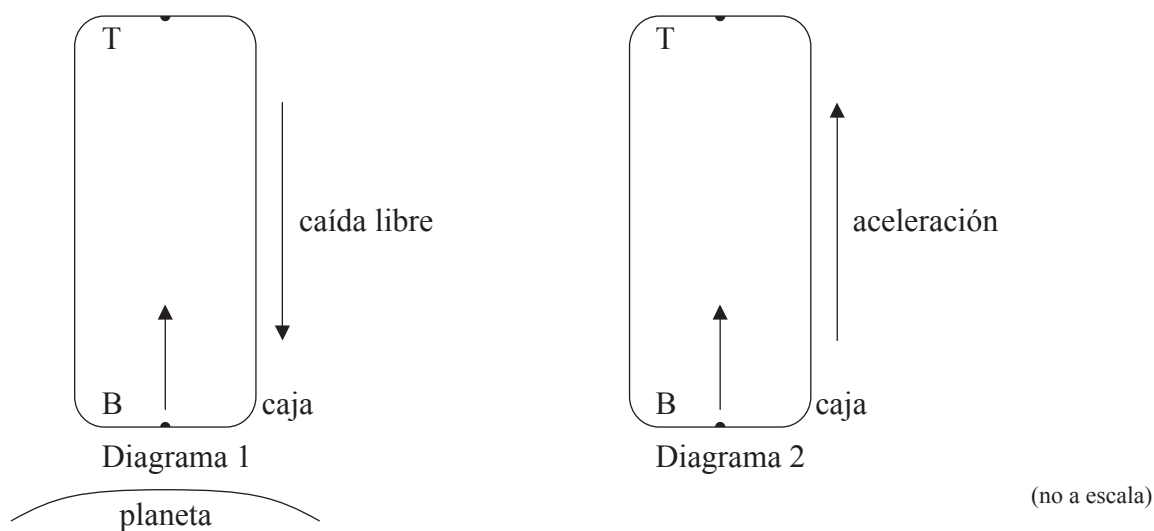


**H5.** Esta pregunta trata del principio de equivalencia.

(a) Indique el principio de equivalencia.

[1]

(b) El diagrama muestra dos cajas idénticas en dos estados de movimiento diferentes.



En el **diagrama 1** la caja se encuentra en caída libre cerca de la superficie de un planeta.  
En el **diagrama 2** la caja está acelerando en una región del espacio lejos de otras masas.

Se emite un rayo de luz monocromática desde la base B de cada caja y se recibe en la tapa T de cada caja.

Los observadores en B miden la frecuencia de la luz emitida como  $f_0$ .

*(Esta pregunta continúa en la siguiente página)*



(Pregunta H5: continuación)

Indique y explique, para cada estado de movimiento de los diagramas 1 y 2, si la frecuencia de la luz medida por un observador en T será menor que, igual a, o mayor que  $f_0$ . [4]

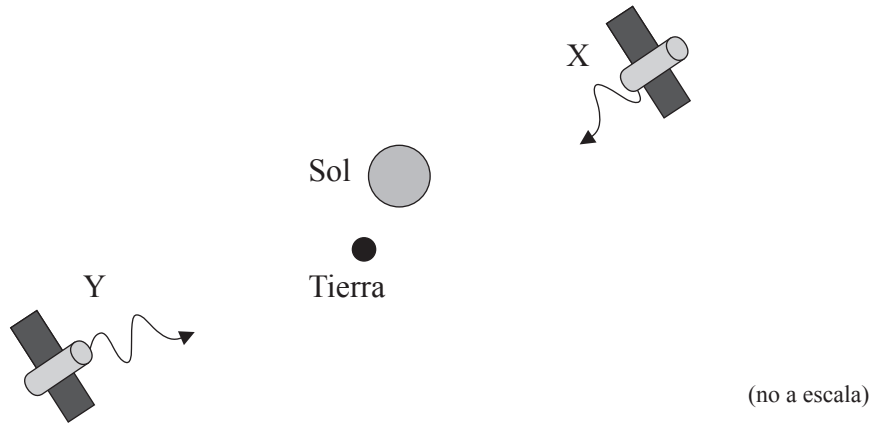
- 1: .....
- .....
- .....
- .....
- .....
- 2: .....
- .....
- .....
- .....
- .....

(Esta pregunta continúa en la siguiente página)



(Pregunta H5: continuación)

- (c) Desde dos satélites X e Y se reflejan señales de radio, enviadas al mismo tiempo desde la Tierra, tal como se muestra. Los satélites se encuentran a la misma distancia de la Tierra.



La señal que va de la Tierra al satélite X y la señal reflejada pasan cerca del Sol.

Compare, utilizando la teoría de la relatividad general, los tiempos que tardan en llegar a la Tierra la señal procedente de X y la señal procedente de Y.

[2]

.....

.....

.....

.....



**Opción I — Física médica**

**II.** Esta pregunta trata de los niveles de intensidad del sonido (NI).

- (a) Defina *nivel de intensidad del sonido* e indique una unidad apropiada para el mismo. [3]

.....

.....

.....

.....

- (b) Un baterista se encuentra sentado cerca de un altavoz en un concierto de rock. La potencia del sonido en uno de sus oídos es de  $1,5 \times 10^{-5} \text{ W}$ . Esta potencia incide sobre uno de sus tímpanos, que tiene un área de  $2,4 \times 10^{-5} \text{ m}^2$ .

Calcule el nivel de intensidad del sonido en el tímpano del baterista. [3]

.....

.....

.....

.....

.....

.....

- (c) Discuta los efectos a corto plazo y los efectos a largo plazo de este nivel de intensidad sobre la capacidad auditiva del baterista. [2]

.....

.....

.....

.....



**I2.** Esta pregunta trata de la resonancia magnética nuclear (RMN).

En una toma de imágenes de resonancia magnética nuclear, se sitúa al paciente en un campo magnético uniforme grande. Además, la parte del cuerpo del paciente que está siendo estudiada se somete a un campo más débil no uniforme (gradiente).

Explique el papel de estos dos campos en el proceso de toma de imágenes.

[4]

.....

.....

.....

.....

.....

.....

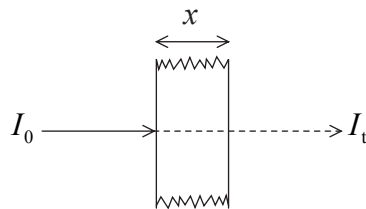
.....





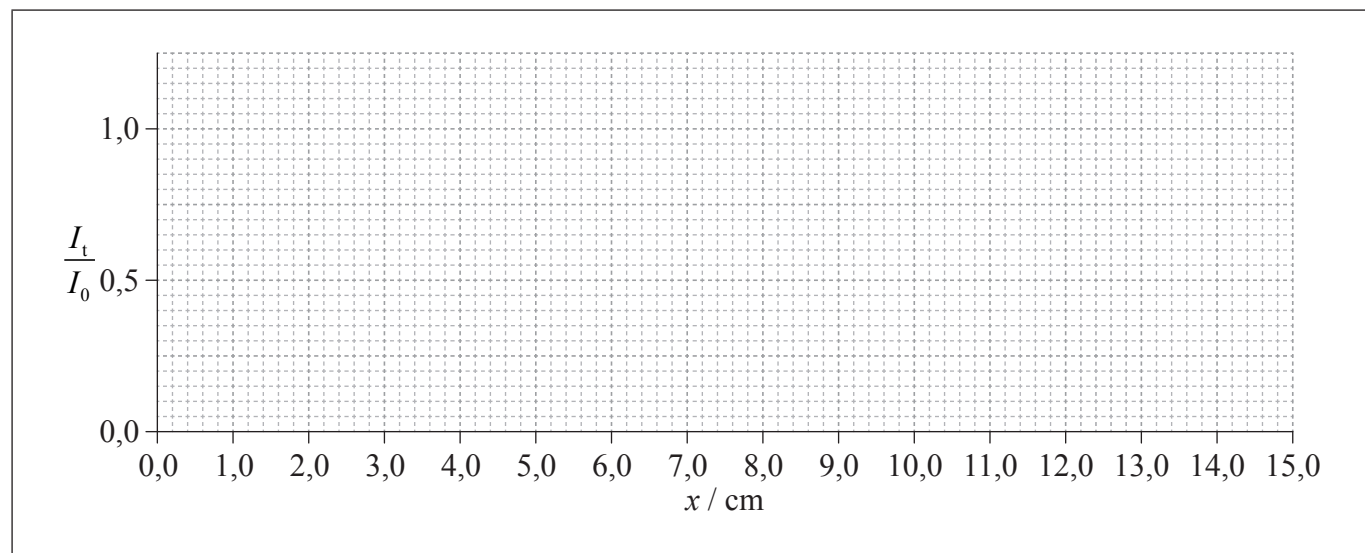
**I3.** Esta pregunta trata de la absorción de rayos X.

Un haz paralelo de rayos X incide sobre una sección de tejido de espesor  $x$ . La intensidad incidente constante es  $I_0$  y la intensidad transmitida es  $I_t$ .



(a) El espesor hemirreductor del tejido es de 4,0 cm.

Sobre los ejes siguientes, esquematice una gráfica que muestre la variación de  $\frac{I_t}{I_0}$  con el espesor  $x$  del tejido. [2]



(b) Calcule el coeficiente de atenuación de rayos X para este tejido. [2]

.....

.....

.....

.....

(Esta pregunta continúa en la siguiente página)



(Pregunta I3: continuación)

- (c) Para un tipo diferente de tejido, el cociente  $\frac{I_t}{I_0}$  es menor para el mismo espesor  $x$  de material.

Compare el coeficiente de atenuación de este tejido con el del tejido de (b).

[2]

.....

.....

.....

.....

- (d) El bario tiene un coeficiente de atenuación que es mucho mayor que el del tejido humano.

Explique por qué se le pide a un paciente que beba una dosis de bario líquido para poder tomar una imagen de rayos X del sistema digestivo.

[3]

.....

.....

.....

.....

.....

.....



**I4.** Esta pregunta trata de los isótopos radiactivos utilizados en la medicina.

- (a) Resuma qué quiere decir la semivida efectiva de un isótopo radiactivo médico. [1]

.....

.....

.....

- (b) El yodo-131 (I-131) es un isótopo radiactivo que se inyecta a un paciente a modo de trazador. La semivida radiactiva física del I-131 es de 8 días y la semivida biológica es de 12 días.

Determine el cociente  $\frac{\text{actividad de una muestra 11 días tras la inyección al paciente}}{\text{actividad inicial al inyectar al paciente}}$ . [4]

.....

.....

.....

.....

.....

.....

- (c) Una alternativa al yodo para este uso es un isótopo del tecnecio que tiene una semivida radiactiva física de 0,25 días.

Sugiera, refiriéndose a la semivida física, por qué el tecnecio es mejor opción como trazador. [2]

.....

.....

.....

.....

(Esta pregunta continúa en la siguiente página)



(Pregunta I4: continuación)

- (d) Resuma **dos** métodos, aparte del tiempo de exposición, mediante los cuales el personal sanitario pueda protegerse de los efectos de estos isótopos radiactivos.

[2]

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



**No** escriba en esta página.

Las respuestas que se escriban en  
esta página no serán corregidas.



3744

**Véase al dorso**

**Opción J — Física de partículas**

**J1.** Esta pregunta trata de la desintegración de un kaón.

Un kaón ( $K^+$ ) es un mesón que consiste en un quark *up* y un quark *anti-strange*.

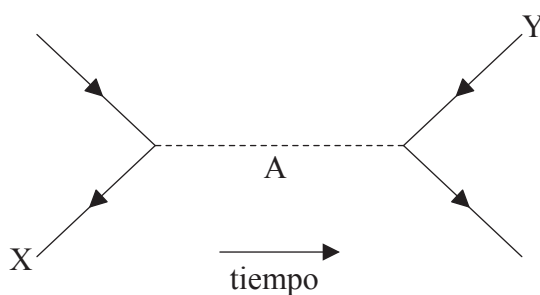
(a) Sugiera por qué el kaón está clasificado como bosón.

[2]

.....

.....

(b) Un kaón se desintegra en un antimuón y un neutrino,  $K^+ \rightarrow \mu^+ + \nu$ . El diagrama de Feynman de la desintegración se muestra a continuación.



(i) Indique cuáles son las **dos** partículas rotuladas como X e Y.

[2]

X: .....

Y: .....

(Esta pregunta continúa en la siguiente página)



(Pregunta J1: continuación)

- (ii) Explique cómo puede deducirse que esta desintegración tiene lugar a través de la interacción débil. [2]

.....

.....

.....

.....

- (iii) Indique el nombre y signo de la carga eléctrica de la partícula rotulada como A. [2]

Nombre: .....

Signo: .....

- (iv) La masa de la partícula en (b)(iii) es de  $1,4 \times 10^{-25}$  kg. Determine el alcance de la interacción débil que interviene en esta desintegración. [2]

.....

.....

.....

.....

- (v) Indique, en términos de las leyes de conservación, por qué se produce un neutrino muónico en esta desintegración. [1]

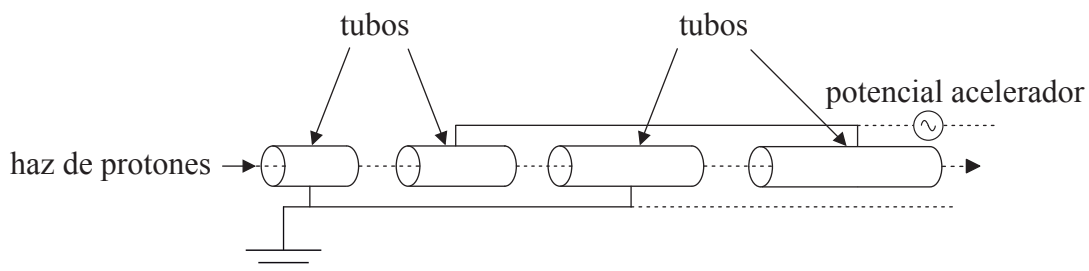
.....

.....



**J2.** Esta pregunta trata de los aceleradores lineales.

(a) El diagrama muestra parte de un acelerador lineal en el que se están acelerando protones.



(i) Resuma, en relación con el diagrama, cómo se aceleran los protones en un acelerador lineal. [2]

.....

.....

.....

.....

(ii) Si la frecuencia del potencial alterno es constante, sugiera por qué cada tubo es más largo que el tubo que le precede. [2]

.....

.....

.....

.....

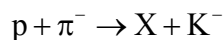
(Esta pregunta continúa en la siguiente página)





(Pregunta J2: continuación)

- (b) Tras ser acelerado en un acelerador lineal, un protón incide sobre un pion estacionario, produciéndose un kaón (mesón  $K$ ) y un hadrón  $X$  desconocido de acuerdo con la reacción dada a continuación.



- (i) Indique, justificándolo con una razón, la carga eléctrica de  $X$ . [1]

.....

.....

- (ii) Indique, justificándolo con una razón, si  $X$  es un barión o un mesón. [1]

.....

.....

- (iii) La energía total del protón en (b) es de  $5,20 \times 10^3$  MeV.

Determine la masa del hadrón  $X$  más pesado que puede producirse en la reacción. [3]

$$\text{Masa del protón} = 938 \text{ MeV c}^{-2}$$

$$\text{Masa del pion} = 140 \text{ MeV c}^{-2}$$

$$\text{Masa del kaón} = 494 \text{ MeV c}^{-2}$$

.....

.....

.....

.....

.....

.....

(Esta pregunta continúa en la siguiente página)



(Pregunta J2: continuación)

- (c) En un experimento de dispersión inelástica profunda, se dispersan protones con momento  $2,70 \times 10^{-18} \text{ N s}$  por núcleos de oro.

Dado que el diámetro de los nucleones es del orden de  $10^{-15} \text{ m}$  y el diámetro de los quarks es menor de  $10^{-18} \text{ m}$ , determine si estos protones podrán resolver

- (i) nucleones dentro de los núcleos de oro.

[2]

.....

.....

.....

.....

- (ii) quarks dentro de los núcleos de oro.

[1]

.....

.....

- (d) Resuma cómo los experimentos de dispersión inelástica profunda condujeron a la conclusión de que existen los gluones.

[2]

.....

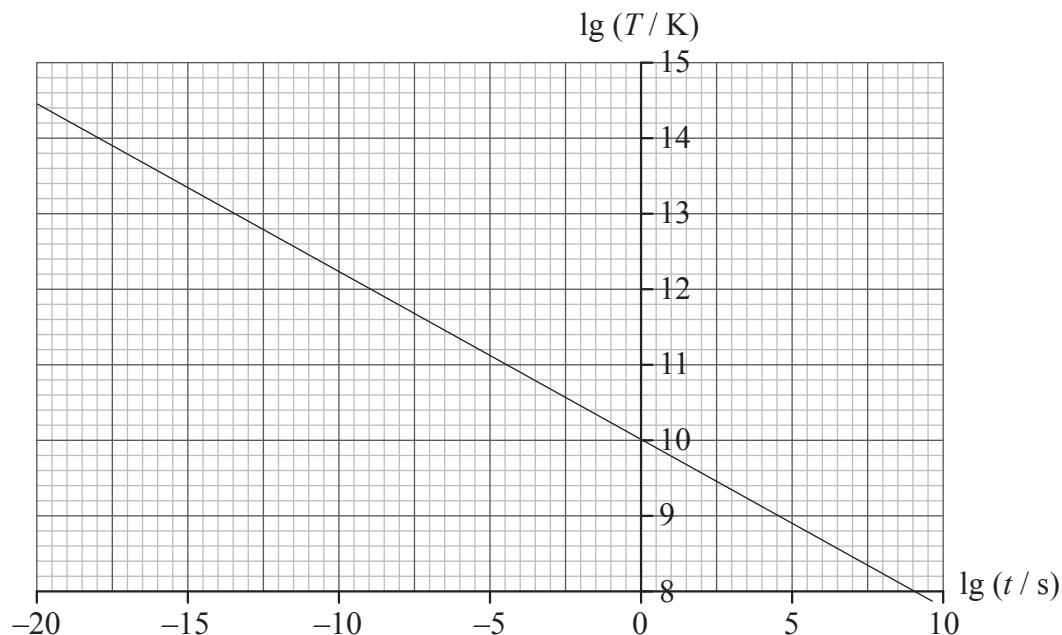
.....

.....



**J3.** Esta pregunta trata del universo primitivo y del bosón de Higgs.

La gráfica muestra la variación del logaritmo de la temperatura  $T$  del universo con el logaritmo del tiempo  $t$  transcurrido desde el Big Bang.



- (a) En el universo más primitivo, los quarks existían como partículas libres y solamente pasaron a combinarse en nucleones cuando la energía térmica media por partícula en el universo cayó por debajo de  $3 \times 10^{-11}$  J.

Estime, utilizando la gráfica, el tiempo transcurrido desde el Big Bang en que los quarks formaron nucleones por primera vez.

[3]

.....

.....

.....

.....

.....

.....

(Esta pregunta continúa en la siguiente página)



(Pregunta J3: continuación)

- (b) En el Gran Colisionador de Hadrones (LHC, *Large Hadron Collider*) del CERN se podría encontrar evidencia experimental del bosón de Higgs. Resuma por qué tal descubrimiento tendría una relevancia crucial para el modelo estándar.

[2]

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

