



FÍSICA
NIVEL SUPERIOR
PRUEBA 3

Miércoles 6 de noviembre de 2002 (mañana)

1 hora 15 minutos

Nombre

--	--	--	--	--	--	--	--

Número

--	--	--	--	--	--	--	--

INSTRUCCIONES PARA LOS ALUMNOS

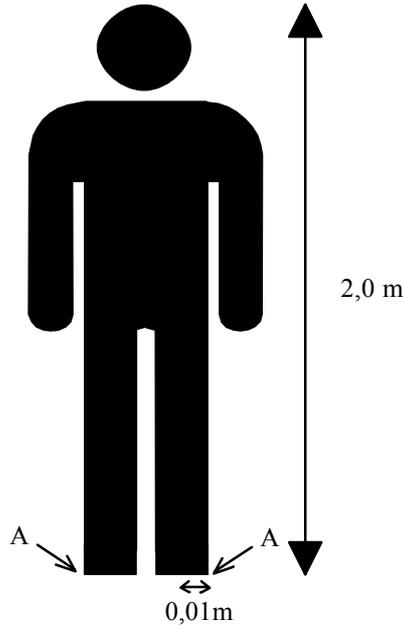
- Escriba su nombre, apellido(s) y número de alumno en las casillas de arriba.
- No abra esta prueba hasta que se lo autoricen.
- Conteste todas las preguntas de dos de las opciones en los espacios provistos.
- Cuando termine el examen, indique en las casillas de abajo las letras de las opciones que ha contestado.

OPCIONES CONTESTADAS	EXAMINADOR	LÍDER DE EQUIPO	IBCA
	/30	/30	/30
	/30	/30	/30
	TOTAL /60	TOTAL /60	TOTAL /60

OPCIÓN D — FÍSICA BIOMÉDICA

D1. Esta pregunta plantea si la existencia de un ser humano gigante es, o no, una posibilidad física.

El peso de una persona de pie debe ser soportado por los dos huesos de las piernas, en los puntos identificados por A del diagrama siguiente.



Los huesos experimentan un esfuerzo de compresión, donde el esfuerzo se define como $\frac{\text{fuerza}}{\text{área}}$.

(a) Juan es una persona corpulenta de 2,0 m de altura y peso 1000 N. Si el radio del hueso de la pierna de Juan en el punto A es 0,01 m, demuestre que el esfuerzo sobre uno de los huesos de sus piernas, cuando está de pie, es de $1,6 \times 10^6 \text{ N m}^{-2}$. [2]

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

(b) Cuando Juan corre rápidamente el esfuerzo sobre los huesos de sus piernas es cinco veces mayor que cuando está de pie. ¿Cuál es el esfuerzo que soportan los huesos de las piernas de Juan cuando corre rápidamente? [1]

.....

(Esta pregunta continúa en la siguiente página)

(Pregunta D1: continuación)

(c) Supóngase ahora que existiera una persona cuyas dimensiones lineales fueran x veces mayores que las de Juan, de modo que la altura de esa persona fuera $2,0x$ m. Deduzca, en función de x , expresiones para

(i) el peso de esa persona. [2]

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

(ii) el esfuerzo sobre uno de los huesos de sus piernas, cuando está de pie. [3]

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

(d) El esfuerzo de ruptura del hueso es $1,0 \times 10^7 \text{ N m}^{-2}$.

(i) Estime la altura máxima que puede tener esa persona, de modo que sus piernas no se quiebren cuando **corra** rápidamente. [2]

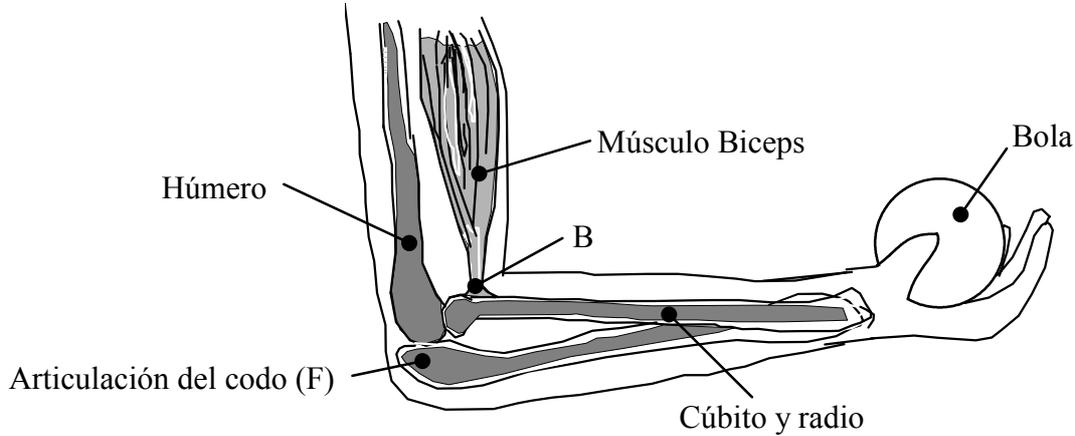
.....
.....

(ii) Indique **una** razón por la que, en realidad, la altura máxima que puede tener un ser humano será probablemente más pequeña que el valor estimado antes. [1]

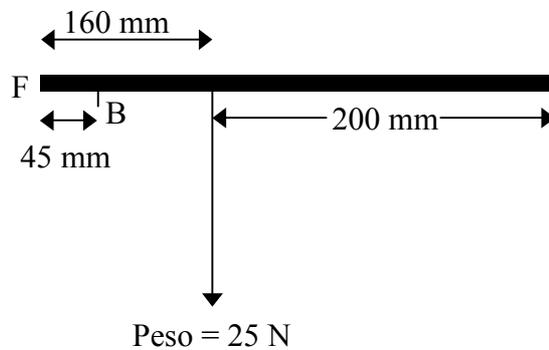
.....
.....

D2. Esta pregunta trata de las fuerzas y del brazo.

El diagrama siguiente muestra el brazo de una persona sosteniendo una bola en la palma de su mano, con el antebrazo horizontal. El peso del antebrazo es 25 N y el de la bola 8,0 N.



El diagrama siguiente representa el antebrazo y muestra algunas distancias de interés. B es el punto en el que los músculos del bíceps se unen con el antebrazo.



(a) Sobre el diagrama anterior, trace flechas identificadas para representar todas las fuerzas que actúan sobre el antebrazo, cuando se sostiene la bola en la mano. (Una de ellas, el peso, ya se ha trazado). [3]

(b) Calcule la fuerza que ejercen los músculos del bíceps sobre el antebrazo. [2]

.....

.....

.....

.....

D3. Esta pregunta trata sobre la pérdida de audición.

(a) Explique los términos *conducción aérea* y *pérdida de audición conductora*. [2]

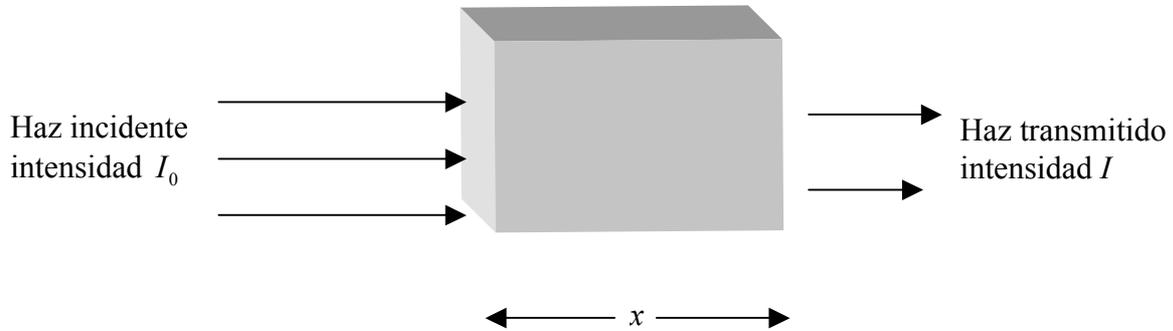
.....
.....
.....

(b) Como resultado de una pérdida de audición conductora, cierta persona sufre una pérdida en la audición de 50 dB a una frecuencia de 1000 Hz. Una persona con audición normal consigue justamente oír un sonido de intensidad $10^{-12} \text{ W m}^{-2}$, a una frecuencia de 1000 Hz. Calcule la intensidad del sonido de frecuencia 1000 Hz que consigue justamente oír la persona que sufre esa pérdida de audición. [2]

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

D4. Esta pregunta trata sobre los rayos X.

El diagrama de más abajo presenta un haz de rayos X de intensidad I_0 incidiendo sobre una plancha de cierto material, de espesor x .



La intensidad del haz se ve atenuada a su paso a través del material. Para diferentes valores del espesor x del material, la intensidad I del haz transmitido viene dada por

$$I = I_0 e^{-\mu x}$$

donde μ es una constante.

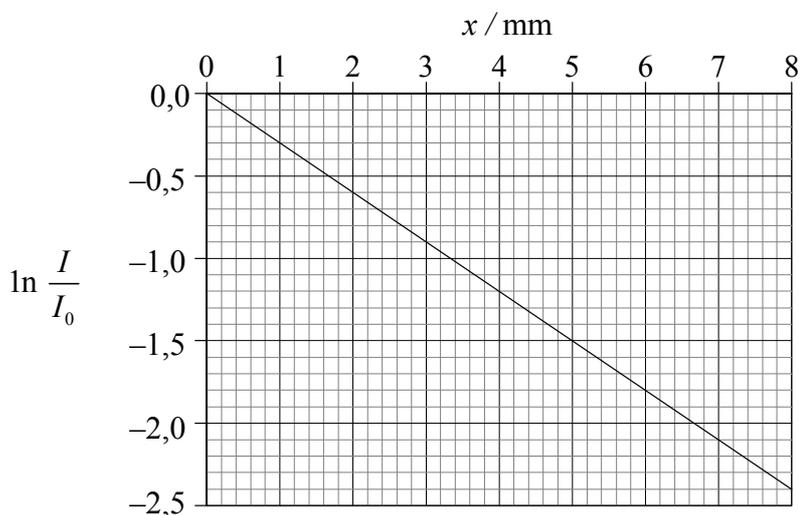
(a) Exponga **dos** mecanismos que puedan causar la atenuación de rayos X por la materia. [2]

.....
.....

(Esta pregunta continúa en la siguiente página)

(Pregunta D4: continuación)

Se mide la intensidad de los rayos X transmitidos a través de diferentes espesores de plomo, x . La gráfica de más abajo se ha obtenido al representar $\ln \frac{I}{I_0}$ frente a x .



- (b) A partir de la información de la gráfica, determine la constante μ para los rayos X de esa intensidad inicial. [3]

.....

.....

.....

.....

- (c) Un dispositivo de seguridad de un aeropuerto utiliza rayos X de esa intensidad inicial.

- (i) A partir de la información de la gráfica, determine el espesor de plomo que reducirá en un 90 % la intensidad inicial del haz de rayos X. [3]

.....

.....

.....

.....

- (ii) Explique por qué es importante saber el espesor de plomo que reducirá en un 90 % la intensidad del haz de rayos X. [2]

.....

.....

.....

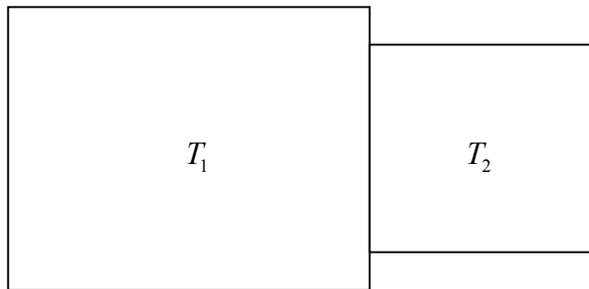
.....

OPCIÓN E — FÍSICA HISTÓRICA

E1. Esta pregunta trata sobre las teorías del calor.

Antes de aproximadamente 1840 los fenómenos asociados con el calentamiento se explicaban en términos de la teoría del calórico.

El diagrama de más abajo muestra dos objetos a diferentes temperaturas T_1 y T_2 ($T_1 > T_2$) que acaban de ser colocados en contacto térmico.



(a) Describa cómo explicó la teoría del calórico el hecho de que los dos cuerpos alcancen finalmente la misma temperatura. [4]

.....

.....

.....

.....

.....

.....

(b) Cuando nos frotamos las manos, se nos calientan. ¿Cómo explicó este hecho la teoría del calórico? [1]

.....

.....

(Esta pregunta continúa en la siguiente página)

(Pregunta E1: continuación)

(c) James Joule, un científico del siglo XIX, sugirió que el calor no es calórico sino una forma de energía. Al objeto de probar su idea, midió la temperatura del agua en la cima y en el fondo de una cascada.

(i) ¿Por qué esperaba Joule que hubiera una diferencia de temperaturas entre el agua de la cima y del fondo de la cascada? [2]

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

(ii) Estime la altura de una cascada para la cual la diferencia de temperaturas fuera de 1 °C. (Calor específico del agua = 4200 J kg⁻¹ K⁻¹ y g = 10 ms⁻².) [3]

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

E2. Esta pregunta trata sobre los modelos de Universo.

- (a) Muchas veces los astrónomos se refieren a las estrellas como “estrellas fijas”. Dado el hecho de que muchas estrellas se mueven de este a oeste a través del cielo nocturno, ¿qué quieren decir los astrónomos con el término *estrellas fijas*? [2]

.....

.....

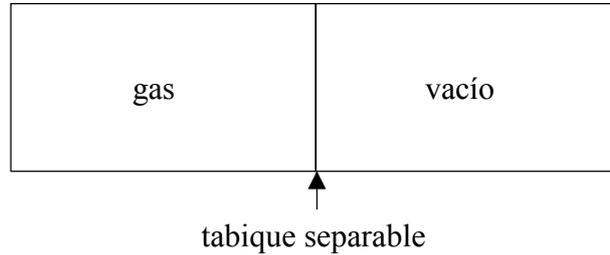
.....

.....

- (b) La configuración nocturna de las estrellas fijas cambia, así como la anual. Tanto el modelo aristotélico de Universo, como el copernicano, ofrecen diferentes explicaciones para esos cambios observados. Complete la tabla siguiente, describiendo cómo cada modelo explica cada cambio observado. [8]

Observación	Explicación de la observación en términos del modelo de Aristóteles	Explicación de la observación en términos del modelo de Copérnico
Cambio en la configuración de las estrellas fijas a lo largo de una noche
Cambio en la configuración de las estrellas fijas a lo largo de un año

E3. El diagrama de más abajo muestra un recipiente dividido en dos partes por un tabique. En una parte hay un gas y en la otra el vacío.



(a) A continuación se quita el tabique, de modo que el gas ocupa por completo la caja.

(i) Exponga y explique qué le ha sucedido a la entropía del gas. [2]

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

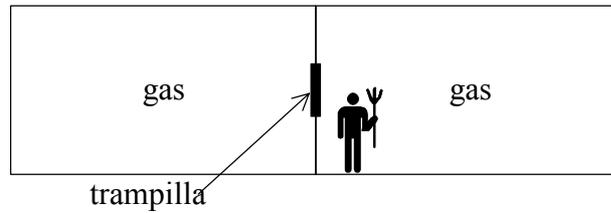
(ii) Exponga cómo se relaciona la segunda ley de la termodinámica con esta situación. [1]

.....
.....

(Esta pregunta continúa en la siguiente página)

(Pregunta E3: continuación)

- (b) Basándose en una idea similar a la situación descrita más arriba, Maxwell ideó un “experimento mental” para demostrar cómo puede violarse la segunda ley de la termodinámica. Sin embargo, en el experimento de Maxwell el tabique separaba dos gases con la misma temperatura, presión y volumen. Al tabique se le equipa con una trampilla que puede ser manipulada por un “demonio”. (Véase el diagrama siguiente.)



- (i) Describa el experimento de Maxwell y explique cómo se puede considerar que su resultado viola la segunda ley. [3]

.....

.....

.....

.....

.....

- (ii) Señale una imperfección en el experimento mental de Maxwell que indique que, de hecho, la segunda ley no es violada. [1]

.....

.....

E4. Esta pregunta trata sobre las interacciones fundamentales y sus partículas de intercambio.

Complete las filas en blanco de la tabla siguiente, enumerando las cuatro interacciones **fundamentales** y sus partículas de intercambio. (Por favor, observe que la primera fila ya está completa.) [3]

Interacción	Partícula de intercambio
Gravitatoria	Gravitón

Página en blanco

OPCIÓN F — ASTROFÍSICA

F1. Esta pregunta trata sobre la magnitud aparente, el brillo aparente y la luminosidad de dos estrellas.

La tabla de más abajo proporciona información sobre dos estrellas, Aldebarán y Procyon B.

Estrella	Distancia a la Tierra (años-luz)	Magnitud aparente	Brillo aparente $W m^{-2}$
Aldebarán	65,1	+ 0,87	$3,0 \times 10^{-10}$
Procyon B	11,4	+ 10,7	$1,5 \times 10^{-14}$

(a) Explique la diferencia entre *magnitud aparente* y *brillo aparente*. [3]

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

(b) Explique cuál de las estrellas de la tabla anterior aparecerá como más brillante, al ser observada desde la Tierra. [2]

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

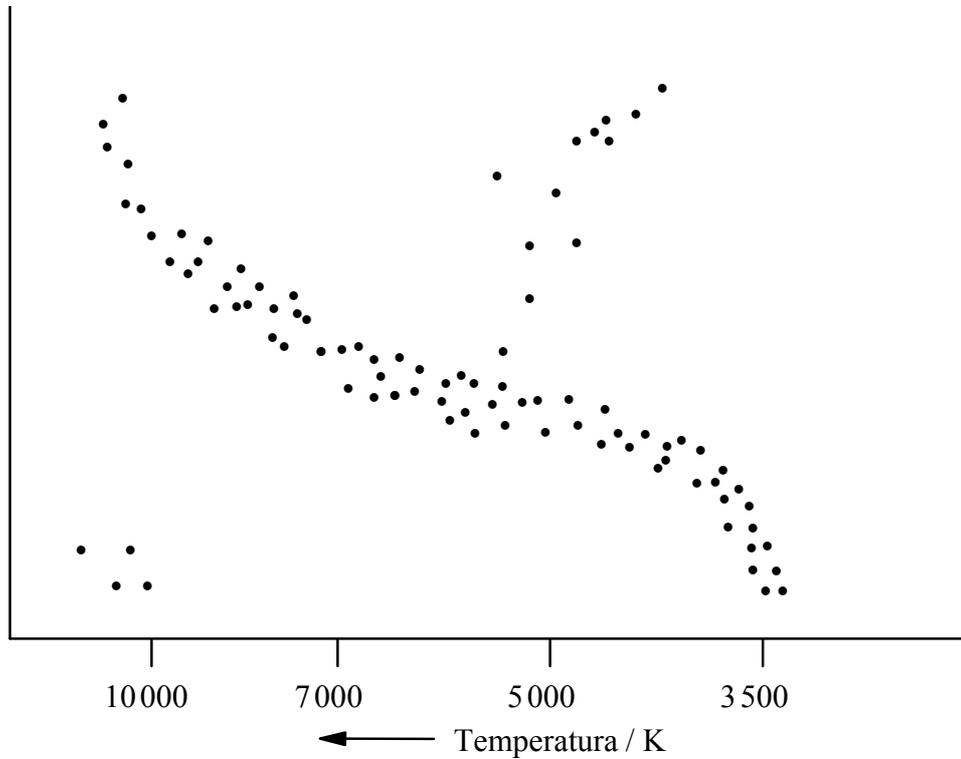
(c) Explique cuál de las estrellas tiene mayor luminosidad. [2]

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

(Esta pregunta continúa en la siguiente página)

(Pregunta F1: continuación)

(d) A continuación se muestra un diagrama de Hertzsprung-Russell.



(i) Identifique el eje vertical de este diagrama. [1]

(ii) Aldebarán es una gigante roja y Procyon B una enana blanca. Señale sobre el diagrama anterior la posición aproximada de esas dos estrellas. [2]

(e) El brillo aparente del Sol es $1,4 \times 10^3 \text{ W m}^{-2}$. Usando la información de la tabla del principio de la pregunta, demuestre que el Sol es casi 2×10^5 veces más luminoso que Procyon B. (1 año luz = $6,3 \times 10^4 \text{ UA}$). [4]

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

F2. Esta pregunta trata sobre las galaxias.

- (a) La mayor parte de las galaxias se están **alejando** de la Tierra. ¿Cómo deducen los astrónomos que las galaxias se están moviendo? ¿Cómo deducen que se están alejando de la Tierra? [3]

.....

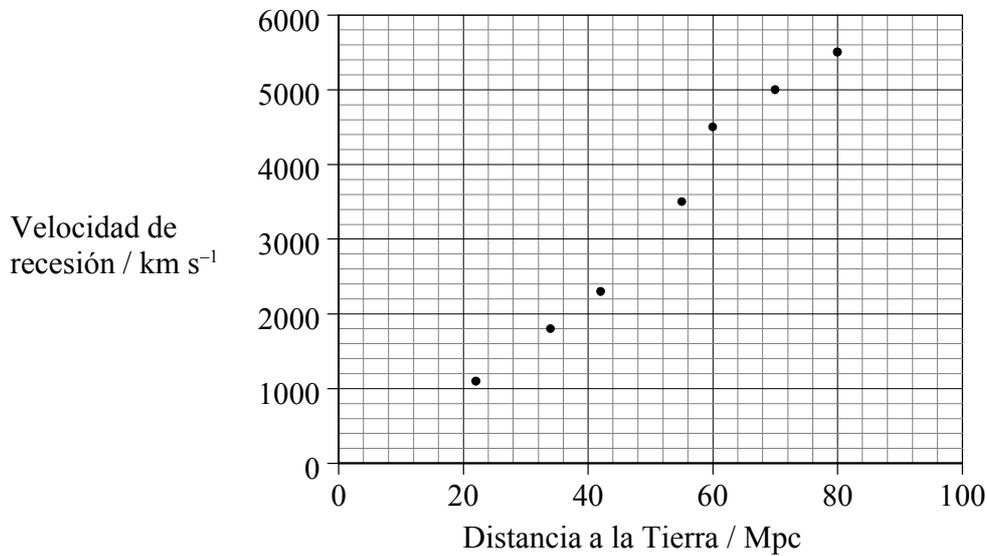
.....

.....

.....

.....

En la gráfica siguiente se representa la velocidad de recesión de algunas galaxias frente a su distancia a la Tierra.



- (b) Dibuje la línea de mejor ajuste y, a partir de ella, determine el valor de la constante de Hubble. [3]

.....

.....

.....

.....

- (c) Una cierta línea espectral tiene una longitud de onda de 390,0 nm, medida en el laboratorio. Cuando se mide en el espectro de la galaxia, se encuentra que su valor es de 395,8 nm.

- (i) Determine la velocidad de recesión de la galaxia. [3]

.....

.....

.....

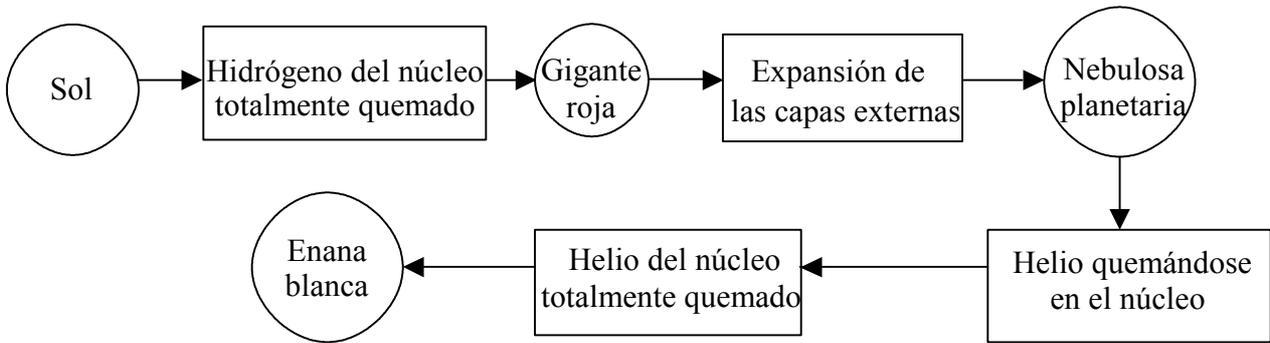
.....

- (ii) Utilizando la gráfica anterior, estime la distancia de la galaxia a la Tierra. [1]

.....

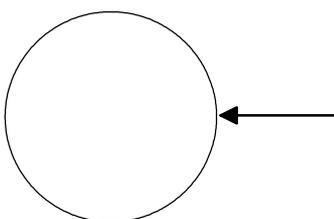
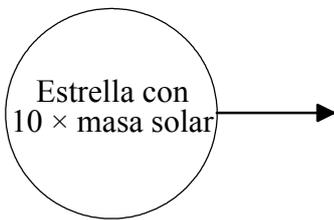
F3. Esta pregunta trata sobre evolución estelar.

El siguiente diagrama de flujo muestra alguna de las fases principales que ocurrirán a medida que el Sol evolucione hasta enana blanca. Se han utilizado círculos para los distintos tipos de objetos durante las diferentes fases evolutivas y rectángulos para los procesos que conducen a la formación de los distintos tipos de objetos.



Usando círculos para los diferentes tipos de objetos formados y rectángulos para los procesos, complete el diagrama de flujo siguiente para que muestre las fases principales de la evolución y el destino final de una estrella que tiene alrededor de diez veces más masa que el Sol.

[6]



Tipo de objeto final

OPCIÓN G — RELATIVIDAD ESPECIAL Y GENERAL

G1. Esta pregunta trata sobre el movimiento relativista de las partículas denominadas piones.

(a) Uno de los dos postulados de la Teoría Especial de la Relatividad de Einstein puede ser enunciado como: *todos los observadores inerciales medirán el mismo valor para la velocidad de la luz en el espacio libre.*

(i) Explique el significado del término *observador inercial*. [1]

.....
.....

(ii) Enuncie el otro postulado de la Relatividad Especial. [1]

.....
.....

(b) El acelerador del Brookhaven National Laboratory produce un haz de piones. Los piones son inestables y viven, en promedio, $2,55 \times 10^{-8}$ s antes de desintegrarse. Este tiempo es tiempo propio. Explique el significado del término *tiempo propio* en este contexto. [1]

.....
.....

(Esta pregunta continúa en la siguiente página)

(Pregunta G1: continuación)

- (c) Después de ser producidos, los piones viajan a lo largo de un tubo con una velocidad de $0,98c$, medida en el sistema de referencia del laboratorio.

Determine, tal y como se mide en el sistema de referencia del laboratorio,

- (i) el tiempo medio que viven los piones antes de desintegrarse. [3]

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

- (ii) la distancia media que viajan los piones a lo largo del tubo antes de desintegrarse. [2]

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

- (d) Desde el punto de vista de los piones, ellos permanecen estacionarios y es el tubo el que se mueve hacia atrás. Utilizando valores apropiados de distancia y tiempo, confirme mediante cálculos que la rapidez del tubo respecto a los piones es la misma que la rapidez de los piones respecto al sistema de referencia del laboratorio. [5]

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

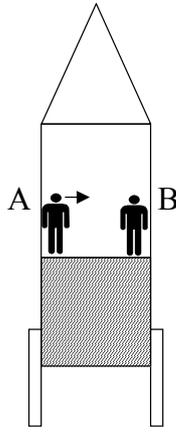
G2. Esta pregunta trata sobre el principio de equivalencia.

- (a) Enuncie el principio de equivalencia de Einstein, según se utiliza en su Teoría General de la Relatividad. [2]

.....

.....

El diagrama siguiente muestra una nave espacial que está muy lejos de cualesquiera objetos masivos, tales como planetas o estrellas. El astronauta que está en la posición A lanza una bola hacia otro astronauta situado en la posición B.



- (b) Sobre los siguientes diagramas, trace la trayectoria que sigue la bola tal y como la ven los astronautas, si la nave espacial

- (i) se está moviendo con rapidez constante en la dirección indicada por la flecha. [1]



- (ii) se está moviendo con aceleración positiva en la dirección indicada por la flecha. [2]



(Esta pregunta continúa en la siguiente página)

(Pregunta G2: continuación)

- (c) En realidad, los astronautas observan la trayectoria seguida por la bola cuando la nave espacial está acelerando. Sin embargo, ellos llegan a la conclusión de que la nave espacial no está acelerando, sino que permanece estacionaria sobre la superficie de un planeta. ¿Pueden tener razón los astronautas? Explíquelo.

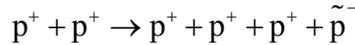
[2]

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

G3. Esta pregunta trata sobre la energía y la cantidad de movimiento de protones en colisión.

Se hace chocar dos haces de protones que se mueven en direcciones opuestas.

Los protones de **cada** haz tienen la **misma energía total**. Cuando un protón de un haz choca con un protón del otro haz tiene lugar la siguiente reacción



donde \tilde{p}^- es un antiprotón.

La masa en reposo tanto de un protón como de un antiprotón es de $930 \text{ MeV } c^{-2}$.

(a) Demuestre que para que tenga lugar la anterior reacción, la mínima energía **total** requerida para un protón de cada haz es de 1860 MeV. Exponga algunas de las suposiciones que haya considerado. [2]

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

(b) Determine

(i) la diferencia de potencial a través de la cuál debe ser acelerado cada protón para alcanzar una energía total de 1860 MeV. [2]

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

(ii) la cantidad de movimiento de un protón que tiene una energía total de 1860 MeV. [4]

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

(Esta pregunta continúa en la siguiente página)

(Pregunta G3: continuación)

- (c) La reacción $p^+ + p^+ \rightarrow p^+ + p^+ + p^+ + \tilde{p}^-$ puede ocurrir también haciendo chocar un haz de protones acelerados contra un blanco de protones estacionarios.

Considerando la conservación de la cantidad de movimiento, explique por qué, aunque los protones del haz acelerado tuvieran una energía total de 3720 MeV cuando chocaran contra los protones estacionarios, no se produciría la reacción.

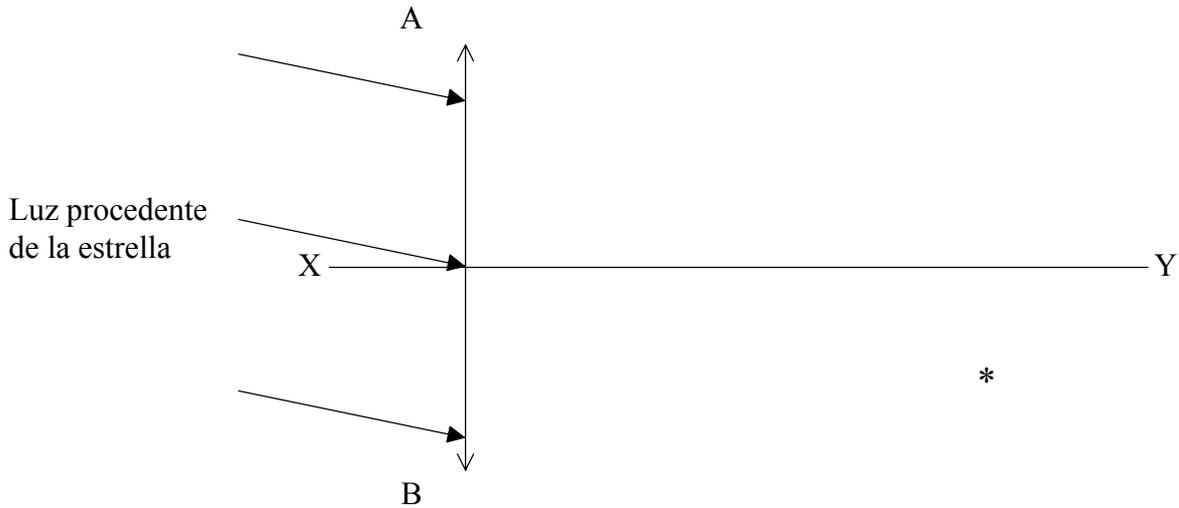
[2]

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

OPCIÓN H — ÓPTICA

H1. Esta pregunta trata sobre un telescopio astronómico.

- (a) La luz procedente de una estrella incide sobre una lente biconvexa, AB. El diagrama siguiente muestra tres rayos de luz procedentes de la estrella, incidiendo sobre la lente. La imagen de la estrella se forma en el punto marcado *.

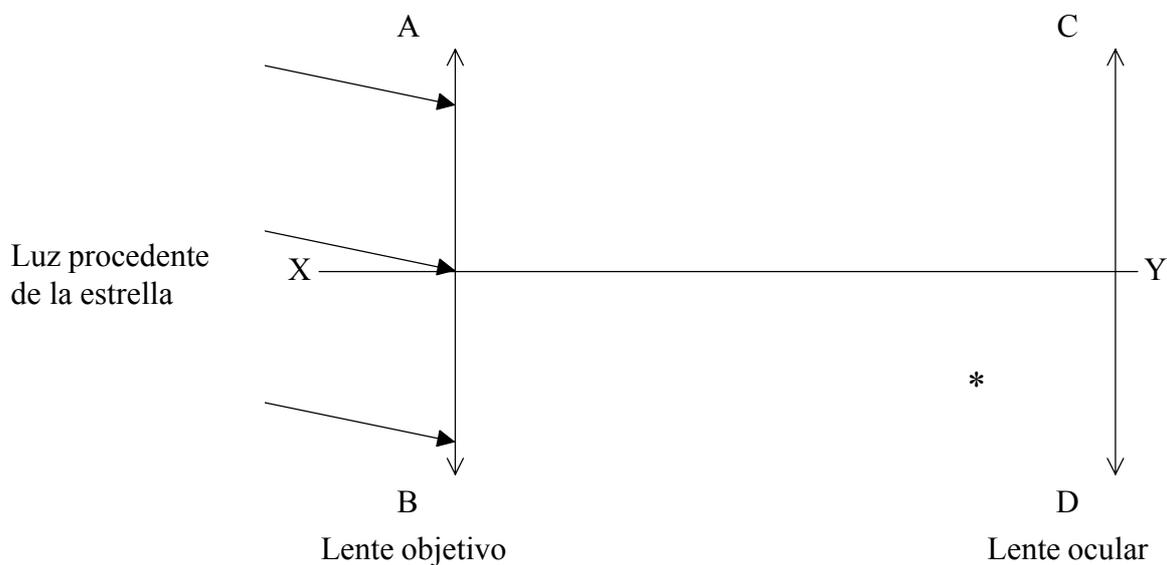


- (i) Explique por qué los rayos procedentes de la estrella son esencialmente paralelos. [1]
-
-
- (ii) Complete el diagrama de rayos para mostrar el camino de los tres rayos después de haber atravesado la lente. [1]
- (iii) Marque sobre el eje XY la posición del foco principal F de la lente. [1]

(Esta pregunta continúa en la siguiente página)

(Pregunta H1: continuación)

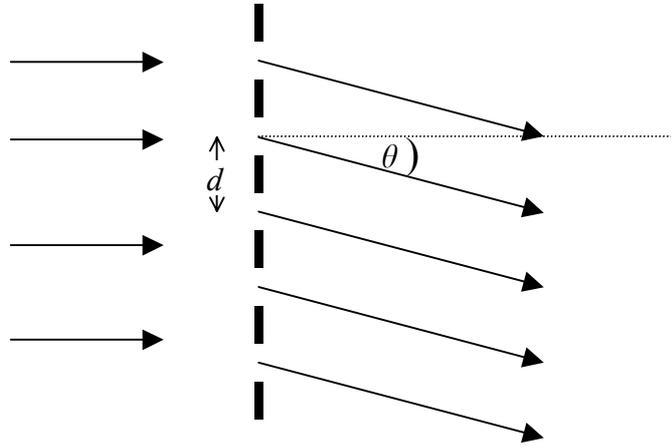
- (b) La lente AB del apartado (a) se utiliza como lente objetivo de un telescopio astronómico. El diagrama siguiente muestra las posiciones relativas del objetivo y el ocular, CD, así como la posición de la imagen * formada por el objetivo cuando el telescopio se utiliza para ver la estrella.



- (i) Sabiendo que la imagen final de la estrella se forma en el infinito, marque sobre el eje XY las posiciones del foco principal F_E del ocular y del foco principal F_O del objetivo. [1]
- (ii) Complete el diagrama de rayos para determinar la orientación que presenta la imagen final. [3]
- (iii) Muestre sobre el diagrama anterior dónde debe situarse el ojo para ver la imagen final. [1]

H2. Esta pregunta trata sobre una red de difracción.

El diagrama siguiente muestra algunas de las rendijas de una red de difracción sobre la que incide un haz de rayos paralelos de luz monocromática, formando un ángulo de 90° con la red. También se muestra la luz refractada por las rendijas, con un ángulo θ .



(a) Después de atravesar las rendijas, la luz es enfocada sobre una pantalla.

(i) Marque sobre el diagrama la diferencia de caminos entre dos rayos adyacentes cualesquiera. [1]

(ii) A partir de lo anterior, demuestre que la luz difractada con un ángulo θ formará un máximo principal si se cumple la condición $d \sin \theta = n \lambda$, donde d es la separación entre rendijas. [2]

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

(Esta pregunta continúa en la siguiente página)

(Pregunta H2: continuación)

(b) La longitud de onda de la luz incidente es 500 nm y la red de difracción tiene 800 rendijas por milímetro.

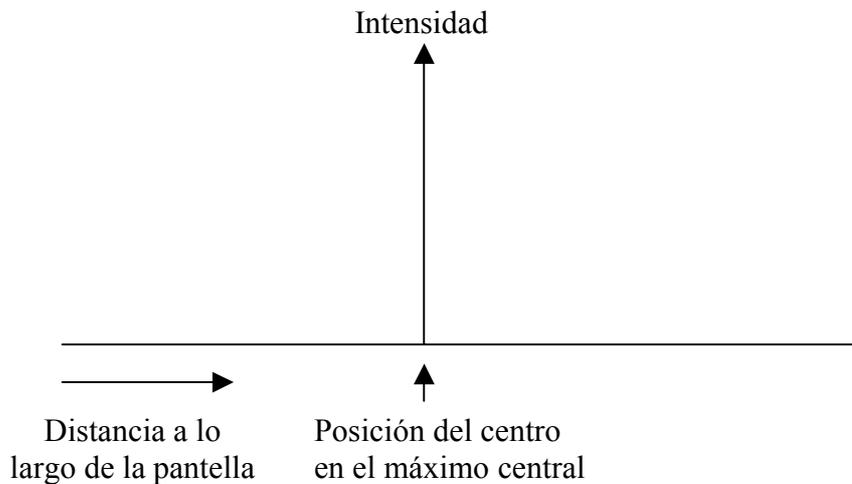
(i) Determine el ángulo para el cuál se forma el primer máximo principal. [3]

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

(ii) Determine el número de máximos principales que se producirán sobre la pantalla, a ambos lados del máximo central, cuando incide sobre la red un haz de rayos de luz paralelos como el mostrado en el diagrama de la página anterior. [3]

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

(iii) Usando los ejes dibujados más abajo, trace un diagrama para mostrar la distribución de intensidad de luz sobre la pantalla. (Observe que se trata de esbozar un gráfico; no es necesario indicar valores sobre los ejes). [3]



H3. Esta pregunta trata sobre la miopía y su corrección.

El diagrama 1 muestra la luz procedente de un objeto distante incidiendo sobre la pupila del ojo de una persona miope.

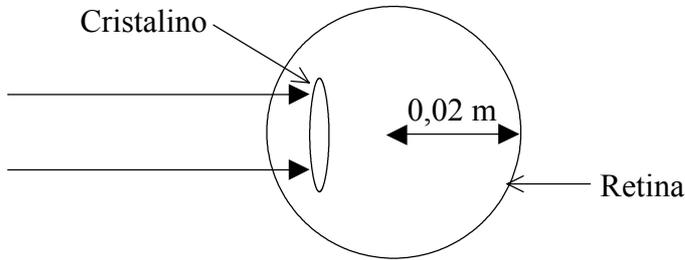


Diagrama 1

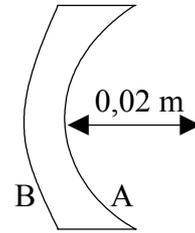


Diagrama 2

- (a) Sobre el diagrama 1, indique el punto P donde aproximadamente se enfocarán los rayos. [1]
- (b) Para corregir la miopía de cierta persona, un fabricante de lentes de contacto tiene que construir una lente con forma de menisco divergente, de distancia focal 1,00 m. Como se muestra en el diagrama 2, la superficie interna, A, de esa lente tiene el mismo radio de curvatura que el ojo. El índice de refracción del material usado para hacer la lente es 1,49 y el radio de curvatura del ojo de la persona es 0,02 m. Determine el radio de curvatura de la otra superficie, B, de la lente. [4]

.....

.....

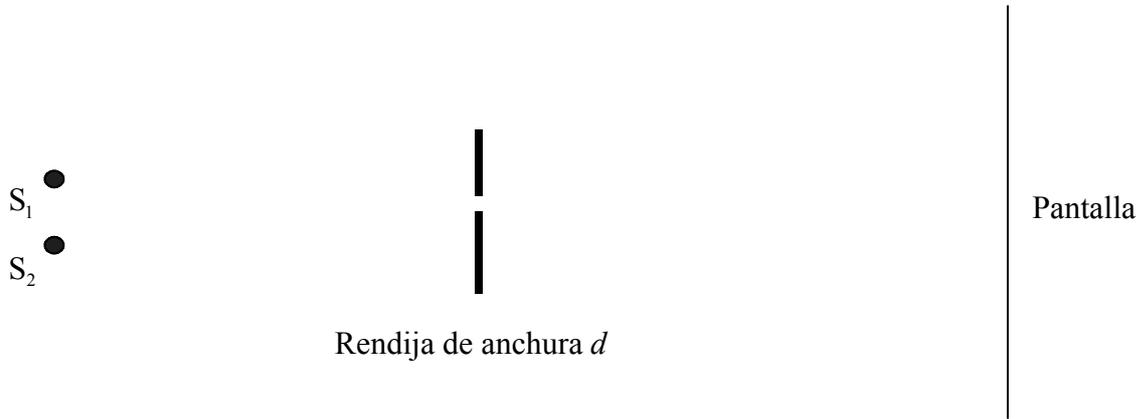
.....

.....

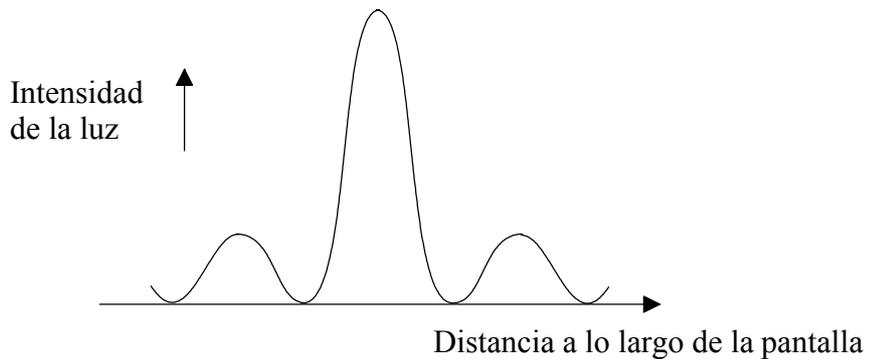
.....

H4. Esta pregunta trata sobre resolución óptica.

La luz de longitud de onda λ procedente de dos fuentes puntuales monocromáticas S_1 y S_2 incide sobre una estrecha rendija. Después de atravesar la rendija, la luz llega a una pantalla. Tanto las fuentes como la pantalla están situadas muy lejos de la rendija. La situación se muestra en el diagrama siguiente.



El diagrama de más abajo muestra una parte de la distribución de la intensidad de la imagen producida sobre la pantalla por la fuente S_1 .



- (a) Usando el diagrama anterior, trace la distribución de intensidad de la imagen producida sobre la pantalla por la fuente S_2 , cuando las imágenes de cada fuente están precisamente resueltas según el criterio de Rayleigh. [2]
- (b) Cada una de las dos fuentes puntuales emite luz de longitud de onda 500 nm y ambas están situadas a una distancia de 1,0 m de la rendija. La anchura de la rendija es de 1,0 mm. Determine la separación de las fuentes cuando sus respectivas imágenes están precisamente resueltas. [3]

.....

.....

.....

.....

.....

.....