



FÍSICA
NIVEL SUPERIOR
PRUEBA 3

Martes 9 de noviembre 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.



Opción E — Astrofísica

E1. Esta pregunta trata de las características de las estrellas Procyon A y Procyon B.

- (a) Las estrellas Procyon A y Procyon B están localizadas en el mismo cúmulo estelar dentro de la constelación Canis Minor. Distinga entre constelación y cúmulo estelar. [2]

Constelación:

.....

Cúmulo estelar:

.....

- (b) La siguiente tabla muestra algunos datos de Procyon A y Procyon B.

	Magnitud aparente	Magnitud absoluta	Brillo aparente / $W m^{-2}$
Procyon A (P_A)	+0,400	+2,68	$2,06 \times 10^{-8}$
Procyon B (P_B)	+10,7	+13,0	$1,46 \times 10^{-12}$

Utilizando los datos de la tabla, explique por qué

- (i) tal y como se ve desde la Tierra, P_A es mucho más brillante que P_B . [2]

.....

.....

.....

.....

- (ii) la luminosidad de P_A es mucho mayor que la de P_B . [3]

.....

.....

.....

.....

.....

(Esta pregunta continúa en la siguiente página)



(Pregunta E1: continuación)

- (c) Utilizando los datos de la tabla de (b), deduzca que P_A y P_B están aproximadamente a la misma distancia de la Tierra. [2]

.....

.....

.....

.....

- (d) Utilizando sus respuestas a (a) y a (c), indique por qué P_A y P_B podrían ser estrellas binarias. [1]

.....

.....

- (e) Utilizando los datos de la tabla de (b), calcule el cociente $\frac{L_A}{L_B}$, donde L_A es la luminosidad de P_A y L_B es la luminosidad de P_B . [2]

.....

.....

.....

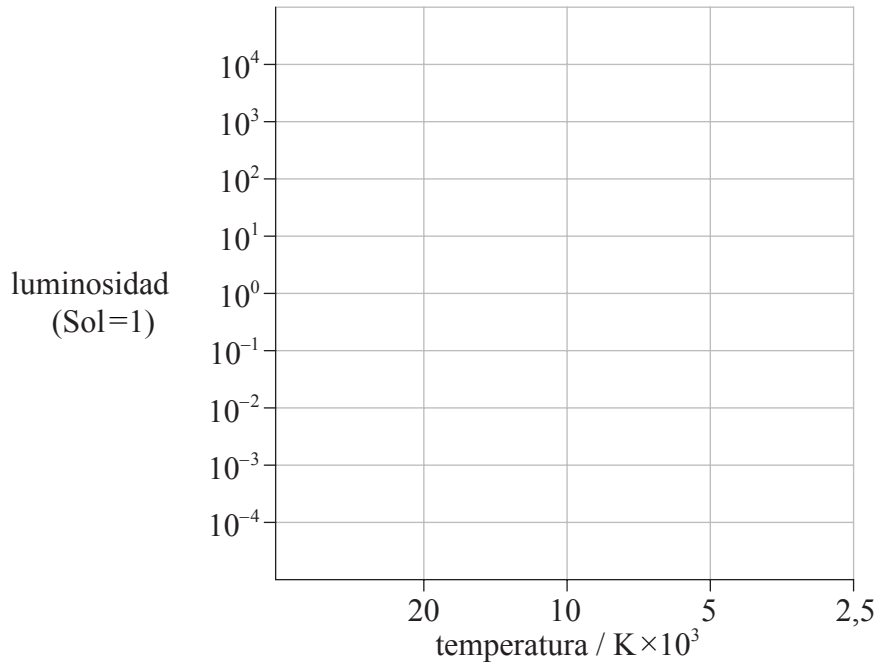
.....

(Esta pregunta continúa en la siguiente página)



(Pregunta E1: continuación)

- (f) La temperatura superficial tanto de P_A como de P_B es del orden de 10^4 K. La luminosidad de P_A es del orden de $10L_S$, donde L_S es la luminosidad del Sol. El diagrama muestra la red de cuadrículas de un diagrama de Hertzsprung–Russell.



Sobre la red de cuadrículas anterior, rotule la posición aproximada de

- (i) la estrella P_A , con la letra A. [1]
- (ii) la estrella P_B , con la letra B. [1]
- (g) Identifique la naturaleza de la estrella P_B . [1]
.....
- (h) Sobre la red de cuadrículas que aparece en (f), dibuje la traza evolutiva de la estrella P_A . [2]

(Esta pregunta continúa en la siguiente página)



(Pregunta E1: continuación)

- (i) La luminosidad de la estrella de la secuencia principal Regulus es $150L_{\odot}$. Suponiendo que $n=3,5$ en la relación masa–luminosidad, demuestre que la masa de Regulus es $4,2M_{\odot}$, donde M_{\odot} es la masa del Sol. [2]

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

- (j) La estrella Betelgeuse tiene una masa de aproximadamente cinco veces la de Regulus. Un posible escenario final de la evolución de Betelgeuse es convertirse en un agujero negro. Indique

- (i) el otro posible escenario final de la evolución de Betelgeuse. [1]

.....

- (ii) la razón por la que el escenario final en (j)(i) es estable. [1]

.....
.....



E2. Esta pregunta trata del modelo del Big Bang y del desplazamiento al rojo.

(a) Describa qué significa el modelo del Big Bang. [1]

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

(b) En los años 60 del siglo pasado, Penzias y Wilson descubrieron una radiación de fondo cósmico uniforme (FCM) en la región de las microondas del espectro electromagnético.

(i) Explique cómo la FCM es consistente con el modelo del Big Bang. [3]

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

(ii) Indique por qué el desplazamiento al rojo de la luz procedente de las galaxias apoya el modelo del Big Bang. [1]

.....
.....

(c) Muchas galaxias se encuentran a gran distancia de la Tierra. Haciendo referencia a la ley de Hubble, explique cómo la medida del desplazamiento al rojo de la luz procedente de tales galaxias permite determinar su distancia a la Tierra. [3]

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

(d) Indique **un** problema asociado a la utilización de la ley de Hubble para determinar la distancia a una galaxia muy lejana de la Tierra. [1]

.....
.....



Opción F — Comunicaciones

F1. Esta pregunta trata de la modulación.

(a) Indique qué entendemos por modulación de una onda portadora. [1]

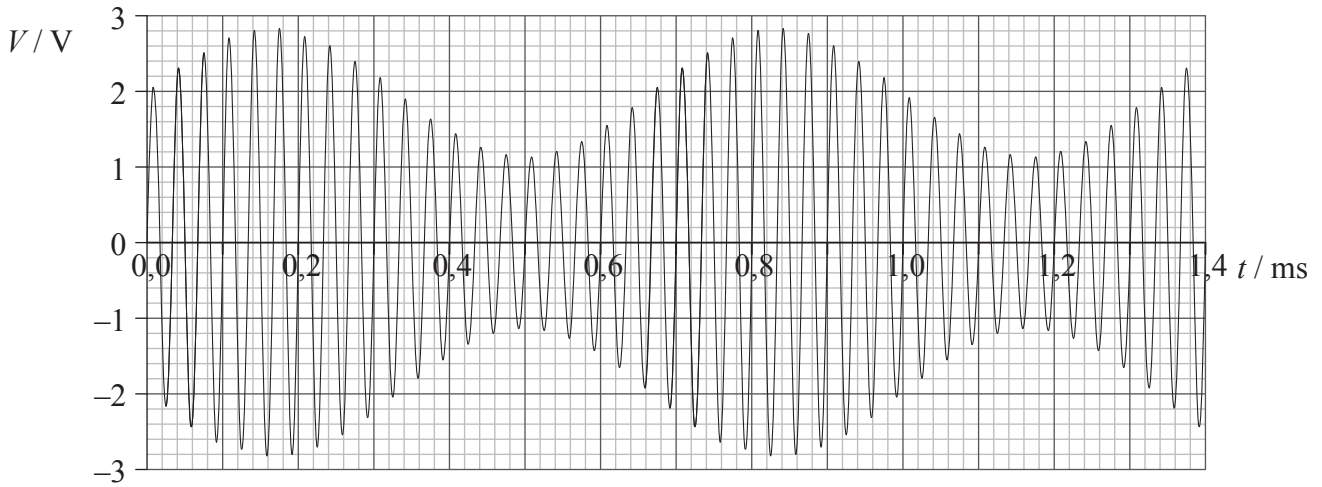
.....
.....
.....
.....

(Esta pregunta continúa en la siguiente página)



(Pregunta F1: continuación)

- (b) La gráfica muestra cómo varía con el tiempo t la intensidad de la señal de voltaje V de una onda portadora modulada en amplitud (AM).



Utilice la gráfica para determinar

- (i) la frecuencia de la onda portadora. [1]

.....
.....

- (ii) la frecuencia de la onda de señal. [1]

.....
.....

- (iii) la amplitud de la onda de señal. [2]

.....
.....

- (iv) el ancho de banda. [1]

.....

- (c) Una onda portadora también puede ser modulada en frecuencia (FM). Indique y explique **una** ventaja de la FM en comparación con la AM. [2]

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



F2. Esta pregunta trata de fibras ópticas.

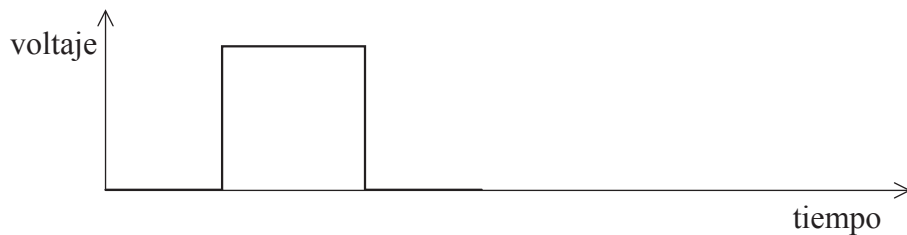
(a) Resuma qué se entiende por dispersión material. [2]

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

(b) Sugiera por qué la dispersión material establece un límite sobre la velocidad de transferencia de datos (*bitrate*) en la transmisión. [1]

.....
.....

(c) (i) La señal mostrada más abajo se introduce en una fibra óptica monomodo.



Sobre el diagrama anterior, muestre los efectos de la dispersión material sobre la señal entrante, dibujando la forma de la señal después de haber viajado una larga distancia en la fibra óptica. [1]

(ii) Indique y explique cómo pueden reducirse los efectos sobre la señal dibujada en (c)(i). [2]

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

(Esta pregunta continúa en la siguiente página)



(Pregunta F2: continuación)

(d) Se transmiten datos digitales en una fibra óptica con un núcleo de vidrio que tiene un índice de refracción de 1,5. La duración de un bit en la transmisión es de 0,50 ns y cada muestra en la señal consta de 32 bits.

(i) Calcule el tiempo que tarda la señal para viajar una distancia de 500 km. [2]

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

(ii) Determine la frecuencia de muestreo. [2]

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

(e) Los datos en (d) son confidenciales y deben protegerse. Sin tomar en consideración los costes financieros, resuma si resulta preferible transferir esos datos a través de una conexión directa por fibra óptica o hacerlo por medio de un satélite geosíncrono. [2]

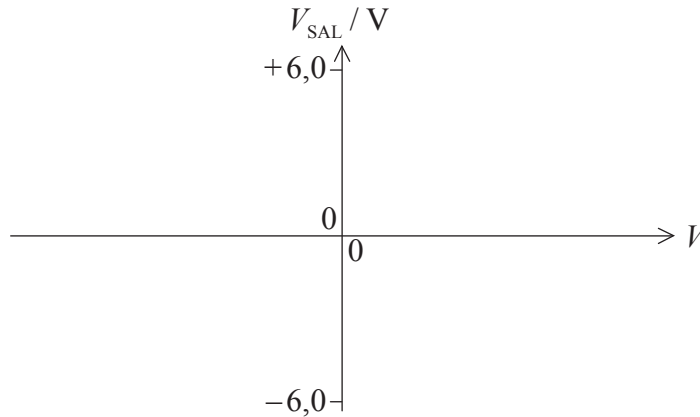
.....
.....
.....
.....
.....
.....



F3. Esta pregunta trata de un amplificador operacional utilizado en un circuito con disparador de Schmitt.

(a) Un amplificador operacional utiliza una fuente de alimentación de $\pm 6,0\text{V}$. El amplificador operacional opera en modo no inversor.

(i) Sobre los ejes de más abajo, esquematice una gráfica para mostrar cómo varía el voltaje de salida V_{SAL} del amplificador con la diferencia de potencial V entre las dos entradas del amplificador. [2]



(ii) Haciendo referencia a la gráfica esquematizada en (a)(i), explique por qué el amplificador operacional se dice que actúa como un comparador. [2]

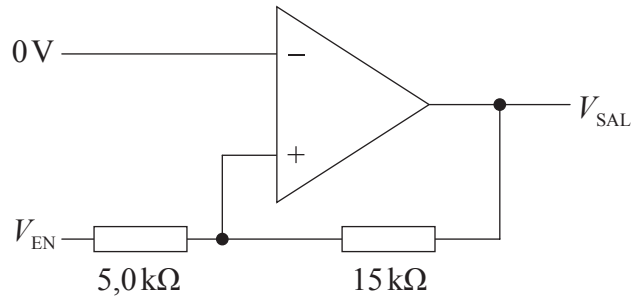
.....
.....
.....
.....

(Esta pregunta continúa en la siguiente página)



(Pregunta F3: continuación)

- (b) El diagrama muestra un amplificador operacional conectado como disparador de Schmitt. La salida del amplificador es de $\pm 6,0\text{V}$.



- (i) Demuestre que el voltaje conmutador superior del disparador, es decir, el voltaje de entrada V_{EN} para el que el voltaje de salida V_{SAL} conmuta de $-6,0\text{V}$ a $+6,0\text{V}$, es $2,0\text{V}$. [2]

.....

.....

.....

.....

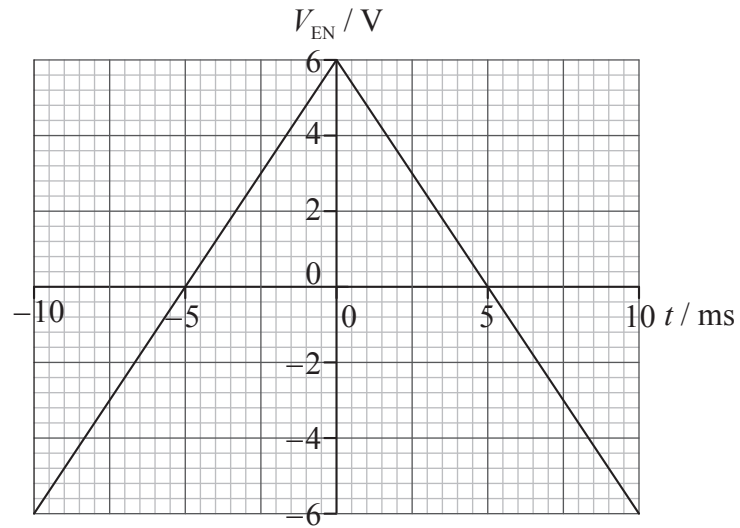
.....

(Esta pregunta continúa en la siguiente página)



(Pregunta F3: continuación)

(ii) La gráfica muestra la señal de entrada V_{EN} al disparador.



Los voltajes de conmutación del disparador son $\pm 2,0$ V.

Sobre los ejes de más arriba, esquematice una gráfica para mostrar cómo varía con el tiempo t el voltaje de salida V_{SAL} . [2]

(c) Explique el uso del disparador de Schmitt en la transmisión de señales digitales. [2]

.....

.....

.....

.....

.....



Opción G — Ondas electromagnéticas

G1. Esta pregunta trata de láseres.

(a) En relación con las ondas de luz emitidas por un láser, indique qué significan los siguientes términos

(i) monocromática. [1]

.....
.....

(ii) coherente. [1]

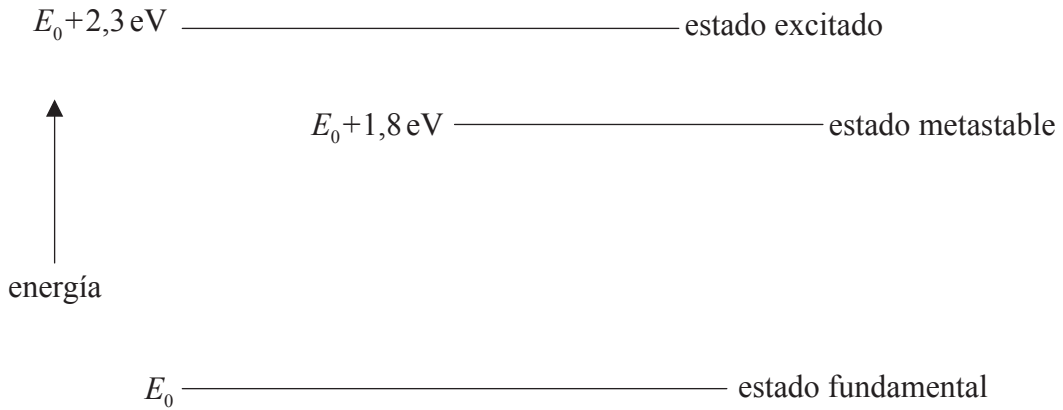
.....
.....

(Esta pregunta continúa en la siguiente página)



(Pregunta G1: continuación)

- (b) El diagrama (no a escala) muestra tres de los niveles de energía de una sustancia utilizada para producir luz láser.



La energía del estado fundamental es E_0 .

- (i) Indique qué se entiende por inversión de la población. [1]

.....

- (ii) Dibuje una flecha sobre el diagrama para indicar la transición que da lugar a una inversión de población. Rotule la flecha como P. [1]

- (iii) Dibuje una flecha sobre el diagrama para indicar la transición que da lugar a un pulso de luz láser. Rotule la flecha como L. [1]

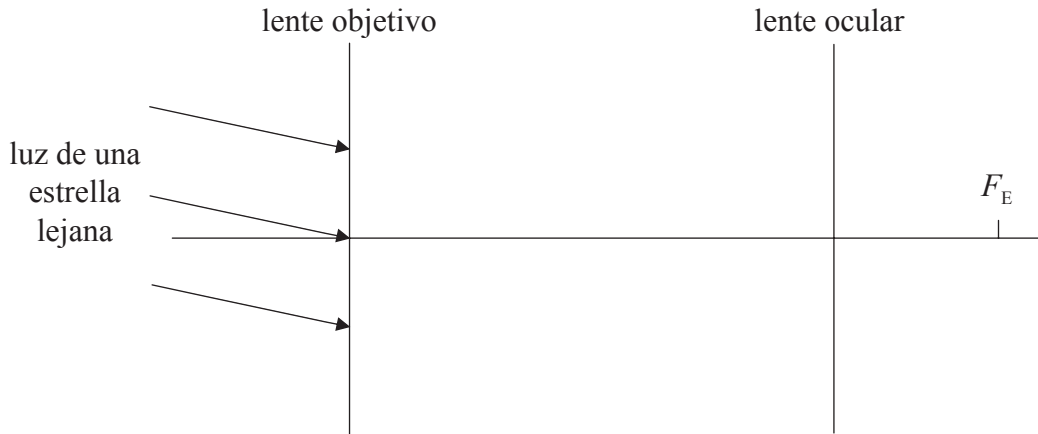
- (iv) Deduzca que la longitud de onda de la luz láser emitida es de 690 nm. [1]

.....



G2. Esta pregunta trata del telescopio astronómico.

El diagrama (no a escala) muestra la disposición de las dos lentes convexas en un telescopio astronómico con ajuste normal.



Se utiliza el telescopio para observar una estrella lejana. Uno de los puntos focales de la lente ocular se rotula como F_E .

- (a) Sobre el diagrama de más arriba,
 - (i) rotule con el símbolo F_E , la posición del otro punto focal de la lente ocular. [1]
 - (ii) rotule con el símbolo F_O , la posición del punto focal de la lente objetivo que se encuentra entre las dos lentes. [1]
 - (iii) construya rayos para localizar la imagen final de la estrella. [3]
- (b) En un determinado telescopio astronómico, la lente ocular tiene una potencia de 40 dioptrías y la lente objetivo tiene una potencia de 0,80 dioptrías. Determine el aumento angular del telescopio en ajuste normal. [2]

.....

.....

.....

.....

.....

- (c) En un telescopio astronómico el objetivo se construye, a menudo, con una lente divergente y otra convergente, mientras que la abertura de la lente ocular se limita habitualmente para que solo se visualicen los rayos próximos al eje principal. Indique las razones para ello. [2]

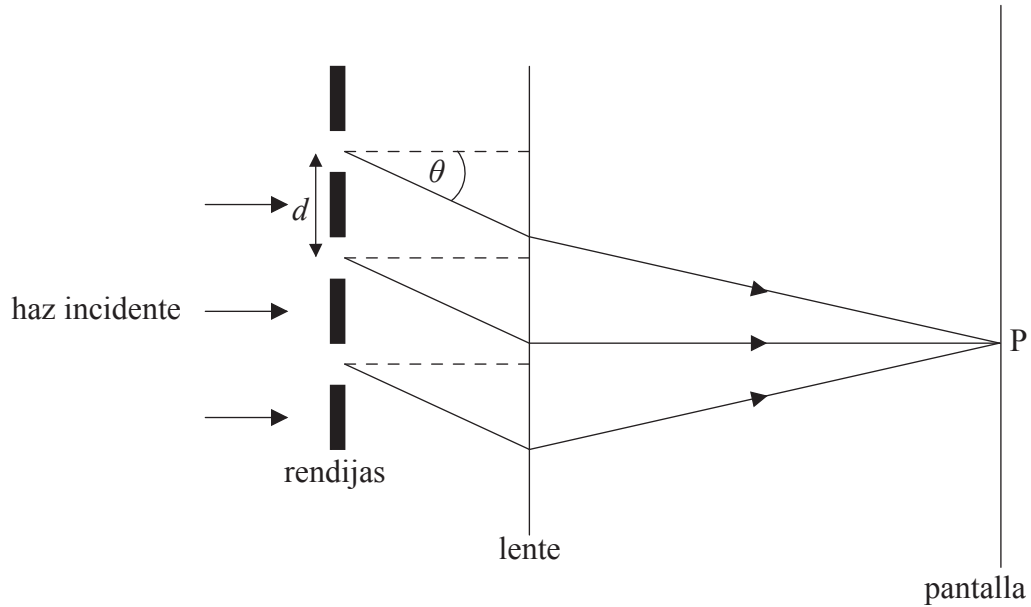
Lente objetivo:

Lente ocular:



G3. Esta pregunta trata de una red de difracción.

- (a) Un haz paralelo de luz monocromática incide perpendicularmente sobre una red de difracción. Después de atravesar la red se focaliza en un punto de una pantalla, por medio de una lente. El diagrama muestra algunas de las rendijas de la red de difracción y el trayecto de la luz difractada con un ángulo θ en cada rendija.



La distancia entre rendijas es d y la longitud de onda de la luz es λ .

- (i) Sobre el diagrama, construya una línea que permita mostrar la diferencia de caminos entre rayos procedentes de dos rendijas adyacentes. Rotule como L la diferencia de caminos. [1]
- (ii) Utilice su respuesta a (a)(i) para deducir, en términos de d y θ , la condición para que haya un máximo de intensidad en el punto P de la pantalla. [2]

.....

.....

.....

.....

- (b) Para una red de difracción concreta, la distancia entre rendijas adyacentes es $2,0 \times 10^{-6}$ m. Determine, para luz de longitud de onda 520 nm, el orden de difracción teórico máximo. [2]

.....

.....

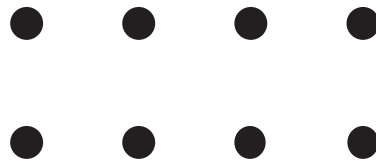
.....

.....



G4. Esta pregunta trata de difracción de rayos X.

- (a) El diagrama representa algunos de los átomos de dos capas de una red cristalográfica cúbica.



Utilice el diagrama para resumir cómo surge la difracción a partir de la dispersión de rayos X en un cristal. [3]

.....

.....

.....

.....

.....

.....

- (b) Un cristal, cuyos átomos están dispuestos en una red cúbica, dispersa rayos X de longitud de onda 87 pm. El menor ángulo de dispersión para el que se observa un máximo de los rayos X dispersados es 18°. Calcule el espaciado entre átomos adyacentes del cristal. [2]

.....

.....

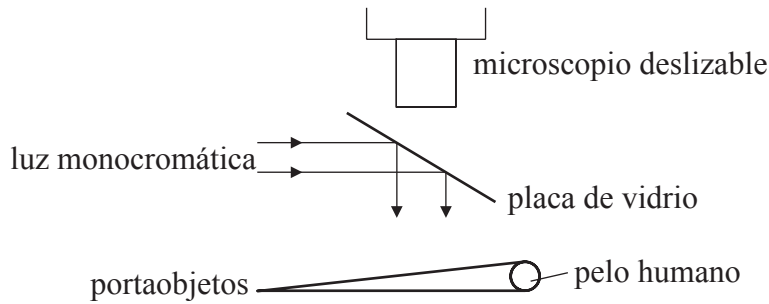
.....

.....



G5. Esta pregunta trata de interferencia en películas delgadas.

El diagrama (no a escala) representa un montaje experimental diseñado para medir el diámetro de un pelo humano.



Se utiliza un pelo humano para separar dos portaobjetos de un microscopio. Un haz de luz monocromática se refleja hacia los dos portaobjetos por la placa de vidrio. La luz se refleja a continuación en los dos portaobjetos, se transmite a través de la placa de vidrio y es visualizada en el microscopio deslizable.

(a) Indique por qué la luz reflejada desde los dos portaobjetos produce un conjunto de franjas de interferencia. [1]

.....
.....

(b) La condición para que se observe una franja brillante en el campo de visión del microscopio deslizable está dada por la relación

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

donde t es el espesor de la película de aire formada por la cuña en el punto en que se observa la franja brillante, m es un número entero y λ es la longitud de onda de la luz incidente.

Indique la razón por la que aparece el factor $\frac{1}{2}$ en esta relación. [1]

.....
.....

(c) En el diagrama, la longitud de los portaobjetos es de 5,00 cm. La longitud de onda de la luz monocromática es $5,92 \times 10^{-7}$ m. Usando el microscopio deslizable se observa que 50 franjas abarcan una longitud de 0,940 cm. Demuestre que el diámetro del pelo utilizado para separar los portaobjetos es de aproximadamente $80 \mu\text{m}$. [3]

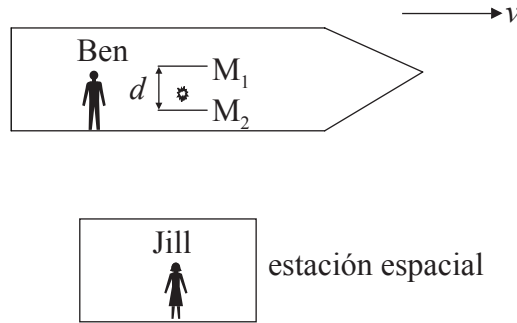
.....
.....
.....
.....
.....



Opción H — Relatividad

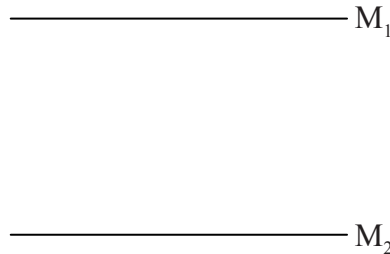
H1. Esta pregunta trata de una transformación de Galileo y de la dilatación del tiempo.

Ben se encuentra en una nave espacial que viaja en línea recta, con rapidez constante v , tal y como la mide Jill, que se encuentra en una estación espacial.



Ben enciende un pulso luminoso que rebota verticalmente (según observa Ben) entre dos espejos horizontales M_1 y M_2 separados una distancia d . En el instante en que los espejos están enfrente de Jill, el pulso está abandonando justamente el espejo M_2 . La rapidez de la luz en el aire es c .

(a) Esquematice sobre el diagrama la trayectoria del pulso de luz entre M_1 y M_2 , tal y como la observa Jill. [1]



(b) Según la medida de Jill, el tiempo que tarda el pulso luminoso en ir de M_2 a M_1 es Δt .

(i) Indique, según Jill, la distancia recorrida por la nave espacial en el tiempo Δt . [1]

.....

(ii) Utilizando la transformación de Galileo, deduzca una expresión para la longitud de la trayectoria de la luz entre M_2 y M_1 . [2]

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

(Esta pregunta continúa en la siguiente página)



(Pregunta H1: continuación)

- (c) Indique, según la relatividad especial, la longitud de la trayectoria de la luz entre M_2 y M_1 , tal y como la mide Jill, en términos de c y de Δt . [1]

.....

- (d) El tiempo que le lleva al pulso ir de M_2 a M_1 tal y como lo mide Ben, es $\Delta t'$. Utilice sus respuestas a (b)(i) y (c) para deducir una relación entre Δt y $\Delta t'$. [3]

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

- (e) Según un reloj en reposo respecto a Jill, un reloj en la nave espacial marcha retrasado en un factor 2,3. Demuestre que la rapidez v de la nave espacial es $0,90c$. [2]

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

- (f) Ben mide la longitud de una mesa en la nave espacial, siendo de 1,8 m. Calcule la longitud de esa mesa tal y como la mide Jill. [1]

.....
.....

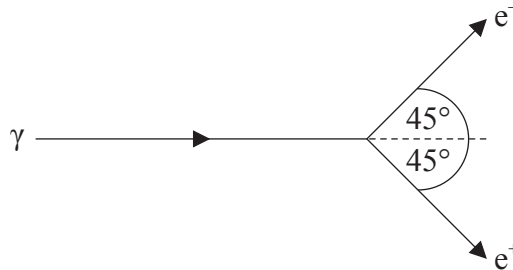
- (g) Las preguntas (e) y (f) involucran los conceptos de dilatación del tiempo y de contracción de longitud. Discuta cómo la desintegración del muón en la atmósfera proporciona evidencia experimental para dichos conceptos. [5]

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



H2. Esta pregunta trata de producción de pares y de mecánica relativista.

Un fotón γ de energía 2,46 MeV, que se encuentra viajando en las cercanías del núcleo de un átomo de oro, se transforma en un par electrón (e^-) – positrón (e^+). Cada partícula viaja a 45° de la dirección original del fotón.



Inmediatamente después de la transformación, las energías cinéticas del electrón y del positrón son iguales. El módulo del momento lineal de retroceso del núcleo de oro es $0,880 \text{ MeV c}^{-1}$ y se sitúa en la dirección del fotón.

(a) Calcule el módulo del momento lineal del electrón, inmediatamente después de la desintegración. [4]

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

(b) Calcule el valor de la diferencia de potencial V a través de la cual debería acelerarse un electrón en reposo para tener el mismo módulo en su momento lineal que el obtenido en (a). [2]

.....

.....

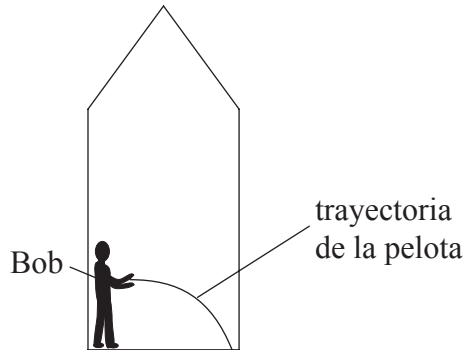
.....

.....



H3. Esta pregunta trata de relatividad general.

Bob está de pie sobre el suelo de una nave espacial y lanza una pelota en dirección paralela al suelo.



La pelota sigue la trayectoria mostrada, desde que abandona la mano de Bob hasta que choca contra el suelo.

(a) Indique y explique si, a partir de la trayectoria seguida por la pelota, Bob puede deducir que la nave espacial se encuentra en reposo sobre la superficie de un planeta. [3]

.....

.....

.....

.....

.....

(b) Resuma cómo se puede usar el concepto de espacio-tiempo para explicar

(i) la trayectoria de la pelota, si la nave espacial está en reposo sobre la superficie de un planeta. [2]

.....

.....

.....

.....

(ii) la naturaleza de un agujero negro. [2]

.....

.....

.....

.....

(Esta pregunta continúa en la siguiente página)



(Pregunta H3: continuación)

- (c) Calcule el radio que debería tener la Tierra para que se comportara como un agujero negro. La masa de la Tierra es de $6,0 \times 10^{24}$ kg. [1]

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



Opción I — Física médica

II. Esta pregunta trata de la intensidad del sonido.

(a) Defina

(i) *intensidad del sonido.* [1]

.....
.....

(ii) *nivel de intensidad del sonido.* [1]

.....
.....

(b) Indique **dos** maneras por las cuales la presión sonora en el tímpano es amplificada antes de alcanzar el fluido de la cóclea. [2]

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

(c) Un estudiante con un problema auditivo puede oír sonidos claramente cuando el nivel de intensidad de sonido es de 65 dB o mayor. En una gran sala de conferencia ya una distancia de 25 m del conferenciante, el nivel de intensidad de sonido es de 55 dB.

Determine la máxima distancia al conferenciante para la que el estudiante puede oír claramente. La intensidad del sonido a una distancia d de una fuente de potencia P está dada por $I = \frac{P}{4\pi d^2}$. [4]

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



I2. Esta pregunta trata de los rayos X.

(a) Defina *espesor hemirreductor*. [1]

.....
.....

(b) El espesor hemirreductor en tejido para rayos X de una energía dada es de 3,50 mm. Determine la fracción de la intensidad incidente de rayos X que es transmitida a través de tejido de espesor 6,00 mm. [3]

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

(c) Para rayos X de mayor energía que los considerados en (b), el espesor hemirreductor es mayor que 3,50 mm. Indique y explique el efecto de ese cambio, si lo hay, en su respuesta a la pregunta de (b). [2]

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

(d) Las imágenes por rayos X son a menudo borrosas, a pesar de que el paciente permanece quieto durante la exposición.

(i) Indique **un** posible mecanismo físico para el carácter borroso de una imagen por rayos X. [1]

.....
.....

(ii) Para el mecanismo físico indicado en (d)(i), sugiera cómo las imágenes por rayos X puede hacerse más nítidas. [2]

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

(Esta pregunta continúa en la siguiente página)



(Pregunta I2: continuación)

- (e) El tiempo de exposición de una película fotográfica para rayos X es mayor que para luz visible. El tiempo de exposición para rayos X puede reducirse utilizando técnicas de mejora, tales como la pantalla intensificadora. Resuma cómo una pantalla intensificadora reduce el tiempo de exposición.

[2]

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



I3. Esta pregunta trata de los láseres en medicina.

En un procedimiento llamado oximetría de pulsos, se utilizan láseres para medir el porcentaje de oxígeno en la sangre. Resuma cómo se utilizan los láseres en este procedimiento. [3]

.....

.....

.....

.....

.....

.....



I4. Esta pregunta trata de dosimetría.

(a) Distinga entre los términos dosis absorbida y dosis equivalente. [2]

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

(b) Se inyecta una fuente beta en el tumor de un paciente. Se dispone de los siguientes datos.

Masa del tumor	= 65 g
Actividad de la fuente	= $4,8 \times 10^8$ Bq
Energía media de los electrones emitidos	= 1,2 MeV
Factor de calidad de la radiación beta	= 1,0

(i) Determine la dosis equivalente en un periodo de quince minutos después de que la fuente beta se inyecte en el tumor. [4]

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

(ii) Indique **una** razón de por qué la dosis equivalente determinada en (b)(i) es solo aproximada. [1]

.....
.....

(iii) Indique **una** razón de por qué los pacientes deben estar dispuestos a someterse por sí mismos a tan considerable cantidad de radiación como la determinada en (b)(i). [1]

.....
.....



Opción J — Física de partículas

J1. Esta pregunta trata de leptones y mesones.

(a) Los leptones son un tipo de partícula elemental y cada leptón tiene su propia antipartícula. Indique qué entendemos por

(i) partícula elemental. [1]

.....
.....

(ii) antipartícula de un leptón. [1]

.....
.....

(b) El electrón es un leptón y su antipartícula es el positrón. Entre un electrón y un positrón puede tener lugar la siguiente reacción.

$$e^- + e^+ \rightarrow \gamma + \gamma$$

Esquematice el diagrama de Feynman de esta reacción e identifique en su diagrama cualquier partícula virtual. [3]

(Esta pregunta continúa en la siguiente página)



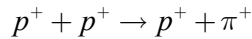
(Pregunta J1: continuación)

(c) Al contrario que los leptones, el mesón π^+ no es una partícula elemental. Indique

(i) la estructura de quarks del mesón π^+ . [1]

.....

(ii) la razón por la que no ocurre la siguiente reacción. [1]



.....
.....

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

.....
.....

(e) Haciendo referencia a su respuesta a (d), explique por qué a los quarks se les atribuye la propiedad color. [2]

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

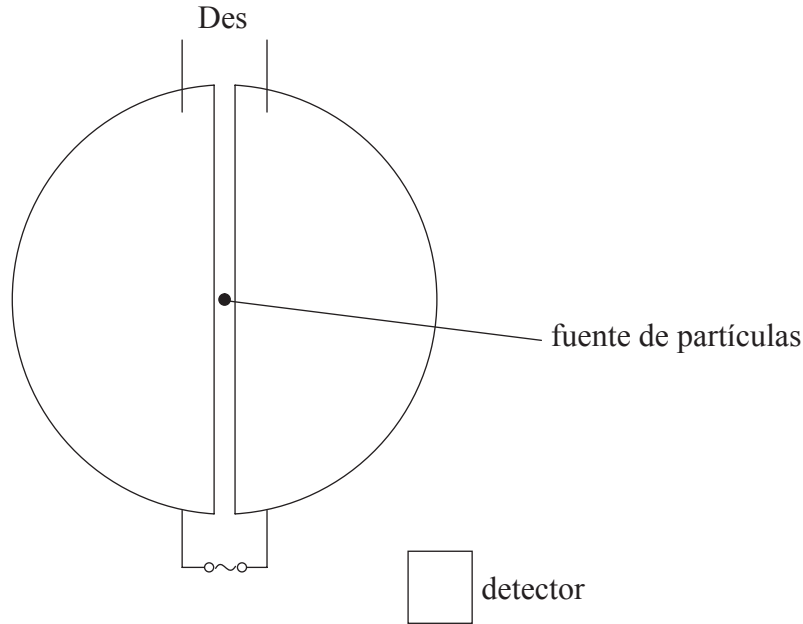
(f) El pión fue propuesto como partícula mediadora de la interacción fuerte entre nucleones. Dado que el rango de la interacción nuclear fuerte entre nucleones es del orden de 10^{-15} m, demuestre que la masa en reposo del pión es del orden de $100 \text{ MeV } c^{-2}$. [3]

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



J2. Esta pregunta trata de aceleradores de partículas.

- (a) El diagrama (no a escala) representa una vista desde arriba de las características esenciales de un ciclotrón.



Las partículas positivas emitidas por la fuente viajan en sentido anti horario en las Des.

- (i) Indique la dirección y sentido del campo magnético que se emplea en este ciclotrón. [1]

.....

- (ii) Dibuje sobre el diagrama la trayectoria de una partícula positiva, entre la fuente y el detector. [1]

- (iii) Explique por qué se aplica a las Des un potencial alterno de frecuencia determinada, como se muestra. [3]

.....

.....

.....

.....

.....

(Esta pregunta continúa en la siguiente página)



(Pregunta J2: continuación)

- (b) Resuma por qué se pueden alcanzar energías mucho más altas en un sincrotrón que en un ciclotrón. [3]

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

- (c) En un experimento concreto, se aceleran protones en un sincrotrón hasta una energía de 2,0 GeV. Calcule la energía cinética de los protones en GeV. [1]

.....
.....

- (d) En el Large Hadron Collider, los protones pueden acelerarse hasta energías de 7 TeV. Deduzca si este valor de energía es suficiente para imitar la temperatura del universo, 10^{32} K, poco después del Big Bang. [3]

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



J3. Esta pregunta trata del modelo estándar.

(a) Indique qué se entiende por modelo estándar. [1]

.....
.....

(b) Utilice la conservación del número leptónico y la carga para deducir la naturaleza de la partícula x en la siguiente reacción. [1]

$$\nu_e + \mu^- \rightarrow e^- + x$$

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

(c) Indique qué se entiende por dispersión inelástica profunda. [1]

.....
.....

(d) Resuma cómo los experimentos de dispersión inelástica profunda proporcionan evidencias para la libertad asintótica. [2]

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

