



FORMULARIO PREGUNTAS DE EXAMEN DEL AÑO 2025-26

N.º de pregunta en el examen:

1

Respuesta correcta:

1

Enunciado de la pregunta:

Sabiendo que la presión atmosférica media en la tierra es de 1000 hPa y que el radio del planeta es de unos 6400 km, estime la masa total de aire en la atmósfera en kg. Tome $g=10 \text{ m/s}^2$:

Respuesta 1 **$5 \cdot 10^{18} \text{ kg.}$**

Respuesta 2 **$5 \cdot 10^{16} \text{ kg.}$**

Respuesta 3 **10^{14} kg.**

Respuesta 4 **10^{12} kg.**

Bibliografía 1:

Título: Física Universitaria

Autor/a: Sears, Zemansky, Young, Freedman

Editorial: Addison Wesley

Tomo: 1

Año edición: 2004

Páginas referenciadas: 518



Bibliografía 2:

Título:
Autor/a:
Editorial
Tomo:
Año edición:
Páginas referenciadas:

AUTOR/A DE LA PREGUNTA:

$$P = mg/4\pi R^2 \rightarrow m = 4 \pi R^2 P/g = 4 \cdot 3.14159 \cdot (6400000m)^2 \cdot 100000 \text{ Pa}/10 \text{ m/s}^2 = 5 \cdot 10^{18} \text{ kg}$$



FORMULARIO PREGUNTAS DE EXAMEN DEL AÑO 2025-26

N.º de pregunta en el examen:

2

Respuesta correcta:

1

Enunciado de la pregunta:

Expresa el faradio (unidad derivada de capacidad eléctrica) como una combinación de unidades básicas según el Sistema Internacional de Unidades:

Respuesta 1 $\text{kg}^{-1}\text{A}^2\text{s}^4\text{m}^{-2}$.

Respuesta 2 $\text{kgA}^2\text{s}^4\text{m}^{-2}$.

Respuesta 3 $\text{kg}^{-1}\text{A}^{-2}\text{s}^4\text{m}^{-2}$.

Respuesta 4 $\text{kg}^{-1}\text{A}^2\text{s}^4\text{m}^2$.

Bibliografía 1:

Título: El Sistema Internacional de Unidades (9^a Edición) (NIPO: 113-19-009-7)

Autor/a: Oficina Internacional de Pesos y Medidas

Editorial: Centro Español del Metrología (Edición en español)

Tomo: 1

Año edición: 2019

Páginas referenciadas: 24



FORMULARIO PREGUNTAS DE EXAMEN DEL AÑO 2025-26

N.º de pregunta en el examen:

3

Respuesta correcta:

3

Enunciado de la pregunta:

¿Cuál de las siguientes opciones define correctamente la intensidad de corriente eléctrica?:

Respuesta 1	La diferencia de potencial entre dos puntos de un circuito.
Respuesta 2	La fuerza que se opone al flujo de cargas eléctricas en un circuito.
Respuesta 3	La carga eléctrica que pasa por unidad de tiempo a través de una sección de la región donde ésta fluye.
Respuesta 4	La energía potencial que tienen las cargas en reposo.

Bibliografía 1:

Título: Física. Campos y ondas.
Autores: Marcelo Alonso y Edward J. Finn
Editorial: Addison Wesley Iberoamericana
Tomo: II
Año edición: 1987
Páginas referenciadas: 489, 490



FORMULARIO PREGUNTAS DE EXAMEN DEL AÑO 2025-26

N.º de pregunta en el examen:

4

Respuesta correcta:

2

Enunciado de la pregunta:

La unidad de resistividad eléctrica de un material en el Sistema Internacional es:

Respuesta 1 Ohmio/m (Ω/m).

Respuesta 2 Ohmio-m ($\Omega \cdot m$).

Respuesta 3 Ohmio (Ω).

Respuesta 4 Siemens/m (S/m).

Bibliografía 1:

Título: Physics for Scientists and Engineers

Autor/a: Tipler / Mosca

Editorial: W.H. Freeman

Tomo:

Año edición: 2008

Páginas referenciadas: 836



FORMULARIO PREGUNTAS DE EXAMEN DEL AÑO 2025-26

N.º de pregunta en el examen:

5

Respuesta correcta:

3

Enunciado de la pregunta:

¿Cuál de las siguientes magnitudes se puede expresar en m^{-2} ?

Respuesta 1 Energía radiante.

Respuesta 2 Fluencia de energía.

Respuesta 3 Fluencia de partículas.

Respuesta 4 Flujo de energía.

Bibliografía 1:

Título: Fundamentos de Física Médica. Volumen 1: Medida de la radiación

Autor/a: Jose María Fernández-Varea, Antonio Brosed, Ana María González Leitón, Angel Garcia Ezpeleta

Editorial: ADI Servicio editoriales

Tomo: Volumen 1



FORMULARIO PREGUNTAS DE EXAMEN DEL AÑO 2025-26

N.^º de pregunta en el examen:

6

Respuesta correcta:

1

Enunciado de la pregunta:

La masa del bosón de Higgs se conoce generalmente con el valor $125 \text{ GeV}/c^2$. Indique cual sería el valor de su masa en kg.

Respuesta 1 $2.2 \cdot 10^{-25} \text{ kg}$

Respuesta 2 $2.2 \cdot 10^{-35} \text{ kg}$

Respuesta 3 $2.2 \cdot 10^{-15} \text{ kg}$

Respuesta 4 $2.2 \cdot 10^{-5} \text{ kg}$

Bibliografía 1:

Título:

Autor/a:

Editorial:

Tomo:

Año edición:

Páginas referenciadas:



Bibliografía 2:

Título:
Autor/a:
Editorial
Tomo:
Año edición:
Páginas referenciadas:

AUTOR/A DE LA PREGUNTA:

COMENTARIOS:

La resolución de este ejercicio es un cambio de unidades. Partiendo de:

- i) $1 \text{ GeV} = 10^9 \text{ eV}$
- ii) $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$
- iii) $1 \text{ eV} = 1.602 \cdot 10^{-19} \text{ J}$
- iv) Dimensionalmente se cumple que $1 \text{ kg} = 1 \frac{\text{J s}^2}{\text{m}^2}$

Resultaría:

$$125 \frac{\text{GeV}}{c^2} = 125 \frac{\text{GeV}}{(3 \cdot 10^8 \text{ m/s})^2} \frac{10^9 \text{ eV}}{1 \text{ GeV}} \frac{1.602 \cdot 10^{-19} \text{ J}}{1 \text{ eV}} = 2.2 \cdot 10^{-25} \frac{\text{J s}^2}{\text{m}^2} = 2.2 \cdot 10^{-25} \text{ kg}$$



FORMULARIO PREGUNTAS DE EXAMEN DEL AÑO 2025-26

N.º de pregunta en el examen:

7

Respuesta correcta:

1

Enunciado de la pregunta:

En el sistema internacional las unidades de la constante de Stefan-Boltzmann son:

Respuesta 1 $W\ m^{-2}\ K^{-4}$.

Respuesta 2 $W\ m^{-1}\ K^{-4}$.

Respuesta 3 $W^{-1}\ m\ K^4$.

Respuesta 4 $W^{-1}\ m^{-2}\ K^4$.

Bibliografía 1:

Título: The NIST reference on Constants, Units and Uncertainty

Autor/a: varios

Editorial

Tomo:

Año edición:

Páginas referenciadas: <https://physics.nist.gov/cgi-bin/cuu/Value?sigma>



Bibliografía 2:

Título: Heat and Thermodynamics
Autor/a: Zemansky and Dittman
Editorial: McGraw Hill
Tomo: 1
Año edición: 1997
Páginas referenciadas: 100

AUTOR/A DE LA PREGUNTA:

- Nombre completo:
- Entidad en la que presta servicios:



FORMULARIO PREGUNTAS DE EXAMEN DEL AÑO 2025-26

N.º de pregunta en el examen:

8

Respuesta correcta:

1

Enunciado de la pregunta:

**Un valor promedio de consumo eléctrico de un hogar es de 20kWh a^{-1} ($\text{a}=\text{año}$).
Esto equivale a:**

Respuesta 1 2.28W.

Respuesta 2 54.8W.

Respuesta 3 5.76MJ.

Respuesta 4 7.14MJ.

Bibliografía 1:

Título: Physics for Scientists and Engineers. 6th ed.

Autor/a: Serway, Jewett

Editorial: Thomson

Tomo:

Año edición: 2004

Páginas referenciadas: Tablas contraportada.



Bibliografía 2:

Título:
Autor/a:
Editorial
Tomo:
Año edición:
Páginas referenciadas:

AUTOR/A DE LA PREGUNTA:

Justificación de la respuesta:

Un año promedio tiene 24 horas/día *365.25 día=8766 h.

Por tanto 20kWh/a x 1a/8766h hacen un promedio de 20000/8766 W=2,28 W

N.º de pregunta en el examen:

9

Respuesta correcta:

3

Enunciado de la pregunta:

¿Cuál es el valor de la aceleración de la gravedad en la superficie de un planeta de radio 637 km si tiene una densidad de masa igual a la de la Tierra? (Radio de la Tierra 6370 km):

Respuesta 1 9604 m/s²

Respuesta 2 98 m/s²

Respuesta 3 0.98 m/s²

Respuesta 4 0.9604 m/s²

Bibliografía 1:

Título: Física para la ciencia y la tecnología

Autor/a: Paul A Tipler y Gene Mosca

Editorial: Reverté

Tomo: vol. 1

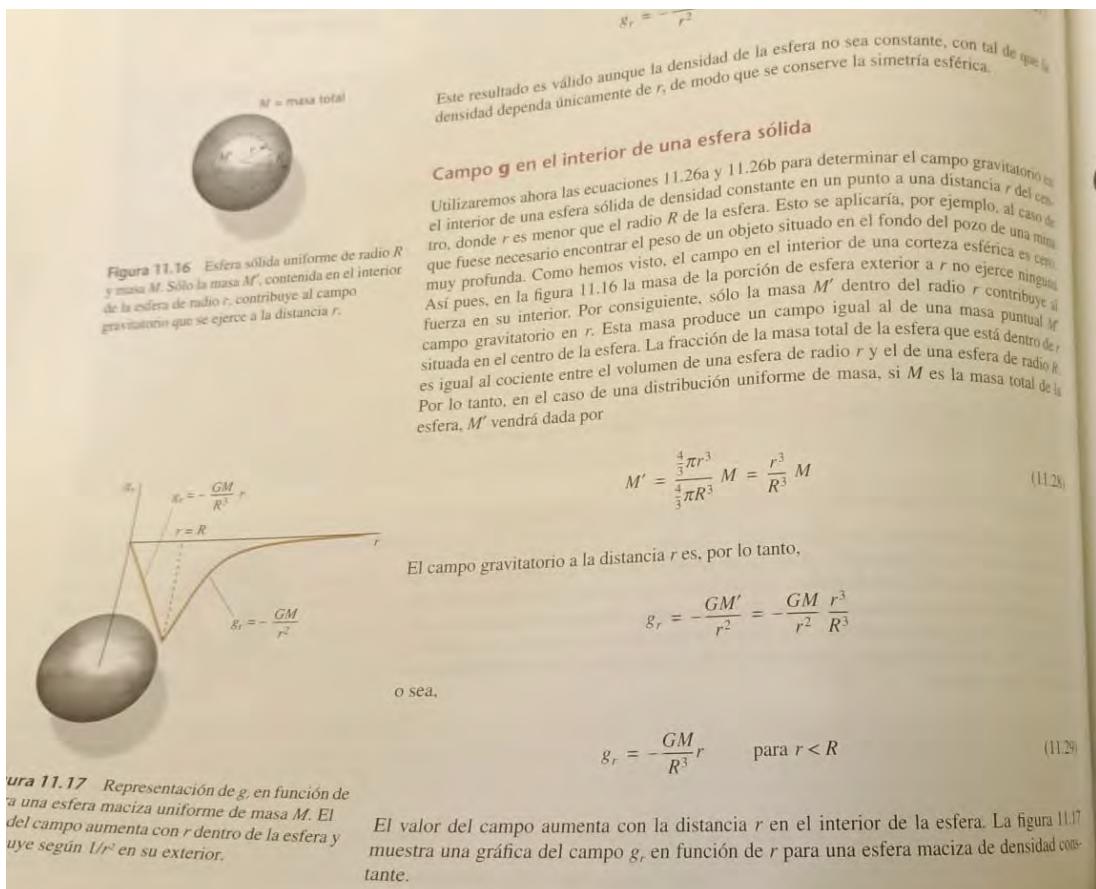
Año edición: 2005

Páginas referenciadas: 326, 327, 328

AUTOR/A DE LA PREGUNTA:

La pregunta emplea la expresión del campo gravitatorio de una esfera sólida en su superficie. Ecuación 11.29 de la bibliografía.

$$g = \frac{GM}{R^2} = \frac{G\rho 4\pi R}{3} \rightarrow \frac{g}{g_T} = \frac{R}{R_T}$$





FORMULARIO PREGUNTAS DE EXAMEN DEL AÑO 2025-26

N.º de pregunta en el examen:

10

Respuesta correcta:

2

Enunciado de la pregunta:

Dado un sistema con una coordenada generalizada q , cuyo lagrangiano es:

$L(q, \dot{q}, t) = \frac{1}{2} \alpha \dot{q}^2 + \beta \dot{q} - V(q, t)$. ¿Cuál es el momento generalizado p asociado a la coordenada generalizada q ?:

Respuesta 1 $m\ddot{q}$.

Respuesta 2 $\alpha\dot{q} + \beta$.

Respuesta 3 $\alpha\dot{q} + \beta - \frac{\partial V(q, t)}{\partial t}$.

Respuesta 4 $\alpha q\ddot{q} + \beta \ddot{q} - \frac{dV(q, t)}{dt}$.

Bibliografía 1:

Título: Mecánica clásica

Autor/a: John R. Taylor

Editorial: Reverté

Tomo: -

Año edición: Versión española 2013.

Páginas referenciadas: 294



Bibliografía 2:

Título:
Autor/a:
Editorial
Tomo:
Año edición:
Páginas referenciadas:

AUTOR/A DE LA PREGUNTA:



Bibliografía 1

Adjunto la página 294 de la primera referencia bibliográfica.

294

CAPÍTULO 7 Ecuaciones de Lagrange

7.6 Momentos generalizados y coordenadas ignorables

Como ya he mencionado, para cualquier sistema con n coordenadas generalizadas q_i ($i = 1, \dots, n$), nos referimos a las n cantidades $\partial \mathcal{L} / \partial q_i = F_i$ como *fuerzas generalizadas* y a $\partial \mathcal{L} / \partial \dot{q}_i = p_i$ como *momentos generalizados*. Con esta terminología, la ecuación de Lagrange,

$$\frac{\partial \mathcal{L}}{\partial q_i} = \frac{d}{dt} \frac{\partial \mathcal{L}}{\partial \dot{q}_i}, \quad (7.81)$$

puede escribirse como

$$F_i = \frac{d}{dt} p_i. \quad (7.82)$$



Comentarios

Por definición, como se muestra en la referencia bibliográfica, el momento generalizado se define como:

$$p = \frac{\partial L(q, \dot{q}, t)}{\partial \dot{q}}$$

En nuestro caso, con $L(q, \dot{q}, t) = \frac{1}{2} \alpha \dot{q}^2 + \beta \dot{q} - V(q, t)$ tenemos:

$$p = \alpha \dot{q} + \beta$$

La **Respuesta 2** es la correcta.



FORMULARIO PREGUNTAS DE EXAMEN DEL AÑO 2025-26

N.º de pregunta en el examen:

11

Respuesta correcta:

1

Enunciado de la pregunta:

En Mecánica Clásica, las ecuaciones de Lagrange se expresan como $\frac{d}{dt} \left(\frac{\partial L}{\partial q_j} \right) - \frac{\partial L}{\partial q_j} = 0$, siendo q_j las coordenadas y L la función lagrangiana. ¿Cómo se obtiene la lagrangiana?:

Respuesta 1 $L=T-V$, con T la energía cinética y V la energía potencial.

Respuesta 2 $L=r \times mv$, con r la posición, m la masa y v la velocidad.

Respuesta 3 $L = \int_a^b \sqrt{1 + \left(\frac{dy}{dx} \right)^2} dx$, con a y b los extremos de la trayectoria.

Respuesta 4 $L = \frac{V}{dI/dt}$, con V el potencial e I la intensidad.

Bibliografía 1:

Título: Mecánica Clásica

Autor: H. Goldstein

Editorial: Reverté, S. A.

Tomo: 1

Año edición: 1994

Páginas referenciadas: 25



FORMULARIO PREGUNTAS DE EXAMEN DEL AÑO 2025-26

N.º de pregunta en el examen:

12

Respuesta correcta:

2

Enunciado de la pregunta:

Considerar un sólido rígido con sus tres momentos principales de inercia tales que $I_1 > I_2 > I_3$. ¿Sobre qué eje principal la rotación es inestable frente a perturbaciones?:

Respuesta 1	Eje 1.
Respuesta 2	Eje 2.
Respuesta 3	Eje 3.
Respuesta 4	Todos son estables.

Bibliografía 1:

Título: Classical Mechanics
Autor/a: John R. Taylor
Editorial: University Science Books
Tomo: 1
Año edición: 2005
Páginas referenciadas: 396-398

**Bibliografía 2:**

Título: Mecánica Clásica
Autor/a: H. Goldstein
Editorial: Reverté
Tomo: 1
Año edición: 1994
Páginas referenciadas: 260-267

AUTOR/A DE LA PREGUNTA:**RESOLUCIÓN DEL EJERCICIO**

La dirección que es **inestable** frente a perturbaciones *siempre* es la de momento principal de inercia **intermedio** y eso es lo que se demuestra a continuación.

Este fenómeno tiene distintos nombres. Se conoce como teorema de los tres ejes, del eje intermedio o efecto Dzhanibekov, por el astronauta soviético que lo demostró en el espacio. Informalmente, también se denomina teorema de la raqueta, ya que este tipo de sólido tiene los tres momentos de inercia distintos y se puede usar como demostración (a diferencia, por ejemplo, de la peonza, que tiene dos iguales, o de una esfera que son los tres idénticos).

La justificación para el caso más general se proporciona en el libro de Taylor (1^a ref.), y es la que se sigue para justificar la pregunta, mientras que en el libro de Goldstein (2^a ref.) se basa en la construcción de Poinsot, que describe geométricamente el sólido rígido y es mucho más abstracta la justificación. En este libro, también se desarrolla el método perturbativo para una peonza, pero no para el caso más general, de un sólido con tres momentos de inercia distintos.

Técnicamente, este efecto se puede demostrar con la calculadora del examen, pero sin ningún cálculo, tan sólo lanzándola calculadora del examen al aire. La idea es que la calculadora, si se aproxima a un paralelepípedo de lados a, b, c con $a > b > c$ y teniendo en cuenta que el momento de inercia de un eje, I_i , viene dado por el tamaño de los lados de las dimensiones perpendiculares al eje, L_j, L_k .

$$I_i = \frac{1}{12} M(L_j^2 + L_k^2)$$

Entonces, como las dimensiones son distintas, los momentos de inercia también y cumple con la



condición del enunciado: $I_1 \neq I_2 \neq I_3$.

Así, el eje con momento de inercia intermedio es aquel que cruza lateralmente la calculadora, puesto que es el que tiene, perpendicularmente, las dimensiones intermedias, y por tanto el momento de inercia intermedio:



Por ello, lanzando la calculadora desde la base se hace rotar en este eje con cierta perturbación. Asimismo, haciendo rotar la calculadora por los otros dos ejes, el movimiento es más estable.

Partiendo de la 2^a ley de Newton y estudiando la perturbación sobre el eje principal

El vector de velocidad angular $\vec{\omega}$ está dirigido sobre el eje de rotación. La relación entre el momento angular \vec{L} en un eje que gira en torno al sólido y la velocidad angular $\vec{\omega}$ viene dada por el momento de inercia I .

$$\vec{L} = I\vec{\omega}$$

En el caso más general, I es un tensor ya que \vec{L} y $\vec{\omega}$ no necesariamente tienen la misma dirección, a excepción de los ejes principales, que son aquellos para los que I es una matriz diagonal y por tanto sí que están dirigidos sobre el mismo eje, que es el principal de rotación.

La 2^a ley de Newton aplicada a la rotación relaciona el momento de fuerzas (torque, $\vec{\tau}$) aplicado a un cuerpo y el cambio en el momento angular, $d\vec{L}/dt$, cuando $\vec{\tau}$ se aplica a un punto fijo del sólido:

$$\vec{\tau} = \left(\frac{d\vec{L}}{dt} \right)_e = \left(\frac{d\vec{L}}{dt} \right)_c + \vec{\omega} \times \vec{L}$$

El subíndice e representa la derivada respecto a un sistema de referencia externo al cuerpo, mientras que el subíndice c se refiere a un sistema de referencia fijo en el cuerpo, sobre el que se cumple la relación entre el momento angular \vec{L} respecto al centro de masas o a un eje fijo en el cuerpo es el que se relaciona con el momento de inercia y la velocidad angular, $\vec{L} = I\vec{\omega}$. En



este caso, se obtiene:

$$\vec{\tau} = I \frac{d\vec{\omega}}{dt} + \vec{\omega} \times (I\vec{\omega})$$

El segundo término $\vec{\omega} \times (I\vec{\omega})$ no se anula en general porque I es una matriz, excepto si todos los momentos de inercia son idénticos.

Las ecuaciones de Euler en los ejes principales de inercia con un punto fijo son las componentes de esta ecuación:

$$I_i \dot{\omega}_i + \epsilon_{ijk} \omega_j \omega_k I_k = \tau_i$$

Lo que se traduce en las siguientes ecuaciones:

$$I_1 \dot{\omega}_1 - \omega_2 \omega_3 (I_2 - I_3) = \tau_1$$

$$I_2 \dot{\omega}_2 - \omega_1 \omega_3 (I_3 - I_1) = \tau_2$$

$$I_3 \dot{\omega}_3 - \omega_1 \omega_2 (I_1 - I_2) = \tau_3$$

En ausencia de momentos externos (rotación libre), $\vec{\tau} = \vec{0}$ se tiene:

$$I_1 \dot{\omega}_1 = \omega_2 \omega_3 (I_2 - I_3)$$

$$I_2 \dot{\omega}_2 = \omega_1 \omega_3 (I_3 - I_1)$$

$$I_3 \dot{\omega}_3 = \omega_1 \omega_2 (I_1 - I_2)$$

En el caso de un sólido rígido sometido a un sistema de fuerzas y momento resultantes sean nulos, el centro de masas estará en reposo o movimiento rectilíneo uniforme, por lo que se puede estudiar el problema sin pérdida de generalidad tomando un sistema de referencia en el que el centro de masas esté en reposo.

Suponemos que el sólido está rotando en torno al eje 2 con velocidad constante $\omega_2 = \Omega$ y $\omega_1 = \omega_3 = 0$. Introducimos una pequeña perturbación en los ejes 1 y 3, de forma que $\omega_1(t), \omega_3(t) \ll \Omega$. Dado que se sigue cumpliendo $\dot{\omega}_2 = 0$, las ecuaciones de Euler restantes son:

$$I_1 \dot{\omega}_1 = \Omega (I_2 - I_3) \omega_3$$

$$I_3 \dot{\omega}_3 = \Omega (I_1 - I_2) \omega_1$$

Tomamos la derivada de la primera expresión y sustituimos la segunda en ella:

$$I_1 \ddot{\omega}_1 = \Omega (I_2 - I_3) \dot{\omega}_3 = \frac{\Omega^2}{I_3} (I_1 - I_2) (I_2 - I_3) \omega_1$$

Agrupando términos:



$$\ddot{\omega}_1 = \frac{\Omega^2}{I_1 I_3} (I_1 - I_2)(I_2 - I_3) \omega_1$$

Análogamente se obtiene para ω_3 la misma expresión:

$$\ddot{\omega}_3 = \frac{\Omega^2}{I_1 I_3} (I_1 - I_2)(I_2 - I_3) \omega_3$$

Por simplicidad, se define:

$$m \equiv \frac{\Omega^2}{I_1 I_3} (I_1 - I_2)(I_2 - I_3)$$

Al tratarse de una ecuación diferencial del tipo $\ddot{y} = m \cdot y$ con el mismo coeficiente tanto para $\omega_1(t)$ como $\omega_3(t)$ podemos tomar como solución para pequeños desplazamientos un movimiento de tipo: $\omega_n(t) = A_n \operatorname{Re}\{e^{i\lambda t}\}$. A la hora de sustituir en la ecuación diferencial para obtener λ obviamos el hecho de tomar la parte real, e introducimos la exponencial tal cual.

$$\begin{aligned} -\lambda^2 \cdot A_n e^{i\lambda t} &= m \cdot A_n e^{i\lambda t} \rightarrow -\lambda^2 \omega_n(t) = m \cdot \omega_n(t) \\ -\lambda^2 &= m \rightarrow \lambda = \pm \sqrt{-m} \end{aligned}$$

- Si $m < 0$ entonces λ es real y la solución es armónica y por ello estable.
- Si $m > 0$ tenemos $\lambda = \pm i\sqrt{|m|}$ y la solución es de tipo exponencial, lo que indica que la perturbación se incrementa con el tiempo y no es estable.

El signo de m depende del producto $(I_1 - I_2)(I_2 - I_3)$, por lo que se deben evaluar los posibles ordenamientos de los momentos de inercia de los distintos ejes principales en relación al eje 2, que es sobre el que se asume que tiene lugar el movimiento del sólido. El orden de los momentos de inercia de los ejes 1 y 3 es indistinto.

- Momento de inercia **intermedio**: $I_1 > I_2 > I_3$: $m > 0$.
- Momento de inercia **mínimo**: $I_1 > I_3 > I_2$: $m < 0$.
- Momento de inercia **máximo**: $I_2 > I_1 > I_3$: $m < 0$.

Sólo cuando el momento de inercia es **intermedio**, la perturbación es **inestable**. Por tanto la opción 2 es la CORRECTA.

Partiendo de la construcción de Poinsot

La construcción de Poinsot permite describir geométricamente el movimiento del sólido rígido en ausencia de fuerzas y momentos externos.

Para ello, se considera un sistema de coordenadas orientado según los ejes principales del sólido cuyos ejes midan las componentes de un vector $\vec{\rho}$ dirigido según el eje de rotación y definido



como:

$$\vec{\rho} = \frac{\vec{n}}{\sqrt{I}} = \frac{\vec{\omega}}{\omega\sqrt{I}} = \frac{\vec{\omega}}{\sqrt{2T}}$$

El vector \vec{n} es el vector unitario director del eje principal (puesto que se asume que el sólido gira alrededor de un eje principal, $\vec{n} = \vec{\omega}/\omega$). El módulo de $\vec{\rho}$ está relacionado con el momento de inercia respecto al eje cuya dirección está definida por \vec{n} . La energía cinética es constante y se define como: $T = \frac{1}{2}I\omega^2$.

Se define la función $F(\rho)$:

$$F(\rho) = \vec{\rho} \cdot I \cdot \vec{\rho} = \frac{1}{2}\rho_i^2 I_i$$

De esta forma las superficies de F constante son elipsoides, siendo $F = 1$ el elipsoide de inercia. Como la dirección del eje de rotación varía con el tiempo, también cambia el vector $\vec{\rho}$, con la misma dirección. Su extremo define siempre un punto del elipsoide de inercia. El gradiente de la función F , calculado en ese punto, permite obtener la dirección de la normal al elipsoide.

$$\nabla_{\rho} F = 2I \cdot \vec{\rho} = \frac{2I \cdot \vec{\omega}}{\sqrt{2T}} = \sqrt{\frac{2}{T}} \vec{L}$$

El vector $\vec{\omega}$ se mueve siempre de manera que la correspondiente normal al elipsoide de inercia tiene la dirección del momento angular. En el caso particular de ausencia de fuerzas y momentos, la dirección de \vec{L} está fija en el espacio y será el elipsoide de inercia (fijo respecto al cuerpo) el que se mueva para conservar la relación entre \vec{L} y $\vec{\omega}$.

Se puede demostrar que la distancia entre el origen del elipsoide y el plano tangente a él en el punto $\vec{\rho}$ debe ser constante en el tiempo. Dicha distancia equivale a la proyección de $\vec{\rho}$ sobre \vec{L} :

$$\frac{\vec{\rho} \cdot \vec{L}}{L} = \frac{\vec{\omega} \cdot \vec{L}}{L\sqrt{2T}} = \frac{\sqrt{2T}}{L}$$

Se ha empleado la relación entre el momento angular del cuerpo respecto al origen y la energía cinética:

$$T = \frac{1}{2}\vec{\omega} \cdot \vec{L} = \frac{1}{2}\vec{\omega} \cdot I \cdot \vec{\omega} = \frac{1}{2}I\omega^2$$

Tanto la energía cinética T como el momento angular L son constantes de movimiento, por tanto, el plano tangente se hallará siempre a una distancia fija del origen del elipsoide. Como la normal al plano, que tiene la dirección de \vec{L} , también es fija, el plano tangente se conoce como *plano invariable*.



Estas ecuaciones describen el movimiento de un sólido rígido que tenga fijo un punto y al cual no se haya aplicado un momento resultante. La energía cinética y el momento angular deben ser constantes en el tiempo.

La rotación estacionaria sólo es posible en torno a uno de los ejes principales. Las componentes de $\vec{\omega}$ sólo pueden ser constantes si $\dot{\vec{\omega}} = 0$. Según las ecuaciones de Euler:

$$\omega_1 \omega_2 (I_1 - I_2) = \omega_2 \omega_3 (I_2 - I_3) = \omega_1 \omega_3 (I_3 - I_1) = 0$$

Esto requiere que sean nulas dos de las componentes de $\vec{\omega}$, es decir, que esté dirigido según uno de los ejes principales. Sin embargo, no todos los movimientos posibles son estables, es decir, que no se alejen mucho de eje principal ante perturbaciones pequeñas.

BIBLIOGRAFÍA

1. Classical Mechanics. Taylor.

396 Chapter 10 Rotational Motion of Rigid Bodies

Now, if Γ is the torque acting on the body, we know that *as seen in the space frame*

$$\left(\frac{d\mathbf{L}}{dt} \right)_{\text{space}} = \boldsymbol{\Gamma}. \quad (10.85)$$

We saw in Chapter 9 that the rates of change of any vector as seen in the two frames are related by (9.30)

$$\begin{aligned} \left(\frac{d\mathbf{L}}{dt} \right)_{\text{space}} &= \left(\frac{d\mathbf{L}}{dt} \right)_{\text{body}} + \boldsymbol{\omega} \times \mathbf{L} \\ &= \dot{\mathbf{L}} + \boldsymbol{\omega} \times \mathbf{L} \end{aligned} \quad (10.86)$$

where in the second line I have reintroduced the convention that a dot represents a time derivative evaluated in the rotating body frame (whose angular velocity is $\boldsymbol{\omega}$, the angular velocity of the body itself). Substituting (10.86) into (10.85), we arrive at the equation of motion for the rotating body frame:

$$\dot{\mathbf{L}} + \boldsymbol{\omega} \times \mathbf{L} = \boldsymbol{\Gamma}. \quad (10.87)$$

This equation is called **Euler's equation**. Using (10.84), we can resolve Euler's equation into its three components:



FORMULARIO PREGUNTAS DE EXAMEN DEL AÑO 2025-26

N.º de pregunta en el examen:

13

Respuesta correcta:

4

Enunciado de la pregunta:

¿Cuántas veces superior es la velocidad terminal de un humano en relación a la de una hormiga?

Datos:

Densidad del aire: 1,225 kg/m³

Masa de un humano: 70 kg

Masa de una hormiga: 5 mg

Área proyectada de un humano: $1,75 \times 0,5 = 0,8 \text{ m}^2$

Área proyectada de una hormiga: $5 \times 10^{-5} \text{ m}^2$

Coeficiente de resistencia de un humano: 0,85

Coeficiente de resistencia de una hormiga: 0,47

Respuesta 1	1
Respuesta 2	3
Respuesta 3	10
Respuesta 4	22

Bibliografía 1:

Título: Tipler Mosca Volumen 1 Mecánica. Oscilaciones y ondas. Termodinámica.

Autor/a: Paul A. Tipler

Editorial: Reverté

Tomo:

Año edición: 2006

Páginas referenciadas: 124 y 125

Comentarios:



$$\text{Humano: } \sqrt{\frac{2mg}{\rho A C_D}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 70 \cdot 9,81}{1,225 \cdot 0,8 \cdot 0,85}} = 40,6 \frac{m}{s} = 146,16 \text{ km/h}$$

$$\text{Hormiga: } \sqrt{\frac{2mg}{\rho A C_D}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 0,000005 \cdot 9,81}{1,225 \cdot 0,00005 \cdot 0,47}} = 1,84 \frac{m}{s} = 6,62 \text{ km/h}$$

Por lo que la velocidad del humano es 22,08 veces superior a la de la hormiga.

AUTOR/A DE LA PREGUNTA:



FORMULARIO PREGUNTAS DE EXAMEN DEL AÑO 2025-26

N.º de pregunta en el examen:

14

Respuesta correcta:

3

Enunciado de la pregunta:

Sea un anillo delgado de masa uniforme M y radio R , ubicado en el plano OXY. ¿Cuál es el momento de inercia del anillo con respecto a un eje paralelo al eje Z, que pasa por un punto situado a una distancia $\frac{R}{3}$ del centro del anillo?:

Respuesta 1 $\frac{2}{3}MR^2$.

Respuesta 2 $\frac{8}{9}MR^2$.

Respuesta 3 $\frac{10}{9}MR^2$.

Respuesta 4 $\frac{4}{3}MR^2$.

Bibliografía 1:

Título: Física para la ciencia y tecnología

Autor/a: Paul Allen Tipler y Gene Mosca

Editorial Reverté

Tomo: 1

Año edición: 5ª edición. 2003

Páginas referenciadas: 253; 255



Bibliografía 2:

Título: Física universitaria
Autor/a: Hugh D. Young y Roger A. Freedman
Editorial: Pearson
Tomo: 1
Año edición: 12 ^a edición. 2009
Páginas referenciadas: 301; 302; 303

AUTOR/A DE LA PREGUNTA:

En la misma página se calcula el momento de inercia de un anillo respecto al eje perpendicular que cruza el centro de masa.

***Anillos respecto a un eje perpendicular que pasa por su centro** Consideremos un anillo de masa M y radio R (figura 9.6). El eje de rotación es el eje del anillo, perpendicular al plano del mismo. Toda la masa se encuentra a una distancia $r = R$ y el momento de inercia es

$$I = \int r^2 dm = \int R^2 dm = R^2 \int dm = MR^2$$

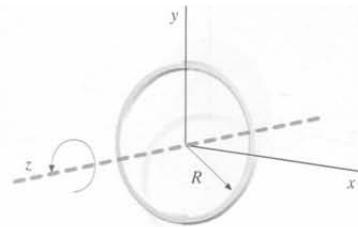


Figura 9.6

***Disco uniforme respecto a un eje perpendicular que pasa por su centro** En el caso de un disco uniforme de masa M y radio R es lógico que I deba ser menor que MR^2 , ya que la masa está distribuida uniformemente de $r = 0$ a $r = R$, mientras que en el anillo

En la página 255 viene el “Teorema de los ejes paralelos”:

Teorema de los ejes paralelos

Con frecuencia es posible simplificar el cálculo de los momentos de inercia de diversos cuerpos utilizando el llamado **teorema de los ejes paralelos**, que relaciona el momento de inercia respecto a un eje que pasa por el centro de masas de un objeto, con el momento de inercia respecto a otro eje paralelo al primero (figura 9.9). Sea I_{cm} el momento de inercia respecto al eje que pasa por el centro de masas de un objeto de masa total M , e I el correspondiente a un eje paralelo situado a la distancia h del primero. El teorema de los ejes paralelos establece que

$$I = I_{cm} + Mh^2 \quad (9.13)$$



Comentarios:

Para resolver el enunciado se tiene que utilizar el *Teorema de los ejes paralelos*. Esto es:

$$I = I_{cm} + Mh^2$$

En el caso del problema del enunciado el $I_{cm} = MR^2$, ya que es un anillo y $h = \frac{R}{3}$, con esto tenemos:

$$I = MR^2 + M \left(\frac{R}{3}\right)^2 = \frac{10}{9} MR^2$$

La **Respuesta 3** es la correcta.



FORMULARIO PREGUNTAS DE EXAMEN DEL AÑO 2025-26

N.^º de pregunta en el examen:

15

Respuesta correcta:

3

Enunciado de la pregunta:

En una curva con peralte de radio R y ángulo θ con coeficiente de rozamiento estático entre neumático y pavimento, μ , la velocidad máxima a la que el vehículo puede circular sin derrapar, v_{max} , es:

Respuesta 1

$$\sqrt{\frac{g \cdot R \cdot (\tan \theta + \mu)}{1 + \mu \cdot \tan \theta}}$$

Respuesta 2

$$\sqrt{\frac{g \cdot R \cdot (\tan \theta - \mu)}{1 - \mu \cdot \tan \theta}}$$

Respuesta 3

$$\sqrt{\frac{g \cdot R \cdot (\tan \theta + \mu)}{1 - \mu \cdot \tan \theta}}$$

Respuesta 4

$$\sqrt{\frac{g \cdot R \cdot (\tan \theta - \mu)}{1 + \mu \cdot \tan \theta}}$$

Bibliografía 1:

Título: Física Universitaria. Sears – Zemansky. 12^a ed. Volumen 1

Autor/a: H. D. Young, R. A. Freedman

Editorial: Addison-Wesley.

Tomo: 1

Año edición: 2009

Páginas referenciadas: 158-162

**Bibliografía 2:**

Título: Física para la ciencia y la tecnología. 6 ^a ed. Volumen 1
Autor/a: P. A. Tipler, G. Mosca
Editorial: Reverté
Tomo: 1
Año edición: 2010
Páginas referenciadas: 144-145

AUTOR/A DE LA PREGUNTA:**RESOLUCIÓN DEL EJERCICIO**

A continuación, se indica la resolución formal del ejercicio. No obstante, se puede resolver rápidamente con tan sólo razonar las expresiones de las soluciones.

Tomando $\theta = 0$ deberíamos recuperar la expresión de la velocidad máxima de derrape en llano. Como $\tan 0 = 0$, las opciones 2 y 4 se pueden descartar porque el resultado es un número imaginario, por tanto sólo falta discernir entre las opciones 1 y 3.

Precisamente la función del peralte es que los coches puedan coger curvas a mayor velocidad sin derrapar, ello significa que $v_{max}(\theta = 0) < v_{max}(\theta) < v_{max}(\theta \rightarrow \pi/2)$. Aun desconociendo esto, también se puede razonar la solución

Los posibles valores del ángulo de peralte $\theta \in [0, \pi/2]$, para los cuales $\tan \theta \in [0, \infty]$. En la expresión de la opción 1, la velocidad máxima disminuye con el ángulo, por lo que no tiene sentido con el razonamiento indicado de la función del peralte y, llegados a este punto, por descarte es la opción 3. No obstante, podemos seguir con el argumento evaluando la opción 3.

Por el contrario, en la opción 3 el denominador se hace nulo cuando $\tan \theta = 1/\mu$ y negativo en adelante, lo que indica que la velocidad máxima necesaria aumenta infinitamente para dicho ángulo y no existe (es imaginaria) para ángulos superiores. Esto sí que tiene sentido, porque si el rozamiento es muy fuerte y la pendiente muy pronunciada, el coche no puede salirse de la curva porque se ve retenido, siendo la opción 3 la correcta.

Resolución formal del ejercicio

El problema de la suma de fuerzas sobre un coche en movimiento en una curva peraltada es



típico y existen dos posibles variantes: determinar la velocidad máxima para que no derrape y la mínima para que no caiga.

El planteamiento del problema es el mismo, la única diferencia se encuentra en la dirección de la fuerza de rozamiento, ya que cuando el coche derrapa, éste se dirige hacia fuera de la curva y el rozamiento, al tener sentido contrario al movimiento, se dirige hacia el interior. Por el contrario, cuando el coche va a una velocidad lo suficientemente baja, cae hacia dentro de la curva, por lo que el rozamiento se dirige hacia fuera.

La única dificultad de este problema está en plantear correctamente el diagrama de fuerzas.

La velocidad se puede obtener a partir de la 2^a ley de Newton: $\sum \vec{F} = m\vec{a}$. El sistema de referencia lo establecemos fuera de la curva.

- El peso debido a la gravedad es: $\vec{P} = m \cdot \vec{g} = -m \cdot g \vec{j}$
- La reacción normal, \vec{N} , es perpendicular al plano de la curva y se puede descomponer en dos componentes: $\vec{N} = N_x \vec{i} + N_y \vec{j} = N \cdot (-\sin \theta \vec{i} + \cos \theta \vec{j})$
- La fuerza de rozamiento, \vec{F}_r es tangente al plano de la curva. Su módulo es proporcional a la normal y al coeficiente de rozamiento: $F_r = \mu \cdot N$.

Como hemos comentado, cuando un coche tiene exceso de velocidad, se desplaza hacia el exterior de la curva, por tanto, el rozamiento, que actúa en sentido contrario, apuntará hacia el interior de la curva. También se podrá descomponer la fuerza en la componente horizontal y vertical, de acuerdo con el ángulo de la curva: $\vec{F}_r = -F_r \cdot (\cos \theta \vec{i} + \sin \theta \vec{j})$.

Dado que el coche se mantiene en la dirección horizontal del plano, no puede haber dirección en el eje **perpendicular** al plano, por tanto la suma de fuerzas es nula:

$$\sum F_y = 0 \rightarrow N \cos \theta - F_r \sin \theta - mg = 0$$

Como $F_r = \mu N$, despejando se obtiene la expresión de N :

$$N = \frac{mg}{\cos \theta - \mu \sin \theta}$$

La fuerza resultante tiene dirección radial hacia el interior de la curva y la aceleración sólo tiene componente centrípeta $a_c = v^2/R$:

$$\sum F_x = ma_c = \frac{mv^2}{R} = N \sin \theta + F_r \cos \theta$$

Sustituyendo de nuevo $F_r = \mu N$ y despejando v^2



$$v^2 = \frac{R}{m} \cdot N \cdot (\sin \theta + \mu \cos \theta)$$

Reemplazando N por la expresión obtenida:

$$v^2 = gR \frac{\sin \theta + \mu \cos \theta}{\cos \theta - \mu \sin \theta}$$

Llegados a este punto ya se podría contestar a la pregunta porque vemos que hay un signo + en el numerador y – en el denominador, lo cual corresponde con la **respuesta 3**.

No obstante, por llegar a la expresión de la respuesta, dividimos numerador y denominador entre $\cos \theta$ y sustituimos por la $\tan \theta$:

$$v = \sqrt{\frac{g \cdot R(\tan \theta + \mu)}{1 - \mu \tan \theta}}$$



FORMULARIO PREGUNTAS DE EXAMEN DEL AÑO 2025-26

N.º de pregunta en el examen:

16

Respuesta correcta:

3

Enunciado de la pregunta:

En un ciclotrón clásico, los protones giran en un campo magnético uniforme B y son acelerados por una diferencia de potencial alterna con frecuencia f. A medida que ganan energía, el radio de su trayectoria aumenta. ¿Qué ocurre con la frecuencia de rotación de los protones durante este proceso, si se ignoran los efectos relativistas?

Respuesta 1 Disminuye, porque el protón tarda más en completar la órbita.

Respuesta 2 Aumenta, porque al ganar energía su velocidad angular también aumenta.

Respuesta 3 Permanece constante, porque el campo magnético y la masa no cambian.

Respuesta 4 Disminuye, porque el radio de su trayectoria aumenta.

Bibliografía 1:

Título: Proton therapy physics

Autor/a: H. Paganetti

Editorial: CRC Press

Tomo:

Año edición: 2025

Páginas referenciadas: 46-47

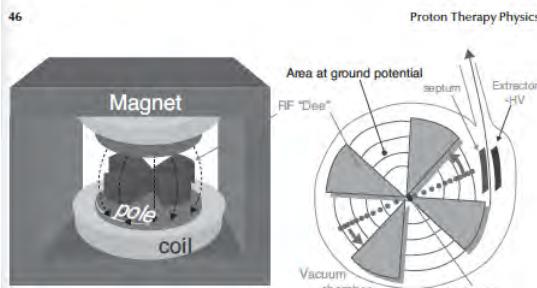


FIGURE 3.2 Schematic view of the major components of a cyclotron: the magnet, the RF system (Dees), ion source, and extraction elements. The protons being accelerated are schematically indicated on their "spikes."

- an RF system, which provides oscillating strong electric fields by which the protons are accelerated,
- a strong magnet of few Tesla, confining the particle trajectories into a spirally shaped orbit, so that they can be accelerated repeatedly by the RF voltage in the order of 30–100kV,
- a proton source in the center of the cyclotron, in which hydrogen gas is ionized and from which the protons are extracted,
- an extraction system that guides the particles that have reached their maximum energy out of the cyclotron's magnetic field into a beam transport system.

Although tilted cyclotron orientations are in use, in this chapter, it is assumed that the particle orbits in the accelerator are in the horizontal plane.

3.3.1 RF SYSTEM OF A CYCLOTRON

The RF system consists of two or four electrodes (due to their shape in the first cyclotrons built, often called "Dee"), which are connected to an RF generator, driving the oscillating voltage with a fixed frequency somewhere in the range of 50–100MHz (so in the RF domain). Each Dee consists of a pair of copper plates on top of each other with a few centimeters in between. The top and bottom plates are connected to each other near the center of the cyclotron and at the outer radius of the cyclotron. The Dees are placed between the magnet poles. The magnet iron and environment of the Dees are at ground potential. When a proton crosses the gap between the Dee and the grounded region, it experiences acceleration toward the grounded region when the Dee voltage is positive. When it approaches the Dee at the negative voltage phase, the proton is accelerated into the gap between the two plates. During its trajectory within the electrode (so between the top and bottom plate) or in the ground-potential region, the proton is in a region free of electric fields from the Dees, and at those moments, the voltages on the electrodes change sign, without affecting the proton in the field-free region. The magnetic field forces the particle trajectory along a circular orbit so that it crosses a gap between Dee and ground several times during one circumference. In the example shown in Figure 3.2, there are four Dees, so that a proton is accelerated eight times during one turn. When the electrode voltage is, for example, 60kV at the moment of gap crossing, the proton gains $\Delta E=0.48$ MeV per turn. Due to the energy gain, the radius of the proton orbit

increases so that it spirals outward. The maximum energy E_{\max} (typically, 230 or 250 MeV) is reached at the outer radius of the cyclotron's magnetic field after approximately $E_{\max}/\Delta E$ turns (530 in the example).

The RF system is the most challenging subsystem in a cyclotron since many contradicting requirements need to be dealt with. Important operational parameters are the RF voltage and frequency. A minimum value of the RF voltage is needed to make the first turn. This starts at the ion source in the center and, in the first turn, apertures are passed, and the protons have to go around the ion source to pass connections between the top and bottom halves of the Dees, see the section dealing with the ion source (Section 3.3.6, Figure 3.12). A high Dee voltage is advantageous. This yields a large ΔE , which enhances turn separation so that the beam passes all areas more quickly. This makes the beam less sensitive to small local errors in the magnetic field, and in addition to this, it is a prerequisite to obtain high extraction efficiency. The combination of a high voltage and a high frequency needs a high power. This and the increasing risk of discharges at high field strengths limit the maximum Dee voltage.

Further, the period ($1/\text{frequency}$) of the RF voltage at each Dee must be synchronous to the azimuthal location of the protons at all radii. The time T a proton (with electric charge q and mass m) needs to make one turn with radius r , depends on its velocity v and the strength of the magnetic field B . For a circular orbit, the Lorentz force Bqv acts as the centripetal force:

$$\frac{mv^2}{r} = Bqv \quad (3.1)$$

The proton velocity can be written as $v = 2\pi r/T$, where T is the time it takes a proton to make one turn along the azimuthal direction. With equation (3.1), this time yields

$$T = \frac{2\pi m}{qB} \quad (3.2)$$

Note that this time T does not depend on the radius or the velocity of the particle. This means, that all properly accelerated particles are at the same azimuthal angle in the cyclotron. Other particles will be lost since they do not cross the acceleration gaps at the right moment, as determined by the RF frequency, which is equal to an integer $\times 1/T$. As indicated in Figure 3.2, they are all within a cloud resembling a rotating spike of a wheel. Due to the energy-independent matching of the orbit frequency $1/T$ with the RF frequency, this "normal" type of cyclotron is also called isochronous cyclotron.

Although pulsed at the RF frequency of the accelerating voltage, this frequency is so high that the beam intensity extracted from the cyclotron can be considered continuous (CW) for almost all processes in the dose application in particle therapy. The ratio between the RF frequency and the orbit frequency of the protons must be an integer number, the harmonic number h . In case of one electrode covering 180° of the pole, one typically uses $h=1$ and in case of two or four electrodes of 45° (as used in Figure 3.2), $h=2$ can be used. In Figure 3.3, two typical RF electrode configurations (with 2 and 4 Dees, respectively) are shown.

The magnet pole consists of hills and valleys, and the Dees can be mounted in (some of) the valleys so that the gap between the upper and lower hills can be minimized. A small gap needs less electric current in the magnet coils and also has a large effect on the exact shape of the magnetic field. The Dee is mounted on a copper pillar (stem), and the valley wall is covered with a grounded copper sheet (liner). At the bottom of the valley, a short plate connects the stem with the liner. The combination of Dee, stem, and liner acts as a resonant cavity. This means that an RF current can flow back and forth along the stem, with a frequency determined by the resonance frequency of this cavity. The Dee will get a negative potential when the electrons flow to the edge of the Dee, and when the electrons flow to the grounded liner, the Dee will get a positive potential. A quality factor

Bibliografía 2:

Título: Khan's the Physics of radiation therapy

Autor/a: Faiz Khan, John Gibbons

Editorial: Lippincott Williams And Wilkins

Tomo:

Año edición: 2017

Páginas referenciadas: 49-50



FORMULARIO PREGUNTAS DE EXAMEN DEL AÑO 2025-26

N.º de pregunta en el examen:

17

Respuesta correcta:

3

Enunciado de la pregunta:

Dos partículas, 1 y 2, se mueven sobre la misma recta. La partícula 1 tiene masa $m_1 = 1 \text{ kg}$ y velocidad constante $v_1 = 5 \text{ m/s}$. La partícula 2 tiene masa $m_2 = 1 \text{ kg}$ y velocidad constante $v_2 = 1 \text{ m/s}$. Las dos partículas sufren un choque completamente inelástico. La velocidad después de la colisión es:

Respuesta 1	1 m/s.
Respuesta 2	2 m/s.
Respuesta 3	3 m/s.
Respuesta 4	4 m/s.

Bibliografía 1:

Título: Física
Autor/a: Halliday / Resnick / Krane
Editorial: Compañía Editorial Continental, S.A. de C.V. México
Tomo: 2
Año edición: 1999
Páginas referenciadas: 296



Bibliografía 2:

Título:
Autor/a:
Editorial:
Tomo:
Año edición:
Páginas referenciadas:

AUTOR/A DE LA PREGUNTA:

•



Comentario

En un choque completamente inelástico las dos partículas se mueven juntas después de la colisión. La cantidad de movimiento se conserva durante la colisión. La cantidad de movimiento total antes de la colisión es

$$p_{ini} = m_1 v_1 + m_2 v_2$$

Después de la colisión la cantidad de movimiento es

$$p_{fin} = (m_1 + m_2)v_{final}$$

Igualando tenemos

$$v_{final} = \frac{m_1 v_1 + m_2 v_2}{m_1 + m_2} = 3 \text{ m/s}$$



FORMULARIO PREGUNTAS DE EXAMEN DEL AÑO 2025-26

N.º de pregunta en el examen:

18

Respuesta correcta:

3

Enunciado de la pregunta:

¿Cuál es el momento de inercia de una esfera hueca de pared delgada?

Respuesta 1	$\frac{2}{5}MR^2$
Respuesta 2	$\frac{1}{2}MR^2$
Respuesta 3	$\frac{2}{3}MR^2$
Respuesta 4	MR^2

Bibliografía 1:

Título: Tipler Mosca Volumen 1 Mecánica. Oscilaciones y ondas. Termodinámica.
Autor/a: Paul A. Tipler
Editorial: Reverté
Tomo:
Año edición: 2006
Páginas referenciadas: 254.

Comentarios:



FORMULARIO PREGUNTAS DE EXAMEN DEL AÑO 2025-26

N.º de pregunta en el examen:

19

Respuesta correcta:

2

Enunciado de la pregunta:

Un cuerpo pequeño gira en una centrifugadora de radio 10 cm, sujeto a una pared vertical por la fuerza de rozamiento. Si el coeficiente de rozamiento estático es de 0.1, podemos deducir que la centrifugadora girará al menos a aproximadamente:

Respuesta 1 3.2 revoluciones por segundo.

Respuesta 2 5.0 revoluciones por segundo.

Respuesta 3 8.8 revoluciones por segundo.

Respuesta 4 31 revoluciones por segundo.

Bibliografía 1:

Título: Física para Ciencias e Ingeniería Vol 1.

Autor/a: R.A. Serway, J.W: Jewett J.R.

Editorial: Cengage Learning Latinoamérica

Tomo: Vol 1

Año edición: 2008

Páginas referenciadas: 140



AUTOR/A DE LA PREGUNTA:

COMENTARIOS:

Se trata de una versión de un problema clásico. El cuerpo se mantiene en equilibrio cuando la fuerza de rozamiento compensa a la gravitatoria $F_R = m g$. A su vez, si llamamos μ al coeficiente de rozamiento la fuerza de rozamiento valdrá en módulo: $F_R = \mu F_N$. La fuerza normal proporciona la aceleración centrípeta necesaria para mantener al cuerpo en su trayectoria circular de radio R y velocidad angular ω

$$F_N = m \omega^2 R \quad \text{y por tanto} \quad m g = \mu m \omega^2 R \quad \text{y} \quad \omega = \sqrt{\frac{g}{\mu R}} = 31.3 \text{ rad/s} \quad \text{con los datos del problema}$$

$$\text{Pasando a revoluciones por segundo } \omega = 31.3 \frac{\text{rad}}{\text{s}} \frac{1 \text{ rps}}{6.28 \text{ rad/s}} \approx 5.0 \text{ rps}$$

Se parece mucho al siguiente problema



FORMULARIO PREGUNTAS DE EXAMEN DEL AÑO 2025-26

N.º de pregunta en el examen:

20

Respuesta correcta:

3

Enunciado de la pregunta:

La órbita de los satélites geoestacionarios, que siempre están sobre el mismo punto de la Tierra, es aproximadamente circular y está a una altura de unos 36000 km sobre la superficie de la Tierra, cuyo radio es sobre 6400 km. La órbita de un satélite que se encuentre a unos 1000 km sobre la superficie terrestre tendrá un periodo aproximado de:

Respuesta 1	30 minutos.
Respuesta 2	1 hora.
Respuesta 3	100 minutos.
Respuesta 4	10 horas.

Bibliografía 1:

Título: Física para Ciencias e Ingeniería Vol 1.
Autor/a: R.A. Serway, J.W: Jewett J.R.
Editorial: Cengage Learning Latinoamérica
Tomo: Vol 1
Año edición: 2008
Páginas referenciadas:367



AUTOR/A DE LA PREGUNTA:

- Nombre completo:
- Entidad en la que presta servicios:

COMENTARIOS:

Según las leyes de Kepler el periodo de una órbita y su radio se relacionan por

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{R^3}{GM}} \text{ o de forma general } T^2 = k R^3 .$$

Para la órbita geoestacionaria

$$R_{Geo} \approx (36000 + 6400)km = 42400 km \quad T_{Geo} \approx 24 h \cdot \frac{60 min}{h} = 1440 min$$

Para la órbita del satélite

$$R_{Sat} \approx (1000 + 6400)km = 7400 km$$

$$\frac{T_{Geo}^2}{T_{Sat}^2} = \frac{R_{Geo}^3}{R_{Sat}^3} \approx 188.1 \quad T_{Sat} = \sqrt{\frac{(1440 \text{ min})^2}{188.1}} = 105 \text{ min}$$



FORMULARIO PREGUNTAS DE EXAMEN DEL AÑO 2025-26

N.º de pregunta en el examen:

21

Respuesta correcta:

4

Enunciado de la pregunta:

Se quiere estudiar la fuerza de arrastre por un fluido sobre un objeto. Para ello, se construye un modelo experimental a escala $1:s$ del objeto, usando el mismo fluido, y se establece un flujo similar (mismo número de Reynolds que en el modelo real). Asumiendo que la fuerza de arrastre es de la forma $F = \frac{1}{2} C_d \rho V^2 A$, donde ρ es la densidad del fluido, V la velocidad, A la sección del objeto y C_d un coeficiente adimensional, ¿cuál es la relación entre la fuerza de arrastre del modelo y la real?

Respuesta 1 La real es $s^{3/2}$ veces la del modelo.

Respuesta 2 La del modelo es s veces la real.

Respuesta 3 La real es s veces la del modelo.

Respuesta 4 Las dos son iguales.

Bibliografía 1:

Título: Fluid Mechanics
Autor/a: F.M. White
Editorial: McGraw Hill
Tomo: -
Año edición: 2011
Páginas referenciadas: 339



Bibliografía 2:

Título:
Autor/a:
Editorial
Tomo:
Año edición:
Páginas referenciadas:

AUTOR/A DE LA PREGUNTA:

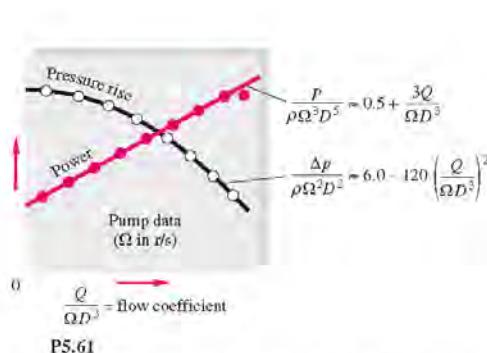
- Nombre completo:
- Entidad en la que presta servicios



COMENTARIOS

Adaptado del problema P5.67 de la referencia bibliográfica (Chapter 5 - Dimensional Analysis and Similarity).

El número de Reynolds es el mismo en ambos casos, $Re = VL/v = V'L'/v$. Como $L' = L/s$, entonces $V' = sV$, y asumiendo $A' = A/s^2$, se deduce que $F' = F$.



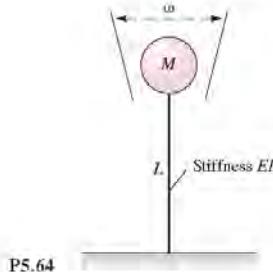
- P5.62 Extend Prob. P5.30 as follows. Let the maximum mass flow \dot{m} again be a function of tank pressure p_0 and temperature T_0 , gas constant R , and nozzle diameter D , but replace c_p by the specific heat ratio, k . For an air tank at 190 kPa and 330 K, with a 2-cm nozzle diameter, experiments show a mass flow of 0.133 kg/s. (a) Can this data be used to correlate an oxygen tank? (b) If so, estimate the oxygen mass flow if the tank conditions are 300 kPa and 450 K, with a nozzle diameter of 3 cm.

- *P5.63 The pressure drop per unit length $\Delta p/L$ in smooth pipe flow is known to be a function only of the average velocity V , diameter D , and fluid properties ρ and μ . The following data were obtained for flow of water at 20°C in an 8-cm-diameter pipe 50 m long:

$Q, \text{m}^3/\text{s}$	0.005	0.01	0.015	0.020
$\Delta p, \text{Pa}$	5800	20,300	42,100	70,800

Verify that these data are slightly outside the range of Fig. 5.10. What is a suitable power-law curve fit for the present data? Use these data to estimate the pressure drop for flow of kerosene at 20°C in a smooth pipe of diameter 5 cm and length 200 m if the flow rate is 50 m^3/h .

- P5.64 The natural frequency ω of vibration of a mass M attached to a rod, as in Fig. P5.64, depends only on M



and the stiffness EI and length L of the rod. Tests with a 2-kg mass attached to a 1040 carbon steel rod of diameter 12 mm and length 40 cm reveal a natural frequency of 0.9 Hz. Use these data to predict the natural frequency of a 1-kg mass attached to a 2024 aluminum alloy rod of the same size.

In turbulent flow near a flat wall, the local velocity u varies only with distance y from the wall, wall shear stress τ_w , and fluid properties ρ and μ . The following data were taken in the University of Rhode Island wind tunnel for airflow, $\rho = 0.0023 \text{ slug}/\text{ft}^3$, $\mu = 3.81 \times 10^{-7} \text{ slug}/(\text{ft} \cdot \text{s})$, and $\tau_w = 0.029 \text{ lbf}/\text{ft}^2$:

y, in	0.021	0.035	0.055	0.080	0.12	0.16
$u, \text{ft/s}$	50.6	54.2	57.6	59.7	63.5	65.9

- (a) Plot these data in the form of dimensionless u versus dimensionless y , and suggest a suitable power-law curve fit. (b) Suppose that the tunnel speed is increased until $u = 90 \text{ ft/s}$ at $y = 0.11 \text{ in}$. Estimate the new wall shear stress, in lbf/ft^2 .

- P5.66 A torpedo 8 m below the surface in 20°C seawater cavitates at a speed of 21 m/s when atmospheric pressure is 101 kPa. If Reynolds number and Froude number effects are negligible, at what speed will it cavitate when running at a depth of 20 m? At what depth should it be to avoid cavitation at 30 m/s?

- P5.67 A student needs to measure the drag on a prototype of characteristic dimension d_p moving at velocity U_p in air at standard atmospheric conditions. He constructs a model of characteristic dimension d_m such that the ratio d_p/d_m is some factor f . He then measures the drag on the model at dynamically similar conditions (also with air at standard atmospheric conditions). The student claims that the drag force on the prototype will be identical to that measured on the model. Is this claim correct? Explain.

- P5.68 For the rotating-cylinder function of Prob. P5.20, if $L \gg D$, the problem can be reduced to only two groups, $F/(\rho U^2 LD)$ versus $(\Omega D/U)$. Here are experimental data for a cylinder 30 cm in diameter and 2 m long, rotating in sea-level air, with $U = 25 \text{ m/s}$.

$\Omega, \text{rev/min}$	0	3000	6000	9000	12000	15000
F, N	0	850	2260	2900	3120	3300

- (a) Reduce this data to the two dimensionless groups and make a plot. (b) Use this plot to predict the lift of a cylinder with $D = 5 \text{ cm}$, $L = 80 \text{ cm}$, rotating at 3800 rev/min in water at $U = 4 \text{ m/s}$.

- P5.69 A simple flow measurement device for streams and channels is a notch, of angle α , cut into the side of a dam, as shown in Fig. P5.69. The volume flow Q depends only on



FORMULARIO PREGUNTAS DE EXAMEN DEL AÑO 2025-26

N.º de pregunta en el examen:

22

Respuesta correcta:

1

Enunciado de la pregunta:

La energía máxima de un δ -electrón, o sea, un electrón de masa m_e arrancado por ionización causada una partícula de masa M_p que atraviesa un medio, se produce al ser dispersado el electrón en la misma dirección que la partícula ionizante. Seleccione la expresión de la máxima energía del δ -electrón en función de la energía cinética T_p de la partícula incidente:

Respuesta 1

$$T_{e,max} = \frac{4m_e M_p}{(m_e + M_p)^2} T_p$$

Respuesta 2

$$T_{e,max} = \frac{m_e}{M_p} T_p$$

Respuesta 3

$$T_{e,max} = \frac{1}{2} T_p$$

Respuesta 4

$$T_{e,max} = T_p$$

Bibliografía 1:

Título: Experimental nuclear physics

Autor/a: K.N. Mukhin

Editorial: Mir Publishers, Moscow

Tomo: 1

Año edición: 1987

Páginas referenciadas: 313-314



Bibliografía 2:

Título: Atoms, Radiation, and Radiation Protection
Autor/a: J.E. Turner
Editorial: Wiley-VCH, Weinheim
Tomo: -
Año edición: 2007
Páginas referenciadas: 111

AUTOR/A DE LA PREGUNTA:



COMENTARIOS

Se descartan las expresiones que no dependen de la masa de las partículas. La expresión que implica que las velocidades de ambas partículas sean iguales también se descarta: un δ -electrón puede ser emitido con mucha mayor velocidad al ser más ligero que, pongamos, un protón. Queda la opción que permite velocidades superiores.

Analíticamente, y en la aproximación no relativista, asumiendo energía de ligadura despreciable, la conservación del momento se expresa $P_p^0 = p_e + P_p$, y la de la energía $T_p^0 = \frac{(P_p^0)^2}{2M_p} = T_e + T_p$. Despejando P_p^0 de la primera ecuación y sustituyendo en la segunda, simplificando y agrupando términos se obtiene $p_e P_p = (M_p + m_e) T_e$; elevando al cuadrado y sustituyendo los valores de energía, se llega a $4m_e M T_e T_p = (M_p + m_e)^2 T_e^2$ y, de ahí, a $T_e = [4m_e M / (M_p + m_e)^2] T_p$

and consequently the square of the amplitude of the resultant wave (which is proportional to the scattering probability or the scattering cross section) is not equal to the sum of the squares of amplitudes of the two waves (which are proportional to the contributions of the scattered particle and the recoil nucleus to the cross section without taking the interference into account). Appropriate corrections to the formula obtained by Mott have the following form (in the non-relativistic case)¹⁴:

for particles with zero spin (scattering of α -particles by helium)

$$d\sigma = \left(\frac{z^2 e^2}{T} \right)^2 \left\{ \frac{1}{\sin^4 \theta} + \frac{1}{\cos^4 \theta} + \frac{2 \cos \left[\frac{(ze)^2}{\hbar v} \ln \tan^2 \theta \right]}{\sin^2 \theta \cos^2 \theta} \right\} \cos \theta d\Omega; \quad (4.4.23)$$

for particles with half-integral spin (scattering of protons by hydrogen)

$$d\sigma = \left(\frac{z^2 e^2}{T} \right)^2 \left\{ \frac{1}{\sin^4 \theta} + \frac{1}{\cos^4 \theta} - \frac{\cos \left[\frac{(ze)^2}{\hbar v} \ln \tan^2 \theta \right]}{\sin^2 \theta \cos^2 \theta} \right\} \cos \theta d\Omega. \quad (4.4.24)$$

Analysis of the argument of cosine in these formulas shows that the last term is always positive in both cases. Hence the consideration of the quantum-mechanical exchange effect increases the cross section in the first case and decreases it in the second case. It can be easily seen that in both cases the cross section changes by a factor of 2 if the scattering takes place at an angle of 45° .

Mott's quantum-mechanical formulas are found to be in good agreement with the results of the experiments on scattering of α -particles by helium and of protons by hydrogen at comparatively low energies. As the energy increases, a disagreement with the experiment due to nuclear attraction is observed (see Sec. 1.5.5, Vol. II).

4.4.4. Delta-electrons

In the process of ionization losses, the kinetic energy of a charged particle is spent to excite and ionize the atoms of the medium through which it passes.

Electrons which are knocked out during ionization of atoms and are themselves capable of ionizing other atoms are called δ -electrons. Since their energy is large in comparison with the ionization energy, the process of formation of δ -electrons can be considered as the scattering of a heavy charged particle by a free electron. This process corresponds to the above-mentioned momentum scattering pattern for the case when the mass of the incident particle is much larger than the mass of the target particle (see Fig. 151). It can be seen from

¹⁴ Mott's formulas for scattering of relativistic electrons by nuclei and protons are derived in Secs. 3.2. and 3.3, Vol. II.



FORMULARIO PREGUNTAS DE EXAMEN DEL AÑO 2025-26

N.º de pregunta en el examen:

23

Respuesta correcta:

2

Enunciado de la pregunta:

El teorema de virial establece que, en un sistema ligado por una fuerza proporcional a r^{-n} , la energía cinética media cumple:

Respuesta 1 $2\langle T \rangle = n\langle V \rangle$.

Respuesta 2 $2\langle T \rangle = -n\langle V \rangle$.

Respuesta 3 $\langle T \rangle = \langle V \rangle$.

Respuesta 4 $\langle T \rangle = -\langle V \rangle$.

Bibliografía 1:

Título: *Classical Mechanics*, 3rd ed.

Autor/a: Goldstein H.

Editorial Addison-Wesley.

Tomo:

Año edición: 2002.

Páginas referenciadas: 86.



Bibliografía 2:

Título:
Autor/a:
Editorial
Tomo:
Año edición:
Páginas referenciadas:

AUTOR/A DE LA PREGUNTA:

- Nombre completo:
- Entidad en la que presta servicios:



FORMULARIO PREGUNTAS DE EXAMEN DEL AÑO 2025-26

N.º de pregunta en el examen:

24

Respuesta correcta:

3

Enunciado de la pregunta:

¿Qué caracteriza a las fuerzas conservativas?:

Respuesta 1 El trabajo realizado por la fuerza depende de la trayectoria.

Respuesta 2 El valor del rotacional de la fuerza es no nulo.

Respuesta 3 La fuerza no realiza trabajo neto en un camino cerrado.

Respuesta 4 La fuerza es proporcional a la velocidad.

Bibliografía 1:

Título: Física, Vol I: Mecánica

Autor/a: M. Alonso y E.J. Finn

Editorial Addison Wesley Iberoamericana 1986

Tomo: 1

Año edición: 1986

Páginas referenciadas: 214



2FORMULARIO PREGUNTAS DE EXAMEN DEL AÑO 2025-26

N.º de pregunta en el examen:

25

Respuesta correcta:

1

Enunciado de la pregunta:

¿Cuál de las siguientes afirmaciones describe correctamente el comportamiento de un oscilador armónico amortiguado sobreamortiguado?
(Ecuación de movimiento: $m\ddot{x} + b\dot{x} + kx = 0$):

Respuesta 1	El sistema regresa al equilibrio sin oscilar, y más lentamente que en el caso críticamente amortiguado.
Respuesta 2	El sistema oscila varias veces antes de detenerse por completo.
Respuesta 3	El sistema regresa al equilibrio más rápidamente que cualquier otro régimen.
Respuesta 4	El sistema mantiene su amplitud constante pero con fase retardada.

Bibliografía 1:

Título: Física para la ciencia y tecnología

Autor/a: Paul Allen Tipler y Gene Mosca

Editorial Reverté

Tomo: 1

Año edición: 5ª edición. 2003

Páginas referenciadas: 413; 414



Bibliografía 2:

Título: Física universitaria
Autor/a: Hugh D. Young y Roger A. Freedman
Editorial: Pearson
Tomo: 1
Año edición: 12 ^a edición. 2009
Páginas referenciadas: 440; 441

AUTOR/A DE LA PREGUNTA:



FORMULARIO PREGUNTAS DE EXAMEN DEL AÑO 2025-26

N.º de pregunta en el examen:

26

Respuesta correcta:

1

Enunciado de la pregunta:

Sean dos cuerdas de materiales diferentes (pero con el mismo grosor) unidas en un punto y sujetas a una determinada tensión. Por este sistema se propaga una onda armónica. Señale la afirmación VERDADERA sobre las ondas transmitida y reflejada en el punto de unión.

Respuesta 1	La onda transmitida siempre está en fase con la onda incidente.
Respuesta 2	La onda transmitida siempre está en oposición de fase con la onda incidente.
Respuesta 3	La onda reflejada siempre está en fase con la onda incidente.
Respuesta 4	La onda reflejada siempre está en oposición de fase con la onda incidente.

Bibliografía 1:

Título: Física
Autor/a: Marcelo Alonso y Edward J. Finn
Editorial: Addison-Wesley
Tomo: --
Año edición: 1992
Páginas referenciadas: 731 - 732



Bibliografía 2:

Título: Wave Dynamics and Superposition Principles
Autor/a: Rohit Manglik
Editorial: EduGorilla
Tomo: -
Año edición: 2024
Páginas referenciadas: 214 - 219

Captura bibliografía 2:

These ratios give us the fractions of the incident amplitude reflected and transmitted at the boundary. These ratios are usually called the *reflection* and *transmission amplitude coefficients*. We will denote these by the symbols R_{12} and T_{12} :

$$R_{12} = \frac{a_r}{a_i} = \frac{Z_1 - Z_2}{Z_1 + Z_2} \quad (7.11)$$

and

$$T_{12} = \frac{a_t}{a_i} = \frac{2Z_1}{Z_1 + Z_2} \quad (7.12)$$

We note that the reflection and transmission amplitude coefficients depend only on the impedances of the two media.

(ii) When $Z_2 > Z_1$, i.e. the second string (medium) is denser, R_{12} is still negative, implying a phase change of π on reflection. In this case, however, the incident wave is partly reflected and partly transmitted.

(iii) When $Z_2 < Z_1$, R_{12} is positive, indicating no change of phase on reflection. Both transmitted and reflected waves exist in this case also.

(iv) When $Z_1 = Z_2$, $R_{12} = 0$ showing no reflected wave. In this case $T_{12} = 1$, which gives $a_r = a_i$. This means that the amplitude of a transmitted wave is equal to the amplitude of the incident wave.

The points, (i), (ii) and (iii) above clearly show that if a wave travelling in a medium of lower impedance meets the boundary of a medium of higher impedance (air to water), the reflected wave undergoes a phase change of π . If, however, a wave travelling through a medium of higher impedance meets the boundary of a medium of lower impedance (water to air), no change of phase takes place for the reflected wave. You may also note that T_{12} is always positive, indicating that there is no change of phase for the transmitted wave in any case. These results are depicted in



AUTOR/A DE LA PREGUNTA:

COMENTARIOS:

Aunque esta pregunta se puede considerar conceptual porque es una propiedad de todas las ondas que atraviesan un medio, se incluye a continuación un desarrollo detallado.

Las ondas incidente, reflejada y transmitida vienen dadas por:

$$u_{inc}(x, t) = Ae^{i(k_1 x - \omega t)}$$

$$u_{ref}(x, t) = Be^{i(k_1 x - \omega t)}$$

$$u_{trans}(x, t) = Ce^{i(k_2 x - \omega t)}$$

Por continuidad, en el punto de unión de los dos medios (que consideraremos el origen de coordenadas), en $t=0$, se tiene que satisfacer que:

$$u_{inc}(0, t) + u_{ref}(0, t) = u_{trans}(0, t)$$

$$\frac{\partial}{\partial x} u_{inc}(0, t) + \frac{\partial}{\partial x} u_{ref}(0, t) = \frac{\partial}{\partial x} u_{trans}(0, t)$$

Por lo que se cumple que:

$$A + B = C$$

$$A - B = \frac{k_2}{k_1} C$$

Como k_1 y k_2 son inversamente proporcionales a la velocidad de transmisión de la onda en cada medio (que denominaremos c_1 y c_2 , respectivamente), se obtiene:

$$A - B = \frac{c_1}{c_2} C$$

De ahí es inmediato obtener los coeficientes de reflexión (R) y transmisión (T):

$$R = \frac{B}{A} = \frac{c_2 - c_1}{c_2 + c_1}$$

$$T = \frac{C}{A} = \frac{2c_2}{c_2 + c_1}$$

Dado que R puede ser mayor o menor que 0 en función de las velocidades relativas en los dos medios, la onda reflejada puede estar en fase o en oposición de fase con la onda incidente.

Dado que T sólo puede ser positivo, la onda transmitida sólo puede estar en fase con la onda incidente.

Por ello, la única respuesta correcta es la primera, en la que se indica que la onda transmitida siempre está en fase con la onda incidente.



FORMULARIO PREGUNTAS DE EXAMEN DEL AÑO 2025-26

N.º de pregunta en el examen:

27

Respuesta correcta:

4

Enunciado de la pregunta:

Se ha medido una velocidad del sonido en aire de 331 m/s a 0 °C. La velocidad esperable a 273 °C asumiendo comportamiento de gas ideal es:

Respuesta 1 292 m/s.

Respuesta 2 342 m/s.

Respuesta 3 394 m/s.

Respuesta 4 468 m/s.

Bibliografía 1:

Título: Physics for scientists and engineers

Autor/a: R.A: Serway, J.W. Jewett

Editorial CENGAGE Learning

Tomo:

Año edición: 2006

Páginas referenciadas: 511



Bibliografía 2:

Título: <http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbase/Sound/souspe3.html>

Autor/a:

Editorial

Tomo:

Año edición:

Páginas referenciadas:

AUTOR/A DE LA PREGUNTA:

Comentario: La velocidad es proporcional a la raíz de la temperatura kelvin, como la temperatura se multiplica por dos la velocidad se multiplica por raíz de dos:
 $v=331\sqrt{2}=468\text{m/s}$.



FORMULARIO PREGUNTAS DE EXAMEN DEL AÑO 2025-26

N.º de pregunta en el examen:

28

Respuesta correcta:

3

Enunciado de la pregunta:

La impedancia acústica es:

Respuesta 1 **Independiente de la densidad del medio.**

Respuesta 2 **Inversamente proporcional a la densidad del medio.**

Respuesta 3 **Directamente proporcional a la densidad del medio.**

Respuesta 4 **Adimensional.**



INTRODUCCIÓN Y TERMINOLOGÍA

11

- *Impedancia acústica específica* (Z_s). La impedancia acústica específica es la relación compleja de la presión sonora eficaz en un punto de un medio acústico o un dispositivo mecánico a la velocidad eficaz de las partículas en ese mismo punto. La unidad es el newton-s/m³, o rayl MKS. (En el sistema CGS, la dyna-s/cm², o rayl.) Es decir:

$$Z_s = \frac{p}{u} \quad \text{newton-s/m}^3 \text{ (rayl MKS)} \quad (1.8)$$

- *Impedancia mecánica* (Z_M). La impedancia mecánica es la relación compleja entre la fuerza eficaz que actúa sobre un área especificada de un medio acústico o un dispositivo mecánico a la velocidad eficaz lineal resultante a través de tal área, respectivamente. La unidad es el newton-s/m, o el ohm mecánico MKS. (En el sistema CGS, la dyna-s/cm, o el ohm mecánico.) Es decir:

$$Z_M = \frac{f}{u} \quad \text{newton-s/m (ohm mecánico MKS)} \quad (1.9)$$

- *Impedancia característica* (ρ_{ac}). La impedancia característica es la relación de la presión sonora eficaz en un punto dado a la velocidad eficaz de las partículas en el mismo punto, en una onda libre, plana y progresiva. Es igual al producto de la densidad del medio por la velocidad del sonido en el mismo medio (ρ_{ac}). Es la análoga de la impedancia característica de una línea de transmisión. La unidad es el rayl MKS, o newton-s/m³. (En el sistema CGS, el rayl, o dyna-s/cm².)

- En la resolución de los problemas tomaremos para el aire $\rho_{ac} = 407$ rayl MKS (o $\rho_{ac} = 40,7$ rayl), la que es válida para el aire a la temperatura de 22°C y a la presión barométrica de 0,751 m Hg.

- **1.9. Intensidad, densidad de energía y niveles.** *Intensidad sonora* (I). La intensidad sonora según una dirección determinada en un punto es el valor medio de la velocidad de transmisión de la energía a través del área unitaria perpendicular a la dirección considerada en el punto dado. La unidad es el watt/m². (En el sistema CGS, el erg por segundo por cm².) En una onda plana o esférica, libre y progresiva, la intensidad en la dirección de propagación es

$$I = \frac{P^2}{\rho c} \quad \text{watt/m}^2 \quad (1.10)$$

- Nota: En la literatura acústica se ha expresado a menudo la intensidad en watt/cm², unidad igual a 10^4 erg por segundo por cm².

- *Densidad de energía sonora*, (D). La densidad de energía sonora es la energía sonora contenida en una parte infinitesimal dada del medio

Bibliografía 1:

Título: ACUSTICA
Autor/a:LEO L. BERANEK
Editorial EDITORIAL HISPANOAMERICA S.A.
Tomo:I
Año edición:1969
Páginas referenciadas:11

Bibliografía 2:

Título: APUNTES DE ACUSTICA
Autor/a: AGUSTIN MARTIN DOMINGO
Editorial: DISTRIBUCIÓN LIBRE (licencia Creative Commons)
Tomo:I
Año edición:2005-2014
Páginas referenciadas:12



FORMULARIO PREGUNTAS DE EXAMEN DEL AÑO 2025-26

N.º de pregunta en el examen:

29

Respuesta correcta:

3

Enunciado de la pregunta:

Un tren pasa por delante de una estación a celeridad constante. El tren tiene una bocina que emite a una cierta frecuencia. Un viajero que se halla sentado en el andén percibe que la frecuencia antes de pasar el tren es dos veces mayor que la frecuencia después de pasar. Si v es la velocidad del sonido, ¿cuál es la celeridad del tren?:

Respuesta 1 $2v/3$.

Respuesta 2 $v/2$.

Respuesta 3 $v/3$.

Respuesta 4 $v/4$.

Bibliografía 1:

Título: Volumen II: Campos y Ondas. Edición revisada y aumentada.

Autor/a: Marcelo Alonso y Edward J. Finn

Editorial Pearson Addison-Wesley

Tomo: II

Año edición: 1998

Páginas referenciadas: 733

**Bibliografía 2:**

Título:
Autor/a:
Editorial
Tomo:
Año edición:
Páginas referenciadas:

AUTOR/A DE LA PREGUNTA:**SOLUCIÓN:**

Este es un problema de efecto Doppler. Sea u la celeridad del tren y v la velocidad del sonido (medio en reposo, observador estacionario en el andén). El observador se encuentra en reposo. Para una fuente sonora que se acerca al observador, la frecuencia que percibe es:

$$f_{\text{antes}} = f_0 \frac{v}{v - u},$$

y para la misma fuente al alejarse, la frecuencia que percibe es:

$$f_{\text{después}} = f_0 \frac{v}{v + u},$$

donde f_0 es la frecuencia emitida por la fuente. Como $f_{\text{antes}} = 2 f_{\text{después}}$, sustituyendo se obtiene que $u = \frac{v}{3}$.



FORMULARIO PREGUNTAS DE EXAMEN DEL AÑO 2025-26

N.º de pregunta en el examen:

30

Respuesta correcta:

3

Enunciado de la pregunta:

Un equipo de radiofísica hospitalaria puede trabajar sometido a aceleraciones mecánicas máximas de 50, 60, 20 y 30 mm/s² a las frecuencias de 1, 10, 20 y 30 Hz respectivamente según su hoja de características técnicas. Una obra cercana provoca vibraciones con velocidades de hasta 6.0, 0.8, 0.3 y 0.1 mm/s a las respectivas frecuencias. ¿A qué frecuencia se encuentra el equipo fuera de especificaciones?:

Respuesta 1	1 Hz.
Respuesta 2	10 Hz.
Respuesta 3	20 Hz.
Respuesta 4	30 Hz.

Bibliografía 1:

Título: Física para ciencias e ingeniería
Autor/a: R.A. Serway, J.W. Jewett
Editorial CENGAGE Learning
Tomo: 1
Año edición: 2008
Páginas referenciadas: 422



Bibliografía 2:

Título:
Autor/a:
Editorial
Tomo:
Año edición:
Páginas referenciadas:

AUTOR/A DE LA PREGUNTA:

Comentario: $v_{max}=a_{max}/(2\pi f)$ → $a_{max}= 50, 60, 20 \text{ y } 30 \text{ mm/s}^2 \rightarrow v_{max}=7'96, 0'95, 0'159 \text{ y } 0'159 \text{ mm/s}$ a las respectivas frecuencias, luego a la frecuencia de 30Hz (la obra genera $v_{max}=0'3 \text{ mm/s}$) se excede el límite de 0.159mm/s.



FORMULARIO PREGUNTAS DE EXAMEN DEL AÑO 2025-26

N.^º de pregunta en el examen:

31

Respuesta correcta:

3

Enunciado de la pregunta:

Una onda viajera, $g(x, t)$, se desplaza en el sentido positivo del eje OX con una velocidad $v = 2$ m/s. Se sabe que $g(x, t = 1) = \frac{1}{2 + x^2}$. ¿Cuánto vale $g(x = 0, t = 0)$?:

Respuesta 1 1/2.

Respuesta 2 1/4.

Respuesta 3 1/6.

Respuesta 4 1/8.

Bibliografía 1:

Título: Física. Volumen II: Campos y Ondas. Edición revisada y aumentada.

Autor/a: Marcelo Alonso y Edward J. Finn

Editorial: Pearson Addison-Wesley

Tomo: II

Año edición: 1998

Páginas referenciadas: 695 y 696

**Bibliografía 2:**

Título:
Autor/a:
Editorial
Tomo:
Año edición:
Páginas referenciadas:

AUTOR/A DE LA PREGUNTA:**SOLUCIÓN:**

La expresión funcional de una onda viajera que se propaga en el sentido positivo del eje OX viene dada por $g(x, t) = f(x - vt)$ siendo x , la posición sobre el eje OX, t el tiempo y v la velocidad de propagación de la onda. En las ondas viajeras, el valor de la perturbación se propaga con celeridad constante, esto implica que el valor que tiene la onda en el punto $x = 0$ m y en el instante $t = 0$ s, $g(x = 0, t = 0)$, será el mismo que el que tenga en el instante $t = 1$ s en el punto $x = 0 + v \cdot 1$ m, con $v = 2$ m/s. Es decir, $g(x = 0, t = 0) = g(x = 2, t = 1) = 1/6$.



FORMULARIO PREGUNTAS DE EXAMEN DEL AÑO 2025-26

N.º de pregunta en el examen:

32

Respuesta correcta:

3

Enunciado de la pregunta:

Un avión se desplaza a una velocidad de 540 m/s con respecto al aire. ¿Cuánto es el número de Mach del avión?(considerando que la velocidad del sonido en el aire es de 340 m/s):

Respuesta 1 0,40.

Respuesta 2 0,63.

Respuesta 3 1,59.

Respuesta 4 2,52.

Bibliografía 1:

Título: Física universitaria

Autor/a: Hugh D. Young y Roger A. Freedman

Editorial: Pearson

Tomo: 1

Año edición: 12^a edición. 2009

Páginas referenciadas: 558



Bibliografía 2:

Título: Física para la ciencia y tecnología
Autor/a: Paul Allen Tipler y Gene Mosca
Editorial Reverté
Tomo: 1
Año edición: 5 ^a edición. 2003
Páginas referenciadas: 458

AUTOR/A DE LA PREGUNTA:

Bibliografía 1

Adjunto la página 558 de la primera referencia bibliográfica.



Comentarios

La definición del número de Mach es:

$$M = \frac{v_s}{v}$$

En nuestro enunciado tenemos:

$$\begin{aligned} v_s &= 540 \text{ m/s} \\ v &= 340 \text{ m/s} \end{aligned}$$

Entonces:

$$M = 1,59$$

La **Respuesta 3** es la correcta.



FORMULARIO PREGUNTAS DE EXAMEN DEL AÑO 2025-26

N.º de pregunta en el examen:

33

Respuesta correcta:

4

Enunciado de la pregunta:

Una onda armónica transversal que se desplaza por una cuerda tiene un periodo de 0.025 s, una longitud de onda de 0.75 m y una amplitud de 0.02 m. Dicha onda se propaga en el sentido negativo del eje X. Indique la expresión que define la función de dicha onda.

Respuesta 1

$$y(x, t) = 0.02 \text{ m} \cos\left(\frac{2\pi}{0.75 \text{ m}}x - \frac{2\pi}{0.025 \text{ s}}t\right)$$

Respuesta 2

$$y(x, t) = 0.02 \text{ m} \cos\left(\frac{0.75 \text{ m}}{2\pi}x - \frac{0.025 \text{ s}}{2\pi}t\right)$$

Respuesta 3

$$y(x, t) = 0.02 \text{ m} \cos\left(\frac{0.75 \text{ m}}{2\pi}x + \frac{0.025 \text{ s}}{2\pi}t\right)$$

Respuesta 4

$$y(x, t) = 0.02 \text{ m} \cos\left(\frac{2\pi}{0.75 \text{ m}}x + \frac{2\pi}{0.025 \text{ s}}t\right)$$

Bibliografía 1:

Título: Física Universitaria

Autor/a: Sears, F. W.; Zemansky, M. W.; Freedman, R. A.; Young, H. A.

Editorial: Pearson Education

Tomo: Volumen 1

Año edición: 2009

Páginas referenciadas: 493-494



Bibliografía 2:

Título:
Autor/a:
Editorial
Tomo:
Año edición:
Páginas referenciadas:

AUTOR/A DE LA PREGUNTA:

COMENTARIOS:

La ecuación de una onda armónica que se propaga en el sentido negativo del eje X es:

$$y(x, t) = A \cos\left(\frac{2\pi}{\lambda}x + \frac{2\pi}{T}t\right)$$

siendo A la amplitud, λ la longitud de onda y T el periodo. El signo + dentro de la función coseno es lo que indica que la onda se propaga en el sentido negativo.

Sustituyendo los números que se dan en el enunciado quedaría la siguiente expresión:

$$y(x, t) = 0.02m \cos\left(\frac{2\pi}{0.75\text{ m}}x + \frac{2\pi}{0.025\text{ s}}t\right)$$

La copia de las páginas del libro que se muestran a continuación son las indicadas como Bibliografía 1



FORMULARIO PREGUNTAS DE EXAMEN DEL AÑO 2025-26

N.º de pregunta en el examen:

34

Respuesta correcta:

3

Enunciado de la pregunta:

Elige la afirmación correcta asociada a la segunda ley de la termodinámica:

Elige la afirmación correcta asociada a la segunda ley de la termodinámica:	
Respuesta 1	La energía interna de un sistema de partículas aislado permanece constante.
Respuesta 2	El cambio en la energía interna de un sistema de partículas es igual al trabajo hecho sobre el sistema por las fuerzas externas.
Respuesta 3	En un sistema aislado los procesos que pueden ocurrir con mayor probabilidad son aquellos en los cuales la entropía aumenta o permanece constante.
Respuesta 4	A temperatura y cantidad de gas constantes, el volumen de un gas es inversamente proporcional a su presión.

Bibliografía 1:

Título: Título: Física. Campos y ondas.
Autores: Marcelo Alonso y Edward J. Finn
Editorial: Addison Wesley Iberoamericana
Tomo: II
Año edición: 1987
Páginas referenciadas: 488



FORMULARIO PREGUNTAS DE EXAMEN DEL AÑO 2025-26

N.º de pregunta en el examen:

35

Respuesta correcta:

2

Enunciado de la pregunta:

En los diagramas de fase de sustancias puras, señala la respuesta correcta sobre las transiciones sólido-líquido, sólido-vapor y líquido-vapor.

Respuesta 1 La pendiente de la curva de equilibrio sólido-líquido en el diagrama de presión-temperatura es siempre positiva.

Respuesta 2 En el punto triple, las tres fases coexisten porque el potencial químico es idéntico y los grados de libertad son nulos.

Respuesta 3 La sublimación requiere una menor energía por mol que la vaporización.

Respuesta 4 La presión de vapor en equilibrio líquido-vapor disminuye al aumentar la temperatura.

Bibliografía 1:

Título: An Introduction to Thermal Physics

Autor/a: D. V. Schroeder

Editorial: Addison-Wesley

Tomo: 1

Año edición: 2000

Páginas referenciadas: 166-168, 172-173



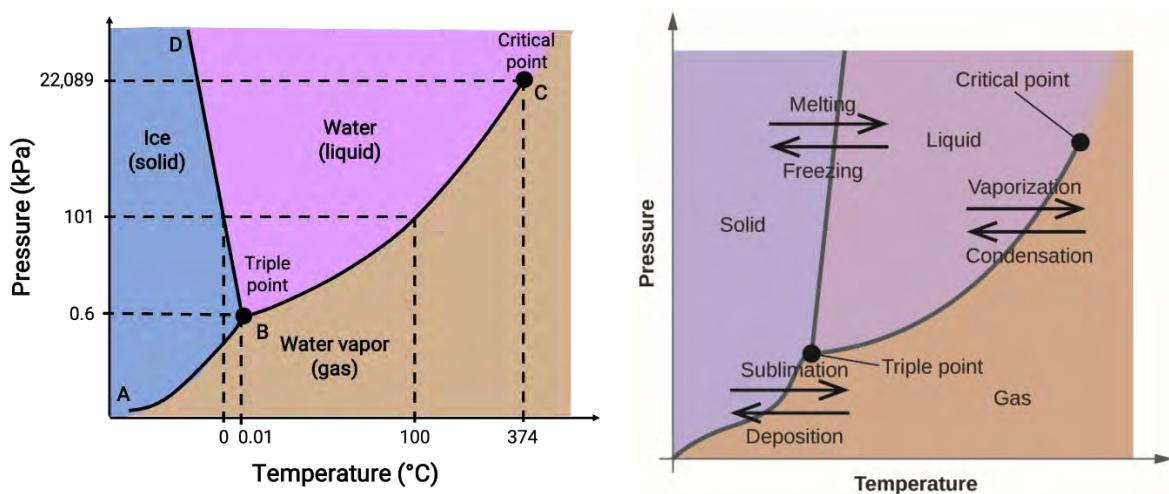
Bibliografía 2:

Título: Basic Thermodynamics
Autor/a: G. Carrington
Editorial: Oxford Science Publications
Tomo: 1
Año edición: 1994
Páginas referenciadas: 291-295

AUTOR/A DE LA PREGUNTA:

RESOLUCIÓN DEL EJERCICIO

La clave para resolver el ejercicio es conocer cómo es un diagrama de fases de presión y temperatura (P-T) y especialmente la curva de equilibrio sólido-líquido, que depende del tipo de sustancia:



A modo ilustrativo he obtenido dos diagramas de internet, uno del agua (izquierda) y otro de otra sustancia (derecha).

La propiedad más importante es que la pendiente de la curva en el diagrama P-T puede ser tanto positiva como negativa. Recordando el diagrama se puede ver que existe esta diferencia.

En términos físicos, dicha pendiente dP/dT viene dada por la ecuación de Clapeyron:

$$\frac{dP}{dT} = \frac{\Delta S}{\Delta V}$$



Siendo ΔS y ΔV las variaciones de entropía y de volumen de la transición de fase.

Dado que el agua experimenta una expansión del volumen cuando se solidifica: $\Delta V > 0$ mientras que la entropía disminuye $\Delta S < 0$ la pendiente es negativa $dP/dT < 0$. También se puede ver al revés: si el hielo se funde, experimenta un aumento de entropía y una disminución de volumen.

En el caso del equilibrio líquido-vapor, a partir de la ecuación de Clapeyron se puede deducir la ecuación de Clausius-Clapeyron, donde se puede comprobar que la presión de vapor necesariamente aumenta con la temperatura.

En primer lugar, en vez de emplear las magnitudes extensivas S y V , se emplean las magnitudes molares (divididas por el número de moles) o de partículas (el resultado al que se llega es el mismo). Asimismo, la diferencia de entropía molar se relaciona con la variación de entalpía molar como: $\Delta s = \Delta h/T$.

$$\frac{dP}{dT} = \frac{\Delta s}{\Delta v} = \frac{\Delta h/T}{v_v - v_l}$$

El volumen de la fase vapor es mucho mayor que el de la fase líquida ($v_v \gg v_l$), por lo que se puede aproximar: $\Delta v = v_v - v_l \approx v_v$. De acuerdo con la ecuación de los gases ideales: $v_v = V/n = RT/P$:

$$\frac{dP}{dT} = \frac{\Delta h}{RT^2} P \rightarrow \frac{dP}{P} = \frac{\Delta h}{R} \cdot \frac{dT}{T^2}$$

De esta expresión ya se puede ver que al aumentar la temperatura debe aumentar también la presión porque la derivada siempre es positiva.

Por integración suponiendo Δh constante (en buena aproximación es cierto) se obtiene la ecuación de Clausius-Clapeyron:

$$\ln P = -\frac{\Delta h}{RT} + C$$

No es necesario realizar esta deducción, ya que el resultado igualmente se puede razonar físicamente o acordarse de la forma de la curva L-V en un diagrama P-T.

La regla de las fases de Gibbs es:

$$G = C + 2 - F$$

Siendo C el número de componentes, F el número de fases y G los grados de libertad. Como estamos hablando de sustancias puras $C = 1$ (sólo existe 1 componente).

No es necesario conocer esta regla de las fases para poder determinar qué opción es la correcta si se razona la respuesta.



Comentarios de las distintas opciones

A continuación se comenta la veracidad y falsedad de las distintas opciones haciendo hincapié en el razonamiento físico, más que en las ecuaciones.

1. Esta opción es FALSA porque la pendiente puede ser negativa, como en el caso del agua, ya que el sólido (hielo) se expande y es menos denso que el agua líquida. Recordando el diagrama de fases de P-T del agua se puede ver que es negativa, mientras que, en general es positiva.
2. Esta opción es CORRECTA porque, precisamente, el equilibrio entre fases exige que el potencial químico sea idéntico. Además, al tratarse de un punto, no existen grados de libertad, al estar todas las variables fijadas.

Por ejemplo, cuando hablamos del equilibrio de dos fases en un solo componente, como líquido y vapor, sólo hay dos potenciales químicos que deben ser idénticos (una restricción: $\mu_a = \mu_b$). De las tres variables intensivas, T, p, μ , sólo dos son independientes, por lo que, al haber fijado una restricción en μ , sólo se puede definir una curva con $P = f(T)$. Sin embargo, cuando se tienen tres potenciales químicos idénticos se introduce una restricción adicional y no quedan grados de libertad, por lo que se determina un punto, que es el punto triple.

En general cuando tenemos 1 grado de libertad podemos definir una curva, con 2 un plano y con 0 grados un punto. Por tanto, el enunciado es coherente con este hecho general, para lo cual tampoco es necesario conocer la regla de las fases de Gibbs.

3. Esta opción es FALSA porque para producir la sublimación se debe pasar de sólido a vapor, lo que implica un mayor cambio de energía que sólo pasar de líquido a vapor (vaporización). La sublimación implica que se deban romper las fuerzas intermoleculares que mantienen el sólido y que las moléculas se puedan dispersar como gas, no que queden unidas en un líquido. Aun sin tener muchos conocimientos sobre termodinámica es fácilmente descartable.

Además, de hecho, la entalpía de sublimación ΔH_{sub} , es la suma de la entalpía de fusión, ΔH_{fus} , y la de vaporización, ΔH_{vap} : $\Delta H_{sub} = \Delta H_{fus} + \Delta H_{vap}$.

4. Esta opción es FALSA: cuando la temperatura se incrementa, estadísticamente se dispone de más moléculas con energía suficiente para escapar del líquido, lo que incrementa la presión en equilibrio.

Si se recuerda la forma del diagrama P-T, donde la presión de equilibrio de la curva L-V aumenta con la temperatura, se puede descartar esta opción aun sin hacer ningún



FORMULARIO PREGUNTAS DE EXAMEN DEL AÑO 2025-26

N.º de pregunta en el examen:

36

Respuesta correcta:

2

Enunciado de la pregunta:

En una transición de fase líquido-vapor que transcurre en equilibrio qué coeficiente termodinámico tiende formalmente a infinito:

Respuesta 1 El calor específico a volumen constante.

Respuesta 2 El calor específico a presión constante.

Respuesta 3 El coeficiente de dilatación isobárico.

Respuesta 4 El coeficiente de compresibilidad adiabático.

Bibliografía 1:

Título:
Autor/a:
Editorial
Tomo:
Año edición:
Páginas referenciadas:



Bibliografía 2:

Título: Calor y Termodinámica
Autor/a: Zemansky y Dittman
Editorial McGraw-Hill
Tomo:
Año edición: 1986
Páginas referenciadas: 263

AUTOR/A DE LA PREGUNTA:

Justificación de la respuesta:

Una transición de fase de fase líquido-vapor en equilibrio ocurre en condiciones de temperatura y presión constantes. El sistema termodinámico absorbe calor, pero no cambia de temperatura. Formalmente el calor específico a presión constante del sistema (que es la relación entre el calor intercambiado y el incremento de temperatura producido en un proceso a presión constante) tiende a infinito.



FORMULARIO PREGUNTAS DE EXAMEN DEL AÑO 2025-26

N.º de pregunta en el examen:

37

Respuesta correcta:

2

Enunciado de la pregunta:

Un sistema termodinámico en equilibrio contenido en un recinto adiabático cerrado es sometido a una acción externa y alcanza otro estado de equilibrio. ¿Cuál de las siguientes afirmaciones es válida con seguridad?:

Respuesta 1	La energía del sistema NO ha disminuido.
Respuesta 2	La entropía del sistema NO ha disminuido.
Respuesta 3	La temperatura del sistema NO ha disminuido.
Respuesta 4	La entalpía del sistema NO ha cambiado.

Bibliografía 1:

Título: Treatise on Thermodynamics

Autor/a: Max Planck

Editorial Dover

Tomo: 1

Año edición: 1945

Páginas referenciadas:p 103, epígrafe 133



Bibliografía 2:

Título:
Autor/a:
Editorial
Tomo:
Año edición:
Páginas referenciadas:

AUTOR/A DE LA PREGUNTA:

Justificación de la respuesta:

El criterio de evolución de un sistema termodinámico aislado es que su entropía ha de aumentar o, en el caso límite, no cambiar. Es decir, lo expresado en la respuesta 2.

El resto de respuestas propuestas no es válido porque, en general, (1) la energía de un sistema aislado adiabáticamente puede disminuir, por ejemplo, al expandirse contra una presión exterior constante; (2) la temperatura del sistema puede disminuir, por ejemplo, habitualmente al expandirse adiabáticamente; (3) la entalpía del sistema generalmente cambia en este tipo de proceso.



FORMULARIO PREGUNTAS DE EXAMEN DEL AÑO 2025-26

N.º de pregunta en el examen:

38

Respuesta correcta:

3

Enunciado de la pregunta:

El valor de equilibrio de cualquier parámetro interno no ligado de un sistema en contacto con una fuente de temperatura T_r es tal que:

Respuesta 1 Maximiza la entropía S sobre el conjunto de estados con $T=T_r$.

Respuesta 2 Minimiza la energía U sobre el conjunto de estados con $T=T_r$.

Respuesta 3 Minimiza la energía libre $F=U-TS$ sobre el conjunto de estados con $T=T_r$.

Respuesta 4 Minimiza la entalpía $H=U+pV$ sobre el conjunto de estados con $T=T_r$.

Bibliografía 1:

Título: Thermodynamics and an introduction to thermostatistics

Autor/a: HB Callen

Editorial John Wiley and Sons

Tomo: 1

Año edición: 1985

Páginas referenciadas: 155



Bibliografía 2:

Título:
Autor/a:
Editorial
Tomo:
Año edición:
Páginas referenciadas:

AUTOR/A DE LA PREGUNTA:



FORMULARIO PREGUNTAS DE EXAMEN DEL AÑO 2025-26

N.º de pregunta en el examen:

39

Respuesta correcta:

2

Enunciado de la pregunta:

La regla de las fases de Gibbs expresa el número de grados de libertad de un sistema termodinámico en función del número de fases (f) presentes y del número componentes (c) presentes como:

Respuesta 1	$2c+f$
Respuesta 2	$c+2-f$
Respuesta 3	$c-f+1$
Respuesta 4	$c+3-2f$

Bibliografía 1:

Título: Termodinámica
Autor/a: Biel
Editorial Reverté
Tomo: 1
Año edición: 1998
Páginas referenciadas: 192, epígrafe 10.1



Bibliografía 2:

Título:
Autor/a:
Editorial
Tomo:
Año edición:
Páginas referenciadas:

AUTOR/A DE LA PREGUNTA:



FORMULARIO PREGUNTAS DE EXAMEN DEL AÑO 2025-26

N.º de pregunta en el examen:

40

Respuesta correcta:

4

Enunciado de la pregunta:

Se deja caer desde una altura h sobre el suelo un recipiente térmicamente aislado y lleno de agua. Si en el choque la mitad de la energía mecánica perdida en la caída se convierte en energía interna del agua, ¿cuál debe ser h para que la temperatura del agua aumente en 1 Cº?

Respuesta 1 426 m.

Respuesta 2 623 m.

Respuesta 3 750 m.

Respuesta 4 852 m.

Bibliografía 1:

Título: Tipler Mosca Volumen 1 Mecánica. Oscilaciones y ondas. Termodinámica.

Autor/a: Paul A. Tipler

Editorial: Reverté

Tomo:

Año edición: 2006

Páginas referenciadas: 526

Comentarios:



FORMULARIO PREGUNTAS DE EXAMEN DEL AÑO 2025-26

N.º de pregunta en el examen:

41

Respuesta correcta:

3

Enunciado de la pregunta:

En un sistema aislado, un proceso en donde la entropía total disminuye:

Respuesta 1 Es irreversible.

Respuesta 2 Es reversible.

Respuesta 3 No existen en la naturaleza los procesos que disminuyen la entropía total.

Respuesta 4 Es un ciclo de adiabático.

Bibliografía

Título: Curso de Termodinámica.

Autor: Jose Aguilar Peris.

Editorial Alhambra Longman

Tomo: único

Año edición: 1994

Páginas referenciadas: 181

Bibliografía 2:



Título:
Autor:
Editorial:
Tomo:
Año edición:
Páginas referenciadas:

AUTOR/A DE LA PREGUNTA:



FORMULARIO PREGUNTAS DE EXAMEN DEL AÑO 2025-26

N.^º de pregunta en el examen:

42

Respuesta correcta:

2

Enunciado de la pregunta:

¿Cuál de las siguientes afirmaciones describe correctamente la naturaleza termodinámica de la energía interna específica, u , definida para un sistema como la energía interna total por unidad de masa?

Respuesta 1 u es una magnitud extensiva, porque se duplica al duplicar la energía interna, a masa constante.

Respuesta 2 u es una magnitud intensiva, porque es independiente del tamaño del sistema.

Respuesta 3 u no puede clasificarse como intensiva ni extensiva, porque depende del tipo de proceso termodinámico.

Respuesta 4 u es extensiva, porque tanto la energía interna como la masa son magnitudes extensivas.

Bibliografía 1:

Título: Curso sobre el formalismo y los métodos de la Termodinámica

Autor/a: Jesus Biel Gayé

Editorial: Reverté

Tomo:

Año edición: 1998

Páginas referenciadas: 84-85



FORMULARIO PREGUNTAS DE EXAMEN DEL AÑO 2025-26

N.º de pregunta en el examen:

43

Respuesta correcta:

4

Enunciado de la pregunta:

Un lingote metálico de 0.050Kg se calienta hasta 200°C y luego se introduce en un vaso de laboratorio que contiene 0.4Kg de agua inicialmente a 20°C. Si la temperatura de equilibrio final es de 22.4°C encontrar el calor específico del metal:

Respuesta 1 500 J/Kg·°C.

Respuesta 2 358 J/Kg·°C.

Respuesta 3 286 J/Kg·°C.

Respuesta 4 453 J/Kg·°C.



EJEMPLO 20.2 Enfriamiento de un lingote caliente

Un lingote metálico de 0.0500 kg se calienta hasta 200.0°C y luego se introduce en un vaso de laboratorio que contiene 0.400 kg de agua inicialmente a 20.0°C. Si la temperatura de equilibrio final del sistema mezclado es de 22.4°C, encuentre el calor específico del metal.

Solución Debido a que la energía térmica perdida por el lingote es igual a la energía térmica ganada por el agua, podemos escribir

$$m_x c_x (T_i - T_f) = m_w c_w (T_f - T_i)$$
$$(0.0500 \text{ kg})(c_x)(200.0^\circ\text{C} - 22.4^\circ\text{C}) = (0.400 \text{ kg})$$
$$(4186 \text{ J/kg} \cdot ^\circ\text{C})(22.4^\circ\text{C} - 20.0^\circ\text{C})$$

A partir de lo cual encontramos que

$$c_x = 453 \text{ J/kg} \cdot ^\circ\text{C}$$

Es muy probable que el lingote sea hierro, como puede verse al comparar este resultado con los datos en la tabla 20.1.

Ejercicio ¿Cuál es la energía térmica total transferida al agua cuando el lingote se enfria?

Respuesta 4020 J.

Bibliografía 1:

Título:FISICA

Autor/a: RAYMOND A. SERWAY

Editorial: MCGRAW-HILL

Tomo:1

Año edición:1982

Páginas referenciadas:559

Bibliografía 2:

Título:FISICA PARA LA CIENCIA Y LA TECNOLOGIA

Autor/a:PAUL A. TIPLER

Editorial:REVERTE

Tomo:1

Año edición:2006

Páginas referenciadas:522

AUTOR/A DE LA PREGUNTA:

- Nombre completo:
- Entidad en la que presta servicios:



FORMULARIO PREGUNTAS DE EXAMEN DEL AÑO 2025-26

N.º de pregunta en el examen:

44

Respuesta correcta:

4

Enunciado de la pregunta:

pero de

$$\begin{aligned} u &= \delta(f + Ts) = \delta f + T \delta s + s \delta T + \delta T \delta s \\ \delta^1 u + \delta^2 u + \dots &= \delta^1 f + \delta^2 f + \dots + T \delta s + s \delta T + \delta T \delta s \\ T \delta s - P \delta v + \delta^2 u + \dots &= -s \delta T - P \delta v + \delta^2 f + \dots + T \delta s + s \delta T + \delta T \delta s \\ \delta^2 u + \dots &= \delta^2 f + \dots + \delta T \delta s \end{aligned}$$

se encuentra que¹⁹ $(\delta^2 u)_T = (\delta^2 f)_T = \frac{1}{2} f_{vv}(\delta v)^2$ y se obtiene finalmente

$$\delta^2 u = \frac{1}{2} \left[\frac{1}{u_{ss}} (\delta T)^2 + f_{vv}(\delta v)^2 \right] > 0,$$

de donde

$$u_{ss} = \left(\frac{\partial T}{\partial s} \right)_v = \frac{T}{c_V} > 0 \quad y \quad f_{vv} = - \left(\frac{\partial P}{\partial v} \right)_T = \frac{1}{v \kappa_T} > 0,$$

es decir, $c_V > 0$ y $\kappa_T > 0$. Éstas son las llamadas *condiciones de estabilidad*,²⁰ que han sido deducidas aquí como propiedades que han de tener todos los sistemas simples en el equilibrio como consecuencia del principio de mínimo de la energía. Recordando las expresiones de la diferencia de los calores molares y de la relación de Reech,²¹ se encuentra finalmente

$$c_P > c_V > 0 \quad y \quad \kappa_T > \kappa_S > 0.$$



Estas condiciones son necesarias para la estabilidad de un s.s.m., pero no son suficientes para garantizarla. En efecto, para deducir estas desigualdades se han considerado variaciones virtuales pequeñas (y por eso tiene sentido exigir $\delta^2 u > 0$); aseguran que el s.s.m. es estable²² frente a pequeñas fluctuaciones, pero nada dicen frente a fluctuaciones grandes. La desigualdad $\delta u > 0$, sin embargo, establece que el sistema, en el estado de mínima energía está en equilibrio estable frente a cualquier variación virtual (grande o pequeña), está en un "verdadero" estado de equilibrio; un s.s.m. que cumpliera las condiciones de estabilidad pero que no estuviera en equilibrio (que no fuera estable frente a grandes fluctuaciones) se dice que está en un *estado metastable*.²³



Cuál de los siguientes coeficientes termodinámicos puede anularse a temperaturas ordinarias:

Respuesta 1 El calor específico a volumen constante.

Respuesta 2 El coeficiente de compresibilidad adiabático.

pero de

$$\begin{aligned} u &= \delta(f + Ts) = \delta f + T \delta s + s \delta T + \delta T \delta s \\ \delta^1 u + \delta^2 u + \dots &= \delta^1 f + \delta^2 f + \dots + T \delta s + s \delta T + \delta T \delta s \\ T \delta s - P \delta v + \delta^2 u + \dots &= -s \delta T - P \delta v + \delta^2 f + \dots + T \delta s + s \delta T + \delta T \delta s \\ \delta^2 u + \dots &= \delta^2 f + \dots + \delta T \delta s \end{aligned}$$

se encuentra que¹⁹ $(\delta^2 u)_T = (\delta^2 f)_T = \frac{1}{2} f_{vv}(\delta v)^2$ y se obtiene finalmente

$$\delta^2 u = \frac{1}{2} \left[\frac{1}{u_{ss}} (\delta T)^2 + f_{vv}(\delta v)^2 \right] > 0,$$

de donde

$$u_{ss} = \left(\frac{\partial T}{\partial s} \right)_v = \frac{T}{c_V} > 0 \quad y \quad f_{vv} = - \left(\frac{\partial P}{\partial v} \right)_T = \frac{1}{v \kappa_T} > 0,$$

es decir, $c_V > 0$ y $\kappa_T > 0$. Éstas son las llamadas *condiciones de estabilidad*,²⁰ que han sido deducidas aquí como propiedades que han de tener todos los sistemas simples en el equilibrio como consecuencia del principio de mínimo de la energía. Recordando las expresiones de la diferencia de los calores molares y de la relación de Reech,²¹ se encuentra finalmente

$$c_P > c_V > 0 \quad y \quad \kappa_T > \kappa_S > 0.$$



Estas condiciones son necesarias para la estabilidad de un s.s.m., pero no son suficientes para garantizarla. En efecto, para deducir estas desigualdades se han considerado variaciones virtuales pequeñas (y por eso tiene sentido exigir $\delta^2 u > 0$); aseguran que el s.s.m. es estable²² frente a pequeñas fluctuaciones, pero nada dicen frente a fluctuaciones grandes. La desigualdad $\delta u > 0$, sin embargo, establece que el sistema, en el estado de mínima energía está en equilibrio estable frente a cualquier variación virtual (grande o pequeña), está en un "verdadero" estado de equilibrio; un s.s.m. que cumpliera las condiciones de estabilidad pero que no estuviera en equilibrio (que no fuera estable frente a grandes fluctuaciones) se dice que está en un *estado metastable*.²³



Respuesta 3 El índice abiabático.

Respuesta 4 El coeficiente de dilatación isobárico.

Bibliografía 1:

Título: Termodinámica
Autor/a: Biel
Editorial Reverté
Tomo: 1

pero de

$$\begin{aligned} u &= \delta(f + Ts) = \delta f + T \delta s + s \delta T + \delta T \delta s \\ \delta^1 u + \delta^2 u + \dots &= \delta^1 f + \delta^2 f + \dots + T \delta s + s \delta T + \delta T \delta s \\ T \delta s - P \delta v + \delta^2 u + \dots &= -s \delta T - P \delta v + \delta^2 f + \dots + T \delta s + s \delta T + \delta T \delta s \\ \delta^2 u + \dots &= \delta^2 f + \dots + \delta T \delta s \end{aligned}$$

se encuentra que¹⁹ $(\delta^2 u)_T = (\delta^2 f)_T = \frac{1}{2} f_{vv}(\delta v)^2$ y se obtiene finalmente

$$\delta^2 u = \frac{1}{2} \left[\frac{1}{u_{ss}} (\delta T)^2 + f_{vv}(\delta v)^2 \right] > 0,$$

de donde

$$u_{ss} = \left(\frac{\partial T}{\partial s} \right)_v = \frac{T}{c_V} > 0 \quad y \quad f_{vv} = - \left(\frac{\partial P}{\partial v} \right)_T = \frac{1}{v \kappa_T} > 0,$$

es decir, $c_V > 0$ y $\kappa_T > 0$. Éstas son las llamadas *condiciones de estabilidad*,²⁰ que han sido deducidas aquí como propiedades que han de tener todos los sistemas simples en el equilibrio como consecuencia del principio de mínimo de la energía. Recordando las expresiones de la diferencia de los calores molares y de la relación de Reech,²¹ se encuentra finalmente

$$c_P > c_V > 0 \quad y \quad \kappa_T > \kappa_S > 0.$$



Estas condiciones son necesarias para la estabilidad de un s.s.m., pero no son suficientes para garantizarla. En efecto, para deducir estas desigualdades se han considerado variaciones virtuales pequeñas (y por eso tiene sentido exigir $\delta^2 u > 0$); aseguran que el s.s.m. es estable²² frente a pequeñas fluctuaciones, pero nada dicen frente a fluctuaciones grandes. La desigualdad $\delta u > 0$, sin embargo, establece que el sistema, en el estado de mínima energía está en equilibrio estable frente a cualquier variación virtual (grande o pequeña), está en un "verdadero" estado de equilibrio; un s.s.m. que cumpliera las condiciones de estabilidad pero que no estuviera en equilibrio (que no fuera estable frente a grandes fluctuaciones) se dice que está en un *estado metastable*.²³



Año edición: 1998

Páginas referenciadas: epígrafe 5.6, página 113 y ss.

Bibliografía 2:

Título:
Autor/a:
Editorial
Tomo:
Año edición:
Páginas referenciadas:

AUTOR/A DE LA PREGUNTA:

pero de

$$\begin{aligned} u &= \delta(f + Ts) = \delta f + T \delta s + s \delta T + \delta T \delta s \\ \delta^1 u + \delta^2 u + \dots &= \delta^1 f + \delta^2 f + \dots + T \delta s + s \delta T + \delta T \delta s \\ T \delta s - P \delta v + \delta^2 u + \dots &= -s \delta T - P \delta v + \delta^2 f + \dots + T \delta s + s \delta T + \delta T \delta s \\ \delta^2 u + \dots &= \delta^2 f + \dots + \delta T \delta s \end{aligned}$$

se encuentra que¹⁹ $(\delta^2 u)_T = (\delta^2 f)_T = \frac{1}{2} f_{vv}(\delta v)^2$ y se obtiene finalmente

$$\delta^2 u = \frac{1}{2} \left[\frac{1}{u_{ss}} (\delta T)^2 + f_{vv}(\delta v)^2 \right] > 0,$$

de donde

$$u_{ss} = \left(\frac{\partial T}{\partial s} \right)_v = \frac{T}{c_V} > 0 \quad y \quad f_{vv} = - \left(\frac{\partial P}{\partial v} \right)_T = \frac{1}{v \kappa_T} > 0,$$

es decir, $c_V > 0$ y $\kappa_T > 0$. Éstas son las llamadas *condiciones de estabilidad*,²⁰ que han sido deducidas aquí como propiedades que han de tener todos los sistemas simples en el equilibrio como consecuencia del principio de mínimo de la energía. Recordando las expresiones de la diferencia de los calores molares y de la relación de Reech,²¹ se encuentra finalmente

$$c_P > c_V > 0 \quad y \quad \kappa_T > \kappa_S > 0.$$



Estas condiciones son necesarias para la estabilidad de un s.s.m., pero no son suficientes para garantizarla. En efecto, para deducir estas desigualdades se han considerado variaciones virtuales pequeñas (y por eso tiene sentido exigir $\delta^2 u > 0$); aseguran que el s.s.m. es estable²² frente a pequeñas fluctuaciones, pero nada dicen frente a fluctuaciones grandes. La desigualdad $\delta u > 0$, sin embargo, establece que el sistema, en el estado de mínima energía está en equilibrio estable frente a cualquier variación virtual (grande o pequeña), está en un "verdadero" estado de equilibrio; un s.s.m. que cumpliera las condiciones de estabilidad pero que no estuviera en equilibrio (que no fuera estable frente a grandes fluctuaciones) se dice que está en un *estado metastable*.²³



Justificación de la respuesta:

Los coeficientes asociados con derivadas segundas directas de los potenciales termodinámicos, llamados en general susceptibilidades, han de ser positivos y no pueden anularse, según indican los criterios de estabilidad del equilibrio termodinámico. Ejemplo de estos coeficientes son: los calores específicos, o los coeficientes de compresibilidad. Tampoco relaciones entre ellos como el índice adiabático.

Los coeficientes asociados con derivadas cruzadas de los potenciales termodinámicos, que expresan el acople entre diferentes componentes de la energía, no tienen restricción termodinámica alguna: pueden ser positivos, negativos o cero. Es el caso del coeficiente de dilatación isobárico. El agua, por ejemplo, tiene un coeficiente de dilatación nulo a la temperatura de 4 grados centígrados.

pero de

$$\begin{aligned} u &= \delta(f + Ts) = \delta f + T \delta s + s \delta T + \delta T \delta s \\ \delta^1 u + \delta^2 u + \dots &= \delta^1 f + \delta^2 f + \dots + T \delta s + s \delta T + \delta T \delta s \\ T \delta s - P \delta v + \delta^2 u + \dots &= -s \delta T - P \delta v + \delta^2 f + \dots + T \delta s + s \delta T + \delta T \delta s \\ \delta^2 u + \dots &= \delta^2 f + \dots + \delta T \delta s \end{aligned}$$

se encuentra que¹⁹ $(\delta^2 u)_T = (\delta^2 f)_T = \frac{1}{2} f_{vv}(\delta v)^2$ y se obtiene finalmente

$$\delta^2 u = \frac{1}{2} \left[\frac{1}{u_{ss}} (\delta T)^2 + f_{vv}(\delta v)^2 \right] > 0,$$

de donde

$$u_{ss} = \left(\frac{\partial T}{\partial s} \right)_v = \frac{T}{c_V} > 0 \quad y \quad f_{vv} = - \left(\frac{\partial P}{\partial v} \right)_T = \frac{1}{v \kappa_T} > 0,$$

es decir, $c_V > 0$ y $\kappa_T > 0$. Éstas son las llamadas *condiciones de estabilidad*,²⁰ que han sido deducidas aquí como propiedades que han de tener todos los sistemas simples en el equilibrio como consecuencia del principio de mínimo de la energía. Recordando las expresiones de la diferencia de los calores molares y de la relación de Reech,²¹ se encuentra finalmente

$$c_P > c_V > 0 \quad y \quad \kappa_T > \kappa_S > 0.$$



Estas condiciones son necesarias para la estabilidad de un s.s.m., pero no son suficientes para garantizarla. En efecto, para deducir estas desigualdades se han considerado variaciones virtuales pequeñas (y por eso tiene sentido exigir $\delta^2 u > 0$); aseguran que el s.s.m. es estable²² frente a pequeñas fluctuaciones, pero nada dicen frente a fluctuaciones grandes. La desigualdad $\delta u > 0$, sin embargo, establece que el sistema, en el estado de mínima energía está en equilibrio estable frente a cualquier variación virtual (grande o pequeña), está en un "verdadero" estado de equilibrio; un s.s.m. que cumpliera las condiciones de estabilidad pero que no estuviera en equilibrio (que no fuera estable frente a grandes fluctuaciones) se dice que está en un *estado metastable*.²³



pero de

$$\begin{aligned} u &= \delta(f + Ts) = \delta f + T \delta s + s \delta T + \delta T \delta s \\ \delta^1 u + \delta^2 u + \dots &= \delta^1 f + \delta^2 f + \dots + T \delta s + s \delta T + \delta T \delta s \\ T \delta s - P \delta v + \delta^2 u + \dots &= -s \delta T - P \delta v + \delta^2 f + \dots + T \delta s + s \delta T + \delta T \delta s \\ \delta^2 u + \dots &= \delta^2 f + \dots + \delta T \delta s \end{aligned}$$

se encuentra que¹⁹ $(\delta^2 u)_T = (\delta^2 f)_T = \frac{1}{2} f_{vv}(\delta v)^2$ y se obtiene finalmente

$$\delta^2 u = \frac{1}{2} \left[\frac{1}{u_{ss}} (\delta T)^2 + f_{vv}(\delta v)^2 \right] > 0,$$

de donde

$$u_{ss} = \left(\frac{\partial T}{\partial s} \right)_v = \frac{T}{c_V} > 0 \quad y \quad f_{vv} = - \left(\frac{\partial P}{\partial v} \right)_T = \frac{1}{v \kappa_T} > 0,$$

es decir, $c_V > 0$ y $\kappa_T > 0$. Éstas son las llamadas *condiciones de estabilidad*,²⁰ que han sido deducidas aquí como propiedades que han de tener todos los sistemas simples en el equilibrio como consecuencia del principio de mínimo de la energía. Recordando las expresiones de la diferencia de los calores molares y de la relación de Reech,²¹ se encuentra finalmente

$$c_P > c_V > 0 \quad y \quad \kappa_T > \kappa_S > 0.$$



Estas condiciones son necesarias para la estabilidad de un s.s.m., pero no son suficientes para garantizarla. En efecto, para deducir estas desigualdades se han considerado variaciones virtuales pequeñas (y por eso tiene sentido exigir $\delta^2 u > 0$); aseguran que el s.s.m. es estable²² frente a pequeñas fluctuaciones, pero nada dicen frente a fluctuaciones grandes. La desigualdad $\delta u > 0$, sin embargo, establece que el sistema, en el estado de mínima energía está en equilibrio estable frente a cualquier variación virtual (grande o pequeña), está en un "verdadero" estado de equilibrio; un s.s.m. que cumpliera las condiciones de estabilidad pero que no estuviera en equilibrio (que no fuera estable frente a grandes fluctuaciones) se dice que está en un *estado metastable*.²³



puede interpretarse como que esa disminución de densidad implica una disminución de la presión de esa región —menor presión que la del resto del s.s.m. (que será algo mayor que la del equilibrio pues, como V^{tot} es constante, ocupará un volumen $V^{\circ} - \delta V$)—. La fluctuación ha roto el equilibrio mecánico de la región con el resto del sistema y, de acuerdo con el principio de mínima energía, el sistema evolucionará hasta que se igualen las presiones y se obtenga de nuevo la presión de equilibrio para todo el s.s.m. La condición $\kappa_T > 0$ asegura que el estado de equilibrio de un s.s.m. es estable frente a fluctuaciones internas del tipo de la que acaba de estudiarse.

De modo semejante, la entrada de calor $T \delta S > 0$ a una pequeña región de un s.s.m. (procedente del resto del sistema) elevaría la temperatura de la región, ya que $c_V > 0$; el enunciado de Clausius exigiría que ese calor fuera de nuevo cedido por la región al resto del sistema y se igualasen de nuevo las temperaturas.

Esta respuesta del sistema a las fluctuaciones oponiéndose a ellas y restableciendo el equilibrio se conoce con el nombre de *principio de Le Chatelier*. Pero cabe interpretar este principio extendiéndolo a las respuestas a acciones que modifiquen en realidad el estado del sistema (que hagan que el sistema pase de un estado de equilibrio a otro). Así, considérese el caso en que se comunica calor a un s.s.m. manteniéndolo a presión (o volumen) constante; la elevación de temperatura que experimenta el sistema —pues c_P y c_V son positivos— es interpretada por el principio de Le Chatelier como la respuesta que se opone a la acción exterior perturbadora, pues la elevación de temperatura del sistema “dificulta” la entrada de más calor. Aún pueden complicarse más los razonamientos que llevarían a explicar determinados procesos interpretándolos a la luz del principio de Le Chatelier; por ejemplo, al poner un s.s.m. en contacto con un termostato de temperatura superior, el sistema absorbe calor del termostato para aumentar su temperatura y anular así la diferencia inicial de temperaturas a que se vio sometido inicialmente.²⁴

El principio de Le Chatelier puede ampliarse para explicar también las llamadas *respuestas indirectas* del sistema y, en este caso se conoce como *principio de Le Chatelier-Braun*. Así se dice que cuando se expande un s.s.m. con $\alpha > 0$ y en contacto con un termostato, además de disminuir la presión (que sería la *respuesta directa*), entra calor al sistema (*respuesta indirecta*), porque una absorción de calor a volumen constante tendería a aumentar la presión (V. Figura 5.11). En este caso en el que la acción y la respuesta son cambios de magnitudes extensivas (v y s), el sentido de la respuesta indirecta es el que, sin la acción, se opondría a la respuesta directa (la disminución de P):

$$\text{acción: } dv > 0;$$

$$\text{respuesta directa: } (dP)_T = \left(\frac{\partial P}{\partial v} \right)_T dv = -\frac{1}{v \kappa_T} dv < 0;$$

$$\text{respuesta indirecta: } (ds)_T = \left(\frac{\partial s}{\partial v} \right)_T dv = \frac{\alpha}{\kappa_T} dv > 0,$$

y la “oposición” de la respuesta indirecta a la directa se manifiesta (independientemente del signo de α) en el signo negativo de

$$\left[\left(\frac{\partial P}{\partial s} \right)_v (ds)_T \right] (dP)_T = \frac{\alpha T}{c_V \kappa_T} \frac{\alpha}{\kappa_T} \left(-\frac{1}{v \kappa_T} \right) (dv)^2 = -\frac{T \alpha^2}{v c_V \kappa_T^2} (dv)^2 < 0.$$

²⁴ Esta interpretación es análoga a la de que al aplicar una fuerza a un resorte inicialmente en equilibrio, éste se estira para crear una fuerza elástica que equilibre la fuerza exterior aplicada.

en el equilibrio como consecuencia del principio de mínimo de la energía. Recordando las expresiones de la diferencia de los calores molares y de la relación de Reech,²¹ se encuentra finalmente

$$c_P > c_V > 0 \quad \text{y} \quad \kappa_T > \kappa_S > 0.$$

Estas condiciones son necesarias para la estabilidad de un s.s.m., pero no son suficientes para garantizarla. En efecto, para deducir estas desigualdades se han considerado variaciones virtuales pequeñas (y por eso tiene sentido exigir $\delta^2 u > 0$); aseguran que el s.s.m. es estable²² frente a pequeñas fluctuaciones, pero nada dicen frente a fluctuaciones grandes. La desigualdad $\delta u > 0$, sin embargo, establece que el sistema, en el estado de mínima energía está en equilibrio estable frente a cualquier variación virtual (grande o pequeña), está en un “verdadero” estado de equilibrio; un s.s.m. que cumpliera las condiciones de estabilidad pero que no estuviera en equilibrio (que no fuera estable frente a grandes fluctuaciones) se dice que está en un *estado metastable*.²³

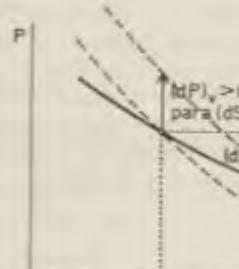


FIGURA 5.11

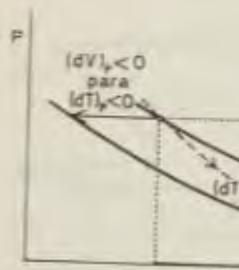


FIGURA 5.12

Otro proceso que cabe interpretar de acuerdo con el principio de Le Chatelier es el siguiente: Cuando se expande reversiblemente un s.s.m. con $\alpha > 0$, disminuyen la presión y la temperatura. Si se mantiene la presión constante tendería a contraer el sistema (disminución de temperatura), lo cual es una respuesta indirecta (de magnitud distinto carácter que la acción) y su sentido es el contrario de la acción (en este caso, sin la disminución de la presión), se dice que es una respuesta indirecta de Le Chatelier-Braun.

$$\text{acción: } dv > 0;$$

$$\text{respuesta directa: } (dP)_s < 0;$$

$$\text{respuesta indirecta: } (dT)_s > 0;$$

y la “oposición” de la respuesta indirecta a la directa se manifiesta (independientemente del signo de α) en el signo negativo de

$$\left[\left(\frac{\partial v}{\partial T} \right)_s (dT)_s \right] dv = v \alpha \left(-\frac{1}{c_V \kappa_T} \right) dv < 0.$$

Un tercer proceso de otro tipo es el siguiente: Si se mantiene constante la presión y en equilibrio con un manóstato, el sistema



porque una absorción de calor a volumen constante tendería a aumentar la presión (que disminuiría en una expansión isoterma) y porque un aumento de temperatura sin absorción de calor tendería a disminuir el volumen (V. Figura 5.13). En este caso no hay respuesta directa (P es constante) sino dos indirectas: la del mismo carácter de la acción (la absorción de calor, ya que s y c son extensivas) sería como en el primero de los casos estudiados [se opondría por sí sola (sin la acción) a la respuesta directa (disminución de presión)]; y la respuesta de distinto carácter que la acción (el aumento de temperatura) se opondría por sí sola (sin la otra respuesta indirecta) a la acción:

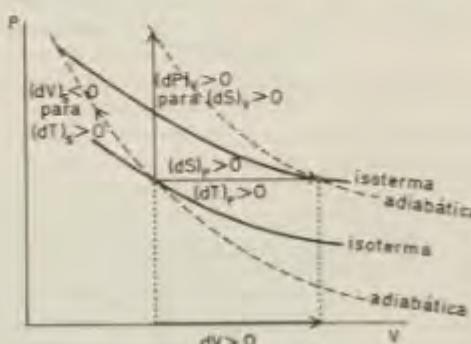


FIGURA 5.13

acción:

$$du > 0;$$

respuesta directa:

$$\text{no hay [sería } (dP)_T = -\frac{1}{v\kappa_T} dv < 0];$$

respuesta indirecta:

$$(ds)_P = \left(\frac{\partial s}{\partial T}\right)_P dv - \frac{c_P}{T v \alpha} dv > 0.$$

respuesta indirecta:

$$(dT)_P = \left(\frac{\partial T}{\partial V}\right)_P dv - \frac{1}{v \alpha} dv > 0,$$

y la "oposición" de las respuestas indirectas a la directa y a la acción, respectivamente, se manifiesta (independientemente del signo de α) en el signo negativo de las expresiones

$$\left[\left(\frac{\partial P}{\partial s} \right)_v (ds)_P \right] (dP)_T = \frac{T \alpha}{c_V \kappa_T} \frac{c_P}{T v \alpha} \left(-\frac{1}{v \kappa_T} \right) (dv)^2 = -\frac{c_P}{c_V \kappa_T^2 v^2} (dv)^2 < 0;$$

$$\left[\left(\frac{\partial v}{\partial T} \right)_s (dT)_P \right] dv = -\frac{c_V \kappa_T}{T \alpha} \frac{1}{v \alpha} (dv)^2 = -\frac{c_V \kappa_T}{T v \alpha^2} (dv)^2 < 0.$$

La comparación de los dos primeros procesos que acabas de considerarse muestra que al aumentar el volumen de un s.s.m., la disminución de la presión es menor si el proceso es isotermo que si es adiabático, pues en el primer caso el calor absorbido por el sistema reduce la diferencia de presiones (V. Figura 5.14). Esto es un caso particular del principio de Le Chatelier-Braun: si sobre un sistema en equilibrio se ejerce una acción exterior (incremento de volumen), la respuesta directa (disminución de la presión), si la hay, es menor en valor absoluto si la indirecta es del mismo carácter que la variable

las expresiones de la diferencia de los calores molarres y de la relación de Avogadro se encuentra finalmente

$$c_P > c_V > 0 \quad \text{y} \quad \kappa_T > \kappa_S > 0.$$



Estas condiciones son necesarias para la estabilidad de un s.s.m., pero no son suficientes para garantizarla. En efecto, para deducir estas desigualdades se han considerado variaciones virtuales pequeñas (y por eso tiene sentido exigir $\delta^2 u > 0$); aseguran que el s.s.m. es estable²² frente a pequeñas fluctuaciones, pero nada dicen frente a fluctuaciones grandes. La desigualdad $\delta u > 0$, sin embargo, establece que el sistema, en el estado de mínima energía está en equilibrio estable frente a cualquier variación virtual (grande o pequeña), está en un "verdadero" estado de equilibrio; un s.s.m. que cumpliera las condiciones de estabilidad pero que no estuviera en equilibrio (que no fuera estable frente a grandes fluctuaciones) se dice que está en un *estado metastable*.²³

modificada por la acción (absorción de la temperatura):

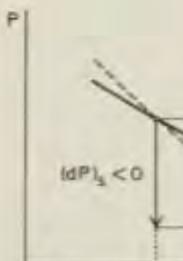
Igualmente se tendría:

$$|(dT)_P| < |(dT)_s|,$$

En el caso aquí considerado (la prisión), se tiene en efecto, que

$$|(dP)_T| = \left| \left(\frac{\partial P}{\partial v} \right)_T dv \right| = \left| \frac{1}{v \kappa_T} dv \right|$$

porque $\kappa_S < \kappa_T$.



Hay que reconocer que muchas Chatelier y de Le Chatelier-Braun que no siempre son útiles para averiar una determinada acción que se ejerza sobre un sistema. Sin embargo, si estos principios, aunque su forma sea muy sencilla, que se refieren a propiedades de estabilidad, es decir, de *estado*.

5.8. Nota sobre la estabilidad

Una función $f(x)$ con segunda derivada $f''(x)$ y convexa si $f''(x) > 0$ (V. Figura 5.15) y convexa si $f''(x) < 0$ (V. Figura 5.16).

Recordando las formas diferenciales

$$du = T ds - P dv, \quad df = -s dT$$

²²En las Secciones 12.6 y 19.5 se aplica la fórmula con detalle en su forma más general.

²³En el texto se menciona que el sistema es estable frente a fluctuaciones grandes.



pero de

$$\begin{aligned} u &= \delta(f + Ts) = \delta f + T \delta s + s \delta T + \delta T \delta s \\ \delta^1 u + \delta^2 u + \dots &= \delta^1 f + \delta^2 f + \dots + T \delta s + s \delta T + \delta T \delta s \\ T \delta s - P \delta v + \delta^2 u + \dots &= -s \delta T - P \delta v + \delta^2 f + \dots + T \delta s + s \delta T + \delta T \delta s \\ \delta^2 u + \dots &= \delta^2 f + \dots + \delta T \delta s \end{aligned}$$

se encuentra que¹⁹ $(\delta^2 u)_T = (\delta^2 f)_T = \frac{1}{2} f_{vv}(\delta v)^2$ y se obtiene finalmente

$$\delta^2 u = \frac{1}{2} \left[\frac{1}{u_{ss}} (\delta T)^2 + f_{vv}(\delta v)^2 \right] > 0,$$

de donde

$$u_{ss} = \left(\frac{\partial T}{\partial s} \right)_v = \frac{T}{c_V} > 0 \quad y \quad f_{vv} = - \left(\frac{\partial P}{\partial v} \right)_T = \frac{1}{v \kappa_T} > 0,$$

es decir, $c_V > 0$ y $\kappa_T > 0$. Éstas son las llamadas *condiciones de estabilidad*,²⁰ que han sido deducidas aquí como propiedades que han de tener todos los sistemas simples en el equilibrio como consecuencia del principio de mínimo de la energía. Recordando las expresiones de la diferencia de los calores molares y de la relación de Reech,²¹ se encuentra finalmente

$$c_P > c_V > 0 \quad y \quad \kappa_T > \kappa_S > 0.$$



Estas condiciones son necesarias para la estabilidad de un s.s.m., pero no son suficientes para garantizarla. En efecto, para deducir estas desigualdades se han considerado variaciones virtuales pequeñas (y por eso tiene sentido exigir $\delta^2 u > 0$); aseguran que el s.s.m. es estable²² frente a pequeñas fluctuaciones, pero nada dicen frente a fluctuaciones grandes. La desigualdad $\delta u > 0$, sin embargo, establece que el sistema, en el estado de mínima energía está en equilibrio estable frente a cualquier variación virtual (grande o pequeña), está en un "verdadero" estado de equilibrio; un s.s.m. que cumpliera las condiciones de estabilidad pero que no estuviera en equilibrio (que no fuera estable frente a grandes fluctuaciones) se dice que está en un *estado metastable*.²³



FORMULARIO PREGUNTAS DE EXAMEN DEL AÑO 2025-26

N.º de pregunta en el examen:

45

Respuesta correcta:

1

Enunciado de la pregunta:

El principio de funcionamiento del par termoeléctrico o termopar es:

Respuesta 1 El efecto Seebeck.

Respuesta 2 El efecto Ettinghausen.

Respuesta 3 El efecto Hall.

Respuesta 4 El efecto Coriolis-Marangoni.

Bibliografía 1:

Título: Termodinámica

Autor/a: Biel

Editorial Reverté

Tomo: 2

Año edición: 1985

Páginas referenciadas: Epígrafe P4, página 883.



Bibliografía 2:

Título:
Autor/a:
Editorial
Tomo:
Año edición:
Páginas referenciadas:

AUTOR/A DE LA PREGUNTA:



FORMULARIO PREGUNTAS DE EXAMEN DEL AÑO 2025-26

N.º de pregunta en el examen:

46

Respuesta correcta:

2

Enunciado de la pregunta:

Una barra delgada de un metal tiene una longitud de 1.00 m a temperatura ambiente. Se calienta de modo que su temperatura aumenta en 100 K y su longitud aumenta en 2.00 mm. El valor del coeficiente de expansión lineal del metal es:

Respuesta 1 $2.00 \times 10^{-6} K^{-1}$.

Respuesta 2 $2.00 \times 10^{-5} K^{-1}$.

Respuesta 3 $2.00 \times 10^{-3} K^{-1}$.

Respuesta 4 $2.00 \times 10^{-2} K^{-1}$.

Bibliografía 1:

Título: Física Universitaria

Autor/a: Sears/Zemanski/Young/Freedman

Editorial: Pearson Addison-Wesley

Tomo: 1

Año edición: 2004

Páginas referenciadas: 647



Bibliografía 2:

Título:
Autor/a:
Editorial:
Tomo:
Año edición:
Páginas referenciadas:

AUTOR/A DE LA PREGUNTA:



Comentario

El coeficiente de expansión lineal de una barra delgada, α , es

$$\alpha = \frac{\Delta L}{L_0 \Delta T'}$$

siendo L_0 la longitud de la barra, ΔT el incremento de temperatura y ΔL el incremento de longitud al calentarla. Utilizando los datos del enunciado tenemos

$$\alpha = \frac{2 \times 10^{-3}}{1 \times 10^2} = 2 \times 10^{-5} K^{-1}.$$



FORMULARIO PREGUNTAS DE EXAMEN DEL AÑO 2025-26

N.º de pregunta en el examen:

47

Respuesta correcta:

3

Enunciado de la pregunta:

El Sol emite como un cuerpo negro a una temperatura de unos 5500 °C, la de su fotosfera. El máximo de su emisión está en la longitud de onda de unos 500 nm (correspondiente al color verde). Si consideramos el cuerpo humano como un cuerpo negro cuya temperatura es de unos 37º, el máximo de la emisión se encontrará alrededor de:

Respuesta 1	460 nm
Respuesta 2	2000 nm
Respuesta 3	9.300 nm
Respuesta 4	55000 nm

Bibliografía 1:

Título: Transferencia de Calor
Autor/a: J.P. Holman
Editorial: Mc Graw Hill
Tomo:
Año edición: 1997
Páginas referenciadas: 274



AUTOR/A DE LA PREGUNTA:

COMENTARIOS:

Se trata de una aplicación sencilla de la ley de desplazamiento de Wien para la emisión de un cuerpo negro. La longitud de onda a la que se produce el máximo de la emisión λ_{max} y la temperatura absoluta del cuerpo negro T siguen la relación:

$$\lambda_{max} T = cte \quad \text{por tanto} \quad \lambda_{max,Sol} T_{Sol} = \lambda_{max,cuerpo} T_{cuerpo}$$

$$\lambda_{max,cuerpo} = \frac{\lambda_{max,Sol} T_{Sol}}{T_{cuerpo}} = 500 \text{ nm} \frac{(5500+273,15)}{(37+273,15)} = 9.307 \text{ nm}$$

y se encuentra que el cociente entre el poder emisor de un cuerpo y el poder emisor de un cuerpo negro *a la misma temperatura*, es igual a la absorciónt del cuerpo. Este cociente se define como *emisividad* ε del cuerpo.

$$\varepsilon = \frac{E}{E_b} \quad (8.7)$$

así que

$$\varepsilon = \alpha \quad (8.8)$$

La Ec.(8.8) recibe el nombre de identidad de Kirchhoff. En este punto, se hace notar que las emisividades y absorcióntes que se han discutido, son las propiedades *totales* del material en cuestión; esto es, representan el comportamiento del material integrado sobre todas las longitudes de onda. Las sustancias reales emiten menos radiación que las superficies negras ideales, como indica la emisividad del material. En realidad, la emisividad de un material varía con la temperatura y longitud de onda de la radiación.

El cuerpo gris

Un *cuerpo gris* se define como aquel que tiene una emisividad monocromática ε_λ independiente de la longitud de onda. La *emisividad monocromática* se define como el cociente entre el poder emisor monocromático del cuerpo y el poder emisor monocromático de un cuerpo negro a la misma longitud de onda y temperatura. Así

$$\varepsilon_\lambda = \frac{E_\lambda}{E_{b\lambda}}$$

La emisividad total del cuerpo se puede relacionar con la emisividad monocromática dándose cuenta de que

$$E = \int_0^\infty \varepsilon_\lambda E_{b\lambda} d\lambda \quad \text{y} \quad E_b = \int_0^\infty E_{b\lambda} d\lambda = \sigma T^4$$

de manera que

$$\varepsilon = \frac{E}{E_b} = \frac{\int_0^\infty \varepsilon_\lambda E_{b\lambda} d\lambda}{\sigma T^4} \quad (8.9)$$

donde $E_{b\lambda}$ es el poder emisor de un cuerpo negro por unidad de longitud

de onda. Si se impone la condición de cuerpo gris, esto es, $\varepsilon_\lambda = \text{constante}$, la Ec. (8.9) se reduce a

$$\varepsilon = \varepsilon_\lambda \quad (8.10)$$

Las emisividades de varias sustancias varían ampliamente con la longitud de onda, la temperatura y las condiciones de la superficie. En el Apéndice A se dan algunos valores típicos de la emisividad total de varias superficies. Se puede señalar que los valores tabulados se hallan sujetos a una incertidumbre experimental considerable. En la Referencia 14 se ofrece una revisión muy completa sobre las propiedades de la radiación.

La relación funcional de $E_{b\lambda}$ fue obtenida por Planck introduciendo el concepto de cuanto para la energía electromagnética. Ahora, por lo general, la obtención se lleva a cabo utilizando los métodos de la termodinámica estadística, y se demuestra que $E_{b\lambda}$ está relacionada con la densidad de energía de la Ec. (8.2) por

$$E_{b\lambda} = \frac{u_\lambda c}{4} \quad (8.11)$$

$$E_{b\lambda} = \frac{C_1 \lambda^{-5}}{e^{C_2/\lambda T} - 1} \quad (8.12)$$

donde λ = longitud de onda, μm

T = temperatura, K

$$C_1 = 3,743 \times 10^8 \text{ W} \cdot \mu\text{m}^4/\text{m}^2 \quad [1,187 \times 10^8 \text{ Btu} \cdot \mu\text{m}^4/\text{h} \cdot \text{ft}^2]$$

$$C_2 = 1,4387 \times 10^4 \text{ } \mu\text{m} \cdot \text{K} \quad [2,5896 \times 10^4 \text{ } \mu\text{m} \cdot ^\circ\text{R}]$$

En la Figura 8.5a se ofrece una representación gráfica de $E_{b\lambda}$ en función de la temperatura y la longitud de onda. Adviéntase que el máximo de la curva está desplazado hacia longitudes de onda más cortas para temperaturas más altas. Estos máximos de las curvas de radiación están relacionados por la ley del desplazamiento de Wien

$$\lambda_{\text{máx}} T = 2.897,6 \text{ } \mu\text{m} \cdot \text{K} \quad [5.215,6 \text{ } \mu\text{m} \cdot ^\circ\text{R}] \quad (8.13)$$

La Figura 8.5b indica los espectros de radiación relativos de un cuerpo negro a 1.922 °C y a un cuerpo gris ideal correspondiente con una emisividad igual a 0,6. También se muestra una curva que indica un comportamiento aproximado de una superficie real, que puede diferir considerablemente tanto del comportamiento de un cuerpo negro ideal, como del correspondiente a un cuerpo gris ideal. Con fines de análisis, las superficies se consideran generalmente cuerpos grises, con valores de emisividad tomados como el promedio integrado.



FORMULARIO PREGUNTAS DE EXAMEN DEL AÑO 2025-26

N.º de pregunta en el examen:

48

Respuesta correcta:

1

Enunciado de la pregunta:

Un cuerpo negro a 27 °C radia una potencia de 100 Watos. Si su temperatura sube a 30°C emitirá aproximadamente:

Respuesta 1 104 W.

Respuesta 2 120 W.

Respuesta 3 140 W.

Respuesta 4 210 W.

Bibliografía 1:

Título: Transferencia de Calor

Autor/a: J.P. Holman

Editorial: Mc Graw Hill

Tomo:

Año edición: 1997

Páginas referenciadas: 275



FORMULARIO PREGUNTAS DE EXAMEN DEL AÑO 2025-26

N.º de pregunta en el examen:

49

Respuesta correcta:

1

Enunciado de la pregunta:

Un sistema de refrigeración ideal opera entre dos focos térmicos:

Foco caliente (ambiente exterior): 20 °C

Foco frío (interior del refrigerador): 0 °C

Se desea enfriar y congelar 1 kg de agua inicialmente a 20 °C hasta convertirla completamente en hielo a 0 °C.

$C_{\text{agua}} = 4.18 \text{ KJ/Kg}\cdot\text{K}$

$L_f\text{ _agua} = 334 \text{ KJ/Kg}$

¿Cuál es el trabajo mínimo que debe realizar el compresor del sistema de refrigeración ideal para lograr este proceso?:

Respuesta 1 30.6KJ.

Respuesta 2 35.6KJ.

Respuesta 3 40.6KJ.

Respuesta 4 45.6KJ.

Bibliografía 1:

Título:Física General
Autor/a:S. Burbano de Ercilla
Editorial Mira
Tomo:
Año edición:1993



Páginas referenciadas:465

Bibliografía 2:

Título:
Autor/a:
Editorial
Tomo:
Año edición:
Páginas referenciadas:

AUTOR/A DE LA PREGUNTA:



2. Cálculo rendimiento y trabajo del frigorífico ideal

$$K = \frac{Q_1}{W} = \frac{T_1}{T_2 - T_1}$$

$$W = \frac{Q_1}{K} = \frac{Q_1}{\frac{T_1}{T_2 - T_1}} = \frac{417.6 KJ}{\frac{273.15 K}{293.15 K - 273.15 K}} = 30.6 KJ$$



FORMULARIO PREGUNTAS DE EXAMEN DEL AÑO 2025-26

N.º de pregunta en el examen:

50

Respuesta correcta:

2

Enunciado de la pregunta:

Seleccione cuál sería la temperatura de equilibrio de la superficie de la Tierra si ésta se hallase en equilibrio termodinámico y absorbiese el 100% de la radiación recibida del Sol:

[Datos: Constante solar = $1,37 \times 10^3 \text{ W/m}^2$, constante de Stefan = $5,7 \times 10^{-8} \text{ W/(m}^2\text{K}^4)$, constante de Wien = $2,9 \times 10^{-3} \text{ mK}$]

Respuesta 1	255 K.
Respuesta 2	278 K.
Respuesta 3	298 K.
Respuesta 4	390 K.

Bibliografía 1:

Título: Meteorología y climatología
Autor/a: I. Zúñiga López y E. Crespo del Arco
Editorial: Universidad Nacional de Educación a Distancia, Madrid
Tomo: -
Año edición: 2015
Páginas referenciadas: 38-39



COMENTARIOS

Estableciendo la condición de equilibrio entre la energía incidente $\pi R_T^2 S$, y la emitida por radiación, dada por la ley de Stefan-Boltzman, $4\pi\sigma T^4 R_T^2$, se obtiene $T = (S/4\sigma)^{1/4}$ o sea $T = [1.37 \times 10^3 / (4 \times 5.7 \times 10^{-8})]^{1/4} = 278$ K

[En la referencia bibliográfica se resuelve un ejemplo con albedo 0.3 (en la pregunta sería albedo 0), dando como resultado 255 K]

cambia según

$$Q = mc \frac{dT}{dt}. \quad (2.8)$$

Como la Tierra sólo intercambia calor con el exterior en forma de radiación, el balance de calor por unidad de tiempo es la diferencia entre la potencia que recibe y la potencia que emite, esto es,

$$Q = P_{abs} - P_{emi}.$$

Cuando se cumple que $P_{abs} = P_{emi}$, la Tierra está en equilibrio térmico, en cuyo caso, la ecuación (2.8) implica que la temperatura es constante. Esta última igualdad también se conoce como **balance radiativo** porque ambas energías, la que llega del Sol y la que emite la Tierra, lo son en forma de radiación.

Antes de analizar cuantitativamente el balance energético detallado, en esta sección vamos a considerar unos modelos sencillos que permiten calcular la temperatura terrestre como consecuencia del equilibrio térmico y determinar la importancia de cada uno de los flujos.

- **¿Cuál sería la temperatura de la Tierra si no hubiera atmósfera?** Suponiendo que la radiación solar se distribuye uniformemente sobre la superficie terrestre, la potencia por unidad de superficie que llega a la Tierra es un cuarto de la constante solar, $S/4$, ver la ecuación (2.6). De este flujo, $\alpha S/4$ se refleja directamente al espacio exterior y el resto,

$$F_{abs} = S(1 - \alpha)/4,$$

se absorbe por el planeta.

Como la Tierra está a la temperatura T_0 , radia un flujo de potencia que, de acuerdo con la ley de Stefan-Boltzmann, es

$$F_{emi} = \sigma T_0^4.$$

Igualando ambos flujos de potencia, tenemos que

$$S(1 - \alpha) = 4\sigma T_0^4,$$

de donde podemos despejar la temperatura de la superficie te-



FORMULARIO PREGUNTAS DE EXAMEN DEL AÑO 2025-26

N.º de pregunta en el examen:

51

Respuesta correcta:

4

Enunciado de la pregunta:

Una carga eléctrica se mueve con aceleración de módulo 'a'. La potencia radiada es proporcional a:

Respuesta 1 $a^{1/2}$.

Respuesta 2 a.

Respuesta 3 $a^{3/2}$.

Respuesta 4 a^2 .

Bibliografía 1:

Título: The theory of the electromagnetic field

Autor/a: D.M. Cook

Editorial Prentice Hall

Tomo: 1

Año edición: 1975

Páginas referenciadas: 419



Bibliografía 2:

Título:
Autor/a:
Editorial
Tomo:
Año edición:
Páginas referenciadas:

AUTOR/A DE LA PREGUNTA:

Comentario: la potencia es proporcional a la aceleración al cuadrado tanto en el caso no relativista como en el relativista.



FORMULARIO PREGUNTAS DE EXAMEN DEL AÑO 2025-26

N.º de pregunta en el examen:

52

Respuesta correcta:

4

Enunciado de la pregunta:

¿Cuál de los siguientes modos de una guía de ondas tiene componente del campo eléctrico a lo largo de la dirección de propagación?:

Respuesta 1	TE ₁₃ .
Respuesta 2	TE ₃₁ .
Respuesta 3	TEM.
Respuesta 4	TM ₂₂ .

Bibliografía 1:

Título: Introduction to electrodynamics
Autor/a: D.J. Griffiths
Editorial PEARSON
Tomo:
Año edición: 2013
Páginas referenciadas: 427



Bibliografía 2:

Título:
Autor/a:
Editorial
Tomo:
Año edición:
Páginas referenciadas:

AUTOR/A DE LA PREGUNTA:

Comentario: Los modos TE y TEM no tienen componente axial del campo E, solo los TM y los híbridos la tienen.

N.^º de pregunta en el examen:

53

Respuesta correcta:

4

Enunciado de la pregunta:

Una bobina circular de radio R y número de vueltas N está en el seno de un campo magnético dirigido en dirección del eje de la bobina. El campo magnético varía en el tiempo de forma sinusoidal de manera que genera una fuerza electromotriz en la bobina de valor eficaz ε . La fuerza electromotriz eficaz ε' que el mismo campo magnético genera en una bobina de igual número de vueltas N que la anterior, pero con radio $2R$ es:

Respuesta 1	$\varepsilon' = \varepsilon/2.$
Respuesta 2	$\varepsilon' = \varepsilon.$
Respuesta 3	$\varepsilon' = 2\varepsilon.$
Respuesta 4	$\varepsilon' = 4\varepsilon.$

Bibliografía 1:

Título: Física para la ciencia y la tecnología

Autor/a: Paul A Tipler y Gene Mosca

Editorial: Reverté

Tomo: vol. 2

Año edición: 2005

Páginas referenciadas: 834, 835

AUTOR/A DE LA PREGUNTA:

Se emplea la ley de Faraday para encontrar la f.e.m. en una bobina circular. La pregunta se basa en el Ejemplo 28.3 de la bibliografía.

$$|\mathcal{E}| = N\pi R^2 \frac{dB}{dt} \rightarrow \frac{\mathcal{E}_2}{\mathcal{E}_1} = \frac{R_2^2}{R_1^2} = 4$$

EJEMPLO 28.3 | Fem inducida en una bobina circular II

Una bobina de 80 vueltas tiene un radio de 5 cm y una resistencia de 30 Ω. Determinar cuál debe ser el módulo de la variación un campo magnético perpendicular al plano de la bobina para inducir en ésta una corriente de 4 A.

Planteamiento del problema La variación por unidad de tiempo del campo magnético está relacionada con la variación del flujo, que a su vez depende de la fem inducida según la ley de Faraday. La fem en la bobina es igual a IR .

Tape la columna de la derecha e intente resolverlo usted mismo

Pasos

1. Escribir el flujo magnético en función de B , N y el radio r y despejar B
2. Derivar B respecto al tiempo.

Respuestas

$$\phi_m = NBA = NB\pi r^2$$
$$B = \frac{\phi_m}{N\pi r^2}$$
$$\frac{dB}{dt} = \frac{1}{N\pi r^2} \frac{d\phi_m}{dt}$$

JINTÉNTELO USTED MISMO!

28.2 Fem inducida y ley de Faraday | 835

3. Utilizar la ley de Faraday para relacionar la variación con el tiempo del flujo y la fem.
4. Calcular el módulo de la fem en la bobina a partir de la corriente y resistencia de la bobina.
5. Sustituir los valores de E , N y r para calcular dB/dt .

$$|\mathcal{E}| = \frac{d\phi_m}{dt}$$

$$|\mathcal{E}| = IR = 120 \text{ V}$$

$$\left| \frac{dB}{dt} \right| = \frac{1}{N\pi r^2} |\mathcal{E}| = 191 \text{ T/s}$$



FORMULARIO PREGUNTAS DE EXAMEN DEL AÑO 2025-26

N.º de pregunta en el examen:

54

Respuesta correcta:

1

Enunciado de la pregunta:

¿Cuál es la impedancia de un condensador en el análisis de circuitos en el dominio-s, es decir, empleando la transformada de Laplace?:

Respuesta 1 $Z_C(s) = \frac{1}{sC}$.

Respuesta 2 $Z_C(s) = sC$.

Respuesta 3 $Z_C(s) = C$.

Respuesta 4 $Z_C(s) = -sC$.

Bibliografía 1:

Título: Análisis básico de circuitos eléctricos

Autores: David E. Johnson, John L. Hilburn, Johnny R. Johnson, Peter D. Scott

Editorial: Prentice Hall

Tomo: 1

Año edición: 1996

Páginas referenciadas: 480



FORMULARIO PREGUNTAS DE EXAMEN DEL AÑO 2025-26

N.º de pregunta en el examen:

55

Respuesta correcta:

2

Enunciado de la pregunta:

Cierta región del espacio contiene un campo magnético de $0,020\text{ T}$ y un campo eléctrico de $2,5 \times 10^6\text{ N/C}$. Determinar la energía electromagnética en una caja cúbica de lado $l = 25\text{ cm}$. Datos: permitividad eléctrica del vacío $\epsilon_0 = 8,85 \times 10^{-12}\text{C}^2/\text{N} \cdot \text{m}^2$ y permeabilidad magnética del vacío $\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7}\text{N/A}^2$.

Respuesta 1	1,46 J.
Respuesta 2	2,92 J.
Respuesta 3	5,84 J.
Respuesta 4	$2,5 \times 10^3\text{ J.}$

Bibliografía 1:

Título: Tipler Mosca Volumen 2 Electricidad y magnetismo/Luz
Autor/a: Paul A. Tipler
Editorial: Reverté
Tomo: 6ª edición
Año edición: 2010
Páginas referenciadas: 978 y 979

Comentarios:



56 FORMULARIO PREGUNTAS DE EXAMEN DEL AÑO 2025-26

N.º de pregunta en el examen:

56

Respuesta correcta:

1

Enunciado de la pregunta:

En un circuito RC serie alimentado con corriente alterna, el voltaje máximo medido en bornes de la resistencia:

Respuesta 1	Aumenta al incrementar la frecuencia de la corriente.
Respuesta 2	Disminuye al incrementar la frecuencia de la corriente.
Respuesta 3	Sólo depende de la capacidad del condensador.
Respuesta 4	Sólo depende de la relación entre la capacidad del condensador y la resistencia.

Bibliografía 1:

Título: Física para la ciencia y la tecnología.

Autor/a: Paul A. Tipler.

Editorial: Reverté. S.A.

Tomo: 2

Año edición: 2000

Páginas referenciadas: 1016-17



FORMULARIO PREGUNTAS DE EXAMEN DEL AÑO 2025-26

N.º de pregunta en el examen:

57

Respuesta correcta:

4

Enunciado de la pregunta:

¿Cuál es la energía electrostática de una esfera sólida de radio R y carga uniforme total Q? (ϵ_0 es la permitividad del vacío):

Respuesta 1

$$U = \frac{Q^2}{4\pi \epsilon_0 R}$$

Respuesta 2

$$U = \frac{3Q^2}{5\pi \epsilon_0 R}$$

Respuesta 3

$$U = \frac{2Q^2}{3\pi \epsilon_0 R}$$

Respuesta 4

$$U = \frac{3Q^2}{20\pi \epsilon_0 R}$$

Bibliografía 1:

Título: Feynman Lectures on Physics

Autor/a: Feynman, Leighton, Sands

Editorial: Basic Books

Tomo: 2

Año edición: 2010

Páginas referenciadas: 8-1, 8-2

N.º de pregunta en el examen:

58

Respuesta correcta:

4

Enunciado de la pregunta:

Tenemos dos resistores conectados en paralelo. ¿Qué magnitud física es la misma para los dos resistores?:

Respuesta 1	La potencia disipada.
Respuesta 2	La intensidad de corriente eléctrica.
Respuesta 3	La carga que los atraviesa.
Respuesta 4	La diferencia de potencial eléctrico.

Bibliografía 1:

Título: Física para la ciencia y la tecnología

Autor/a: Paul A Tipler y Gene Mosca

Editorial: Reverté

Tomo: vol. 2

Año edición: 2005

Páginas referenciadas: 741

AUTOR/A DE LA PREGUNTA:

La pregunta emplea la definición de resistencias en paralelo.

Resistencias en paralelo

Dois resistencias conectadas como indica la figura 25.14a, de modo que entre ellas se establece la misma diferencia de potencial, se dice que están conectadas en paralelo. Obsérvese que las resistencias están conectadas en ambos extremos por cables. Sea I la corriente que fluye del punto a al punto b . En el punto a la corriente se divide en dos partes, I_1 , que circula por la rama superior que contiene R_1 , e I_2 que circula por la rama inferior donde se encuentra R_2 . Las dos derivaciones de corriente suman la intensidad de la corriente que fluye por el punto a :

$$I = I_1 + I_2 \quad (25.18)$$

En el punto b las diferentes derivaciones de corriente se unen, de tal forma que la corriente que continúa por el hilo a partir de este punto es igual a $I = I_1 + I_2$. La caída de potencial de un extremo a otro de cualquiera de las resistencias es $V = V_a - V_b$, la cual se relaciona con la corriente mediante

$$V = I_1 R_1 = I_2 R_2 \quad (25.19)$$

La resistencia equivalente de una combinación de resistencias en paralelo se define como aquella resistencia R_{eq} para la cual la misma corriente total I produce la misma caída de potencial V (figura 25.14b):

$$R_{eq} = \frac{V}{I}$$

Despejando I en esta ecuación y teniendo en cuenta que $I = I_1 + I_2$, tenemos:

$$I = \frac{V}{R_{eq}} = I_1 + I_2 = \frac{V}{R_1} + \frac{V}{R_2} = V \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right) \quad (25.20)$$

en donde hemos utilizado la ecuación 25.19 para I_1 e I_2 . La resistencia equivalente de las dos resistencias en paralelo viene dada por

$$\frac{1}{R_{eq}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$$

25.4 Combinaciones de resistencias | 741

Figura 25.14 (a) Dos resistencias están combinadas en paralelo cuando se conectan juntas en ambos extremos, de modo que la caída de potencial es la misma a través de cada una de ellas. (b) Las dos resistencias del apartado (a) pueden sustituirse por una sola resistencia equivalente R_{eq} relacionada con R_1 y R_2 por $1/R_{eq} = 1/R_1 + 1/R_2$.

N.º de pregunta en el examen:

59

Respuesta correcta:

1

Enunciado de la pregunta:

Tenemos dos condensadores con capacidades C_1 y C_2 conectados en serie. Conectamos el conjunto durante un tiempo T a una fuente de intensidad que proporciona una corriente I_0 . Las cargas que adquieren cada condensador cumplen:

Respuesta 1	$Q_1=Q_2=I_0 \cdot T.$
Respuesta 2	$Q_2=Q_1 \cdot C_2 / C_1 ; I_0 \cdot T= Q_1+Q_2.$
Respuesta 3	$Q_2=Q_1 \cdot C_1 / C_2 ; I_0 \cdot T= Q_1+Q_2.$
Respuesta 4	$Q_2=Q_1 ; I_0 \cdot T= Q_1+Q_2.$

Bibliografía 1:

Título: Física para la ciencia y la tecnología

Autor/a: Paul A Tipler y Gene Mosca

Editorial: Reverté

Tomo: vol. 2

Año edición: 2005

Páginas referenciadas: 708, 709

AUTOR/A DE LA PREGUNTA:

Para la pregunta se emplea la definición de asociación en serie de condensadores.

EJEMPLO 24.6 | Condensadores en serie

Un circuito está constituido por un condensador de $6 \mu\text{F}$, otro de $12 \mu\text{F}$, una batería de 12 V y un interruptor, conectado todo ello tal como muestra la figura 24.14. Inicialmente, el interruptor está abierto y los condensadores descargados. Cuando se cierra el interruptor los condensadores se cargan. Una vez totalmente cargados y el voltaje en circuito abierto de la batería restablecido, (a) ¿cuál es el potencial de cada conductor en este circuito? (Tómese el origen de potenciales el del borne negativo de la batería.) Representar simbólicamente todo potencial desconocido en el circuito. (b) ¿Cuál es la carga en cada una de las placas de los condensadores? (c) ¿Cuál es la carga que atraviesa la batería?

Planteamiento del problema El potencial en un conductor en equilibrio es constante en todo él. Una vez que las cargas han dejado de moverse, todos los conductores unidos con un hilo también conductor se encuentran al mismo potencial. La carga del condensador se relaciona con la diferencia de potencial mediante la expresión $Q = CV$ (apartados b y c). Las cargas no pueden pasar de una placa a otra de un condensador a través de él.

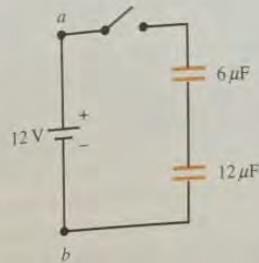


Figura 24.14

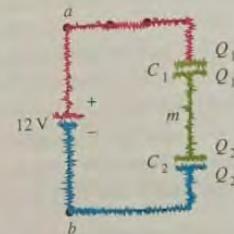


Figura 24.15

- (a) Márquese en rojo el borne positivo (+) de la batería y los conductores conectados a él, en azul el negativo (-) y los correspondientes conductores conectados a éste y en verde los otros conductores conectados entre sí tal como indica la figura 24.15:

- (b) 1. Exprírese la diferencia de potencial entre las placas de cada condensador en términos de los resultados del apartado (a):

2. Utilícese la expresión $Q = CV$ para relacionar carga y diferencia de potencial en cada condensador:

3. Despejando V_m se tiene que:

4. En el proceso de carga, no existe transferencia de ésta hacia los conductores en verde en la figura 24.15 o desde éstos hacia los otros de diferente color, por lo que la carga neta de los conductores en verde es cero:

$$\text{Los puntos en rojo están a } V_a = 12$$

$$\text{Los puntos en azul están a } V_b = 0$$

$$\text{Los puntos en verde están a potencial todavía desconocido } V_m$$

$$V_1 = V_a - V_m$$

y

$$V_2 = V_m - V_b$$

$$Q_1 = C_1 V_1 = C_1 (V_a - V_m)$$

y

$$Q_2 = C_2 V_2 = C_2 (V_m - V_b)$$

$$\left. \begin{aligned} V_a - V_m &= \frac{Q_1}{C_1} \\ V_m - V_b &= \frac{Q_2}{C_2} \end{aligned} \right\} \Rightarrow V_a - V_b = \frac{Q_1}{C_1} + \frac{Q_2}{C_2}$$

$$(-Q_1) + Q_2 = 0$$

y

$$Q_1 = Q_2$$



FORMULARIO PREGUNTAS DE EXAMEN DEL AÑO 2025-26

N.º de pregunta en el examen:

60

Respuesta correcta:

3

Enunciado de la pregunta:

Si construimos la combinación en serie, R_s , y paralelo, R_p , de dos resistencias iguales no nulas, se cumple que:

Respuesta 1 $R_s = R_p$.

Respuesta 2 $R_s = 2 R_p$.

Respuesta 3 $R_s = 4 R_p$.

Respuesta 4 $R_p = 2 R_s$.

Bibliografía 1:

Título: Física

Autor/a: Tipler Mosca

Editorial: Reverté

Tomo: 2

Año edición: 219

Páginas referenciadas: 739



AUTOR/A DE LA PREGUNTA:

- Nombre completo: José Luis Contreras González
- Entidad en la que presta servicios: Fac. CC Físicas, Universidad Complutense de Madrid

5. La resistencia equivalente de una serie de resistencias en serie es igual a la suma de las resistencias:

$$R_{eq} = R_1 + R_2 + R_3 + \dots \quad \text{resistencias en serie}$$

Para una serie de resistencias en paralelo, la inversa de la resistencia equivalente es igual a la suma de las inversas de las resistencias individuales:

$$\frac{1}{R_{eq}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \dots \quad \text{resistencias en paralelo}$$

COMENTARIOS:

Si llamamos R al valor de cada una de las dos resistencias iguales

$$R_s = R + R = 2R \quad R_p = (R^{-1} + R^{-1})^{-1} = R/2 \quad \text{luego } R_s = R + R = 4R_p$$



FORMULARIO PREGUNTAS DE EXAMEN DEL AÑO 2025-26

N.º de pregunta en el examen:

61

Respuesta correcta:

2

Enunciado de la pregunta:

La ley de Gauss para el campo magnético implica:

Respuesta 1 La corriente eléctrica genera un campo magnético.

Respuesta 2 La inexistencia de monopolos magnéticos.

Respuesta 3 Las cargas eléctricas libres generan un campo magnético.

Respuesta 4 La inexistencia de dipolos magnéticos.

Bibliografía 1:

Título: Campos electromagnéticos (ISBN: 968-18-1316-2)

Autor/a: Roald K. Wangsness

Editorial: Limusa

Tomo: -

Año edición: 2001

Páginas referenciadas: 310



FORMULARIO PREGUNTAS DE EXAMEN DEL AÑO 2025-26

N.º de pregunta en el examen:

62

Respuesta correcta:

4

Enunciado de la pregunta:

Cuando una lámina metálica se mueve a través de un campo magnético intenso y constante, se inducen en su interior corrientes de Foucault. En relación con estas corrientes y sus efectos, señale la afirmación correcta:

Respuesta 1	Las corrientes de Foucault sólo aparecen si el campo magnético varía con el tiempo, y nunca si el conductor se mueve en un campo constante.
Respuesta 2	Las corrientes de Foucault aumentan indefinidamente mientras el conductor se mueve en el campo, sin disipar energía.
Respuesta 3	Si el conductor se mueve en un campo magnético constante, las corrientes inducidas generan un campo que refuerza el campo aplicado, acelerando el movimiento.
Respuesta 4	Las corrientes de Foucault originan una fuerza que se opone al movimiento que las produce, de acuerdo con la ley de Lenz, y provocan pérdidas de energía en forma de calor.

Bibliografía 1:

Título: Física para la ciencia y la tecnología.

Autor/a: Tipler/Mosca

Editorial: Reverté

Tomo: Volumen 2. Electricidad y magnetismo/ Luz

Año edición: 2010

Páginas referenciadas: 974

N.º de pregunta en el examen:

63

Respuesta correcta:

2

Enunciado de la pregunta:

Un electrón es emitido con velocidad cero desde la placa negativa de un condensador plano hacia la placa positiva. Entre las placas del condensador hay vacío. Las placas están sometidas a una diferencia de potencial $V=1$ voltio y hay una distancia $d= 1$ cm entre las placas. Cuando el electrón llega a la placa positiva tiene una energía cinética que vale:

Respuesta 1	1 voltio.
Respuesta 2	1 electrón-voltio.
Respuesta 3	1 julio.
Respuesta 4	1 newton·metro.

Bibliografía 1:

Título: Física para la ciencia y la tecnología

Autor/a: Paul A Tipler y Gene Mosca

Editorial: Reverté

Tomo: vol. 2

Año edición: 2005

Páginas referenciadas: 668, 669, 688

AUTOR/A DE LA PREGUNTA:

En la pregunta se aplica las definiciones de potencial eléctrico, energía potencial y conservación de la energía mecánica. La siguiente imagen define el electrón-voltio y está sacada de la página 688 de la bibliografía 1.

5. Unidades

V y ΔV

La unidad del SI de potencial y diferencia de potencial es el voltio (V):

$$1 \text{ V} = 1 \text{ J/C} \quad (23.4)$$

Campo eléctrico

$$1 \text{ N/C} = 1 \text{ V/m} \quad (23.5)$$

Electrón-voltio

El electrón-voltio (eV) es la variación de energía potencial que experimenta una partícula de carga e cuando se desplaza de a a b , siendo $\Delta V = V_b - V_a = 1$ voltio:

$$1 \text{ eV} = 1.6 \times 10^{-19} \text{ C} \cdot \text{V} = 1.60 \times 10^{-19} \text{ J} \quad (23.6)$$



FORMULARIO PREGUNTAS DE EXAMEN DEL AÑO 2025-26

N.º de pregunta en el examen:

64

Respuesta correcta:

3

Enunciado de la pregunta:

Sea una esfera aislante sólida de radio R y carga Q distribuida de manera uniforme en todo su volumen. Determine el módulo del campo eléctrico generado por dicha esfera en un punto situado a una distancia r del centro de la esfera tal que $r > R$. Suponer la esfera en el vacío.

Respuesta 1	0
Respuesta 2	$\frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Qr}{R^3}$
Respuesta 3	$\frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Q}{r^2}$
Respuesta 4	$\frac{Q}{2\epsilon_0}$

Bibliografía 1:

Título: Física Universitaria
Autor/a: Sears, F. W.; Zemansky, M. W.; Freedman, R. A.; Young, H. A.
Editorial: Pearson Education
Tomo: Volumen 2
Año edición: 2009
Páginas referenciadas: 772



Bibliografía 2:

Título:
Autor/a:
Editorial
Tomo:
Año edición:
Páginas referenciadas:

AUTOR/A DE LA PREGUNTA:

COMENTARIOS:

Un punto situado a una distancia r del centro de la esfera tal que $r > R$, es un punto situado en el exterior de esta. Por la ley de Gauss de la electrostática, para cualquier cuerpo esférico simétrico con carga, el campo eléctrico en su exterior es el mismo que el que generaría si toda la carga del cuerpo estuviera concentrada en su centro. Es decir, el campo eléctrico sería el equivalente a una carga puntual Q situada en el centro.

La copia de la página del libro que se muestra a continuación es la indicada como Bibliografía 1



FORMULARIO PREGUNTAS DE EXAMEN DEL AÑO 2025-26

N.º de pregunta en el examen:

65

Respuesta correcta:

2

Enunciado de la pregunta:

El vector de Poynting describe:

Respuesta 1	La energía total almacenada en el campo.
Respuesta 2	El flujo de energía electromagnética por unidad de área.
Respuesta 3	El número de fotones por segundo que atraviesa una unidad de superficie.
Respuesta 4	La densidad de carga libre.

Bibliografía 1:

Título: *Introduction to Electrodynamics*. 4th edition.

Autor/a: Griffiths, David J.

Editorial: Harlow (UK): Pearson / Prentice Hall.

Tomo:

Año edición: 2013 .

Páginas referenciadas: 358 .



FORMULARIO PREGUNTAS DE EXAMEN DEL AÑO 2025-26

N.º de pregunta en el examen:

66

Respuesta correcta:

2

Enunciado de la pregunta:

En Óptica Geométrica, se dice que “si sobre cada uno de los rayos que salen de un punto emisor, A, se toman caminos ópticos iguales a partir de A, los puntos Bi que limitan estos trayectos están en una superficie que es normal a todos los rayos. Esta superficie se llama superficie de onda”. ¿A qué teorema o ley se corresponde esta afirmación?:

Respuesta 1	Ley de refracción de Snelius
Respuesta 2	Teorema de Malus - Dupin
Respuesta 3	Ley de Gauss
Respuesta 4	Teorema de Lagrange-Helmholtz

Bibliografía 1:

Título: Óptica
Autor: Justiniano Casas
Editorial: Justiniano Casas
Tomo: 1
Año edición: 1994
Páginas referenciadas: 14



FORMULARIO PREGUNTAS DE EXAMEN DEL AÑO 2025-26

N.º de pregunta en el examen:

67

Respuesta correcta:

2

Enunciado de la pregunta:

La polarización circular de la luz puede obtenerse:

Respuesta 1	Haciendo incidir luz natural sobre un polarizador lineal.
Respuesta 2	Superponiendo dos ondas linealmente polarizadas perpendiculares con igual amplitud y diferencia de fase de 90°.
Respuesta 3	Refractando la luz en una interfaz entre medios con diferente índice.
Respuesta 4	Utilizando un prisma de dispersión.

Bibliografía 1:

Título: Óptica
Autor/a: Eugene HECHT
Editorial: Addison Wesley Iberoamericana
Tomo:
Año edición: Tercera Edición, 2000
Páginas referenciadas: 324, 325



FORMULARIO PREGUNTAS DE EXAMEN DEL AÑO 2025-26

N.º de pregunta en el examen:

68

Respuesta correcta:

3

Enunciado de la pregunta:

Un haz de luz natural de intensidad I se hace pasar por tres polarizadores lineales de modo que los ejes de transmisión del segundo y del tercero formen respectivamente 45 y 90° con respecto al primero. La intensidad de salida después de los tres polarizadores vendrá dada por:

Respuesta 1	0.
Respuesta 2	$I/4$.
Respuesta 3	$I/8$.
Respuesta 4	$I/16$.

Bibliografía 1:

Título: Optica Física: Cuestiones y Problemas

Autor/a: Carmen Vazquez, Jorge Perez, David Mas, Consuelo Hernández, Rosa Fuentes y Carlos Illuerca

Editorial Publicaciones Universidad de Alicante

Tomo:

Año edición:



Páginas referenciadas:61

Bibliografía 2:

Título:
Autor/a:
Editorial
Tomo:
Año edición:
Páginas referenciadas:

AUTOR/A DE LA PREGUNTA:

Óptica Física: Cuestiones y problemas 61

El campo eléctrico lo podemos descomponer en sus componentes perpendiculares, una en la dirección del eje X y la otra sobre el eje Z.

$$E_{x_0} = E_0 \cos(45^\circ) = \frac{E_0}{\sqrt{2}}$$
$$E_{z_0} = E_0 \sin(45^\circ) = \frac{E_0}{\sqrt{2}}$$

De modo que el campo eléctrico resultante vendría dado por:

$$\vec{E} = \frac{E_0}{\sqrt{2}} (\hat{j} + \hat{k}) \cos(kx - \omega t)$$

3. Un haz de luz natural de intensidad I_0 se hace pasar por tres polarizadores lineales dispuestos de modo que los ejes de transmisión del segundo y del tercero formen respectivamente 45° y 90° con el primero. (a) Deducir la intensidad después de pasar por cada polarizador. (b) ¿Cuál será la intensidad resultante si se elimina el segundo polarizador?

(a) El sistema se puede esquematizar como se muestra en la figura. Se han representado los ejes de transmisión de los tres polarizadores lineales, numerándolos según el orden en el que los atraviesa el haz de luz natural.

Aplicando la ley de Malus para el 1º y 2º polarizador, puesto que el ángulo que forman entre ellos es de 45° , se tendría:

$$I_1 = \frac{I_0}{2} \cos^2 \theta_1 = \frac{I_0}{2} \cos^2 45^\circ = \frac{I_0}{4}$$



FORMULARIO PREGUNTAS DE EXAMEN DEL AÑO 2025-26

N.º de pregunta en el examen:

69

Respuesta correcta:

3

Enunciado de la pregunta:

Si un haz de luz natural incide con ángulo de Brewster sobre la superficie de separación de dos medios, respecto de la luz transmitida podemos afirmar que:

Respuesta 1	No hay luz transmitida para dicho ángulo de incidencia.
Respuesta 2	Es luz natural desfasada 90° respecto a la incidente.
Respuesta 3	Está parcialmente polarizada.
Respuesta 4	Está linealmente polarizada.

Bibliografía 1:

Título: Óptica Física: Cuestiones y Problemas
Autor/a: Carmen Vázquez y colegas.
Editorial Publicaciones Universidad de Alicante
Tomo:
Año edición:
Páginas referenciadas: 69-70



FORMULARIO PREGUNTAS DE EXAMEN DEL AÑO 2025-26

N.º de pregunta en el examen:

70

Respuesta correcta:

3

Enunciado de la pregunta:

Un estudiante de Física observa un estanque utilizando gafas de sol polarizadas. Sabiendo que la luz reflejada en la superficie del agua está parcialmente polarizada, ¿cuál sería el ángulo más óptimo respecto a la normal para que las gafas polarizadas sean más efectivas al bloquear dicha luz reflejada?:

$$n_{\text{agua}} = 1.33$$

$$n_{\text{aire}} = 1.00$$

Respuesta 1 47º.

Respuesta 2 44º.

Respuesta 3 53º.

Respuesta 4 58º.

Bibliografía 1:

Título: Física General
Autor/a: S. Burbano de Ercilla
Editorial Mira
Tomo:
Año edición: 1993
Páginas referenciadas: 780



Bibliografía 2:

Título:
Autor/a:
Editorial
Tomo:
Año edición:
Páginas referenciadas:

AUTOR/A DE LA PREGUNTA:

Comentarios:

$$\varepsilon_1 = \arctan \left(\frac{n_2}{n_1} \right) = \arctan \left(\frac{n_{\text{agua}}}{n_{\text{aire}}} \right) = \arctan (1.33) = 53^\circ$$



FORMULARIO PREGUNTAS DE EXAMEN DEL AÑO 2025-26

N.º de pregunta en el examen:

71

Respuesta correcta:

3

Enunciado de la pregunta:

Una fuente de luz situada dentro de un bloque de vidrio emite un rayo que incide sobre la superficie vidrio-aire con un ángulo creciente. Cuando se supera cierto valor del ángulo de incidencia, ya no se observa rayo refractado en el aire.

¿Cuál de las siguientes afirmaciones describe correctamente el fenómeno?:

Respuesta 1	La luz se refleja completamente dentro del aire porque, al superar el ángulo crítico, no existe solución real para la ley de Snell.
Respuesta 2	El fenómeno sólo ocurre si la luz pasa del medio menos refringente al más refringente, ya que en ese caso el ángulo crítico es mayor que 90° y la refracción deja de cumplirse.
Respuesta 3	La luz se refleja completamente dentro del vidrio porque, al superar el ángulo crítico, no existe solución real para la ley de Snell, y toda la energía se refleja internamente.
Respuesta 4	El rayo refractado desaparece al ser el índice de refracción del aire menor que el del vidrio.

Bibliografía 1:

Título: Física Moderna
Autor/a: Paul Tipler
Editorial: Reverté
Tomo: Vol2.
Año edición: 1989
Páginas referenciadas: 1064-1065



FORMULARIO PREGUNTAS DE EXAMEN DEL AÑO 2025-26

N.^º de pregunta en el examen:

72

Respuesta correcta:

2

Enunciado de la pregunta:

La permitividad eléctrica compleja $\epsilon(\omega)$ de un material dieléctrico en función de la frecuencia ω satisface:

Respuesta 1 $\epsilon(\omega)=\epsilon(-\omega)$.

Respuesta 2 $\epsilon^*(\omega)=\epsilon(-\omega)$.

Respuesta 3 $\epsilon(\omega)=-\epsilon(-\omega)$.

Respuesta 4 $\epsilon^*(\omega)=-\epsilon(-\omega)$.

Bibliografía 1:

Título: Principles of photonics

Autor/a: Jia-ming Liu

Editorial Cambridge University Press

Tomo:

Año edición: 2016

Páginas referenciadas: 23



Bibliografía 2:

Título:
Autor/a:
Editorial
Tomo:
Año edición:
Páginas referenciadas:

AUTOR/A DE LA PREGUNTA:



FORMULARIO PREGUNTAS DE EXAMEN DEL AÑO 2025-26

N.º de pregunta en el examen:

73

Respuesta correcta:

1

Enunciado de la pregunta:

Un haz de luz pasa a través de un colimador óptico (una rendija que define el haz) y proyecta una imagen sobre una pantalla. Si la distancia fuente-colimador aumenta mientras se mantiene constante la distancia fuente-pantalla, ¿cómo se espera que cambie la penumbra geométrica del haz?

Respuesta 1	La penumbra geométrica disminuye, porque los rayos se vuelven más paralelos.
Respuesta 2	La penumbra geométrica aumenta, porque el haz se ensancha al alejarse del colimador.
Respuesta 3	La penumbra geométrica permanece igual, ya que solo depende del tamaño de la rendija del colimador.
Respuesta 4	La penumbra geométrica se vuelve asimétrica, aumentando solo en un lateral del haz.

Bibliografía 1:

Título: Khan's the Physics of radiation therapy
Autor/a: Faiz Khan, John Gibbons
Editorial: Lippincott Williams And Wilkins
Tomo:
Año edición: 2017
Páginas referenciadas: 52-53



FORMULARIO PREGUNTAS DE EXAMEN DEL AÑO 2025-26

N.º de pregunta en el examen:

74

Respuesta correcta:

3

Enunciado de la pregunta:

Un rayo de luz pasa de un medio con índice de refracción n_1 a otro con índice de refracción n_2 , separados por una superficie horizontal. El rayo forma un ángulo de 30° con la vertical en el medio 1 y de 60° en el medio 2. Índique cual es la relación entre los índices de refracción de los dos medios:

Respuesta 1 $n_1 = n_2/2$

Respuesta 2 $n_1 = n_2/\sqrt{3}$.

Respuesta 3 $n_1 = \sqrt{3}n_2$.

Respuesta 4 $n_1 = 2n_2$.

Bibliografía 1:

Título: Física para la ciencia y la tecnología

Autor/a: Tipler / Mosca

Editorial: Reverté

Tomo: 2

Año edición: 2005

Páginas referenciadas: 940



Comentario

La ley de Snell para la refracción de un rayo de luz al pasar de un medio a otro es

$$n_1 \operatorname{sen}\theta_1 = n_2 \operatorname{sen}\theta_2,$$

siendo $n_1(n_2)$ el índice de refracción del medio 1 (2) y $\theta_1(\theta_2)$ el ángulo que forma el rayo en el medio 1 (2) con la recta perpendicular a la superficie de separación. De los datos del problema se tiene $\operatorname{sen}\theta_1 = \operatorname{sen}30^\circ = 1/2$ y $\operatorname{sen}\theta_2 = \operatorname{sen}60^\circ = \sqrt{3}/2$. Por tanto

$$\frac{1}{2}n_1 = \frac{\sqrt{3}}{2}n_2 \rightarrow n_1 = \sqrt{3}n_2$$



FORMULARIO PREGUNTAS DE EXAMEN DEL AÑO 2025-26

N.º de pregunta en el examen:

75

Respuesta correcta:

3

Enunciado de la pregunta:

Un haz de microondas incide perpendicularmente a una rejilla formada por hilos de cobre colocados verticalmente y separados medio milímetro entre ellos. Seleccione el efecto que tendrá esta rejilla sobre la onda transmitida de microondas:

Respuesta 1	No se verá afectada al no estar los hilos de cobre conectados a un circuito externo.
Respuesta 2	Estará (parcialmente) polarizada en la dirección de los hilos.
Respuesta 3	Estará (parcialmente) polarizada perpendicularmente a los hilos.
Respuesta 4	Estará circularmente polarizada al introducirse un desfase.

Bibliografía 1:

Título: Óptica.
Autor/a: E. Hecht & A. Zajac
Editorial: Addison-Wesley Iberoamericana, Wilmington
Tomo: -
Año edición: 1986
Páginas referenciadas: 240-241



FORMULARIO PREGUNTAS DE EXAMEN DEL AÑO 2025-26

N.º de pregunta en el examen:

76

Respuesta correcta:

3

Enunciado de la pregunta:

Un objeto de 5 cm de altura se coloca a 10 cm de un espejo cóncavo con un radio de curvatura de 30 cm. ¿A qué distancia (en cm) se forma la imagen, y es esta imagen real o virtual?

Respuesta 1 30 cm; virtual.

Respuesta 2 15 cm; real.

Respuesta 3 -30 cm; virtual.

Respuesta 4 -15 cm; real.

Bibliografía 1:

Título: Física para la ciencia y la tecnología (6^a ed.)

Autor/a: Paul A. Tipler y Gene Mosca

Editorial: Reverté

Tomo: II (Óptica, Ondas y Termodinámica)

Año edición: 2010

Páginas referenciadas: 1017-1020 (Capítulo 33: Espejos y lentes)

**Bibliografía 2:**

Título: Física Universitaria Vol. 2 (14 ^a ed.)
Autor/a: Hugh D. Young y Roger A. Freedman
Editorial: Pearson Educación
Tomo: --
Año edición: 2018
Páginas referenciadas: 1092-1095 (Capítulo 34: El ojo, la cámara y la óptica instrumental)

AUTOR/A DE LA PREGUNTA:**COMENTARIO**

La pregunta es de tipo numérica, pero su correcta resolución depende de una comprensión conceptual de la convención de signos en óptica geométrica. La distancia de la imagen (s') se calcula usando la ecuación del espejo esférico:

$$1/s + 1/s' = 1/f.$$

El objeto está a una distancia de $s = +10 \text{ cm}$.

La distancia focal de un espejo cóncavo es $f = R/2 = 30 \text{ cm}/2 = 15 \text{ cm}$.

Despejando obtenemos: $1/s' = 1/15 - 1/10 = 2/30 - 3/30 = -1/30$. Por lo tanto, $s' = -30 \text{ cm}$.

El signo negativo de la distancia de la imagen indica que se forma detrás del espejo, lo que corresponde a una imagen virtual.



FORMULARIO PREGUNTAS DE EXAMEN DEL AÑO 2025-26

N.º de pregunta en el examen:

77

Respuesta correcta:

4

Enunciado de la pregunta:

¿Qué ocurre con el patrón de interferencia cuando la fuente cambia de luz monocromática a luz con un ancho espectral finito?:

Respuesta 1	Se vuelve más brillante (menor coherencia espacial).
Respuesta 2	Desaparecen las franjas.
Respuesta 3	La resolución espacial mejora.
Respuesta 4	La envolvente de interferencia se estrecha (menor coherencia temporal).

Bibliografía 1:

Título: *Optics*, 5th edition.

Autor/a: Hecht E.

Editorial: Pearson.

Tomo:

Año edición: 2017 .

Páginas referenciadas: 403 .



FORMULARIO PREGUNTAS DE EXAMEN DEL AÑO 2025-26

N.º de pregunta en el examen:

78

Respuesta correcta:

4

Enunciado de la pregunta:

Una fibra óptica tiene una atenuación de 0.2 dB/km y una longitud de 100 km. En ella se inyecta luz de 2mW de potencia, a la salida de la fibra se amplifica con un amplificador de 23 dB de ganancia. La potencia a la salida amplificador es:

Respuesta 1 1 mW.

Respuesta 2 2 mW.

Respuesta 3 3 mW.

Respuesta 4 4 mW.

Bibliografía 1:

Título: Physics for scientists and engineers

Autor/a: R.A. Serway, J.W. Jewett

Editorial CENGAGE Learning

Tomo: 1

Año edición: 2006

Páginas referenciadas: 515



Bibliografía 2:

Título:
Autor/a:
Editorial
Tomo:
Año edición:
Páginas referenciadas:

AUTOR/A DE LA PREGUNTA:

- Nombre completo:
- Entidad en la que presta servicios:

Comentario: La luz sea atenua $100 \times 0.2 = 20$ dB y se amplifica 23 dB. La variación neta de la potencia es $23 - 20 = +3$ dB que es un factor 2, por tanto $2 \times 2 = 4$ mW
 $(3\text{dB} = 10 \times \log_{10}(\text{Pout}/\text{Pin}) \rightarrow \text{Pout} = \text{Pin} \times 10^{0.3} = 2\text{mW} \times 2 = 4\text{mW})$

N.º de pregunta en el examen:

79

Respuesta correcta:

3

Enunciado de la pregunta:

Un rayo de luz pasa de un medio de índice de refracción n_1 a un medio de índice de refracción $n_2=2 n_1$. La velocidad de la luz en el segundo medio respecto de esta en el primer medio:

Respuesta 1	Aumenta al doble.
Respuesta 2	Aumenta hasta 1.5 veces.
Respuesta 3	Disminuye a la mitad.
Respuesta 4	Permanece igual.

Bibliografía 1:

Título: Física para la ciencia y la tecnología

Autor/a: Paul A Tipler y Gene Mosca

Editorial: Reverté

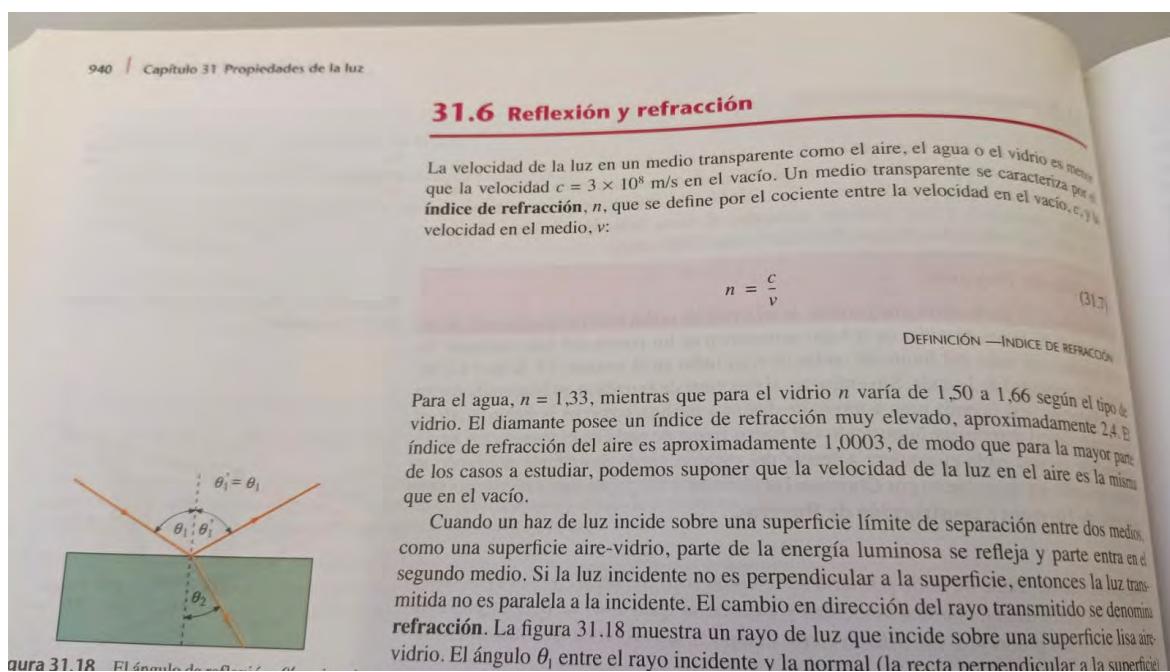
Tomo: vol. 2

Año edición: 2005

Páginas referenciadas: 940

AUTOR/A DE LA PREGUNTA:

La pregunta emplea la definición del índice de refracción de un medio transparente.





FORMULARIO PREGUNTAS DE EXAMEN DEL AÑO 2025-26

N.º de pregunta en el examen:

80

Respuesta correcta:

2

Enunciado de la pregunta:

La emisión láser se caracteriza por:

Respuesta 1 La radiación emitida es incoherente y de amplio espectro.

Respuesta 2 La luz producida es monocromática, direccional y coherente.

Respuesta 3 Cada fotón emitido tiene una frecuencia diferente y fase aleatoria.

Respuesta 4 El proceso fundamental responsable es la emisión espontánea estimulada por un campo externo.

Bibliografía 1:

Título: Óptica

Autor/a: Eugene Hecht

Editorial: Addison Wesley Iberoamericana

Tomo:

Año edición: Tercera Edición, 2000

Páginas referenciadas: 592-598



Bibliografía 2:

Título: Física para la ciencia y la tecnología.

Autor/a: Tipler/Mosca

Editorial: Reverté

Tomo: Volumen 2. Electricidad y magnetismo/ Luz

Año edición: 2010

Páginas referenciadas: 1084

AUTOR/A DE LA PREGUNTA:



FORMULARIO PREGUNTAS DE EXAMEN DEL AÑO 2025-26

N.º de pregunta en el examen:

81

Respuesta correcta:

2

Enunciado de la pregunta:

En el experimento de la doble rendija con electrones individuales, ¿cuál de las siguientes afirmaciones interpreta correctamente lo que ocurre desde el punto de vista cuántico?:

Respuesta 1	Cada electrón atraviesa una rendija determinada, pero la imposibilidad de conocer cuál provoca que aparezca un patrón de interferencia estadístico.
Respuesta 2	El electrón atraviesa simultáneamente ambas rendijas en un estado de superposición, y el patrón de interferencia refleja la probabilidad de detección asociada a esa superposición.
Respuesta 3	El patrón de interferencia se debe a la interacción electromagnética entre los electrones y las rendijas, que actúa como una red de difracción.
Respuesta 4	La trayectoria del electrón está bien definida, pero el principio de incertidumbre impide medirla con suficiente precisión para reproducir el patrón.

Bibliografía 1:

Título: Física Moderna
Autor/a: Paul Tipler
Editorial: Reverté
Tomo:
Año edición: 1989
Páginas referenciadas: 207-210



FORMULARIO PREGUNTAS DE EXAMEN DEL AÑO 2025-26

N.º de pregunta en el examen:

82

Respuesta correcta:

1

Enunciado de la pregunta:

En un sistema cuántico compuesto por partículas de espín $\frac{1}{2}$, en ausencia de campos externos, y donde el hamiltoniano H commuta con el operador de inversión temporal T , señala la opción correcta.

Respuesta 1 Si el número de partículas es impar, cada nivel de energía presenta, al menos, una degeneración doble.

Respuesta 2 Los niveles energéticos están degenerados sólo si el operador de paridad también commuta con el hamiltoniano.

Respuesta 3 Los niveles energéticos degenerados corresponden a estados con simetría temporal.

Respuesta 4 Para un número par de partículas, sólo están degenerados los niveles con espín total entero.

Bibliografía 1:

Título: Modern Quantum Mechanics. 2^a edición.

Autor/a: J. J. Sakurai, J. Napolitano

Editorial: Addison-Wesley

Tomo: 1

Año edición: 2011

Páginas referenciadas: 287-293, 295, 296, 298, 299

**Bibliografía 2:**

Título: Quantum Mechanics – Symmetries. 2ª edición.
Autor/a: W. Greiner, B. Müller
Editorial: Springer-Verlag
Tomo: 1
Año edición: 1994
Páginas referenciadas: 444-450

AUTOR/A DE LA PREGUNTA:**RESOLUCIÓN DEL EJERCICIO**

Cuando un sistema como el descrito, de partículas de espín $\frac{1}{2}$, está formado por un número impar de partículas, n , el espín total del sistema no será necesariamente $n/2$ porque depende de la forma en que se acoplen los espines, pero sí que será semientero.

Propiedades del operador inversión temporal

El operador inversión temporal T , a diferencia de otros operadores como de paridad o conjugación de carga, tiene las siguientes propiedades:

- **Antiunitariedad:** $\langle T\psi|T\phi\rangle = \langle\psi|\phi\rangle^* = \langle\phi|\psi\rangle$

Esta propiedad se puede demostrar partiendo de la ecuación de Schrödinger suponiendo que $\psi(\vec{x}, t)$ es solución.

$$i\hbar \frac{\partial \psi(\vec{x}, y)}{\partial t} = \left(-\frac{\hbar^2}{2m} \nabla^2 + V(\vec{x}) \right) \psi(\vec{x}, y)$$

Sólo tomando $\psi^*(\vec{x}, -t)$ ($*$ es el complejo conjugado) reobtenemos la ecuación, lo que indica que el operador es antinunitario.

- **Antilinealidad:** Preserva las probabilidades de transición, pero debido a su antiunitariedad:

$$T(a|\psi\rangle + b|\phi\rangle) = a^*T|\psi\rangle + b^*T|\phi\rangle$$

En la base de posiciones: la función de onda queda complejo-conjugada bajo inversión temporal $\psi(x) = \langle x|\psi\rangle$:



$$T\psi(x) = \psi^*(x)$$

En el espacio de momentos no se cumple esta relación, pero eso no afecta al razonamiento del problema, se indica por completitud.

- **Linealidad y distributividad** sobre los **operadores**:

$$T[A, B] = T(AB - BA) = (TA)(TB) - (TB)(TA)$$

- Efecto sobre operadores hermíticos observables:

- El operador posición (\vec{r}) es simétrico bajo T :

$$T \vec{r} T^{-1} = \vec{r}$$

- Los operadores de momento lineal (\vec{p}), momento angular, (\vec{L} , incluyendo el espín, \vec{S}), corriente eléctrica (\vec{J}), campo magnético (\vec{B} , debido a la inversión de corrientes), son antisimétricos bajo T :

$$T \vec{X} T^{-1} = -\vec{X}$$

Siendo \vec{X} un vector de operadores cualquiera antisimétrico bajo T .

- Preserva las relaciones canónicas de conmutación:

$$[X_i, P_j] = i\hbar\delta_{ij} \xrightarrow{T} T[X_i, P_j]T^{-1} = [X_i, (-P_j)] = T(i\hbar)T^{-1} = i\hbar\delta_{ij}$$

- Para que un sistema sea invariante frente a T , el hamiltoniano H debe comutar con T :

$$THT^{-1} = H \rightarrow [H, T] = HT - TH = 0$$

Esto se debe a que la ecuación de Schrödinger bajo inversión temporal queda como:

$$i\hbar \frac{\partial \psi}{\partial t} = H\psi \xrightarrow{T} -i\hbar \frac{\partial (T\psi)}{\partial (-t)} = THT^{-1}(T\psi)$$

El operador T cambia $i \rightarrow -i$ debido a la conjugación compleja.

Sistema de varias partículas: Unitariedad o antiunitariedad según el espín

El operador inversión temporal aplicado a un sistema de varias partículas puede ser unitario o antiunitario según, según si las partículas son bosones (espín entero) o fermiones (espín semientero), respectivamente. Esta propiedad es fundamental y la *más importante* para resolver el ejercicio.

- Espín entero (bosones): $T^2 = +I$.

(I corresponde al operador identidad).

- Espín semientero (fermiones): $T^2 = -I$



El motivo radica en que la inversión temporal es equivalente a una rotación de 180º en el espacio del espín y, por tanto, la doble inversión (T^2) implica una rotación de 360º. Para fermiones, una rotación de 360º introduce un signo negativo en la función de onda de espín (p. ej. $e^{i2\pi} = -1$ en el caso de espín $\frac{1}{2}$), a diferencia de los bosones.

Esta propiedad implica que los sistemas con un número impar de fermiones (con espín total semientero) que sean simétricos bajo inversión temporal (su hamiltoniano debe ser invariante) presentan, como mínimo, **doble degeneración** en todos sus niveles de energía y se conoce como **teorema de Kramers**.

Demostración del teorema de Kramers

Para demostrar este hecho partimos de que H y T comutan por el supuesto de simetría bajo inversión temporal, lo que requiere que un estado cuántico $|\psi\rangle$ propio de H , que cumple $H|\psi\rangle = E|\psi\rangle$, lo sea también de T . También suponemos que se trata de un estado con un número impar de fermiones

Si los estados $|\psi\rangle$ y $T|\psi\rangle$ son ortogonales, entonces existen dos estados (doble degeneración) para una misma energía. En caso contrario, que $T|\psi\rangle$ sea una combinación lineal de $|\psi\rangle$, debería cumplirse: $T|\psi\rangle = \lambda|\psi\rangle$ siendo $\lambda \in R$ un número real. Al aplicar T^2 se tiene:

$$T^2|\psi\rangle = T(T|\psi\rangle) = T(\lambda|\psi\rangle) = \lambda^*T|\psi\rangle = |\lambda|^2|\psi\rangle$$

Sin embargo, como $T^2 = -I$: $T^2|\psi\rangle = -|\psi\rangle$ y $|\lambda|^2 = -1$, con lo cual no puede ser λ un número real y los estados son ortogonales, lo que prueba el teorema.

Comentarios de las distintas opciones

1. De acuerdo con el teorema de Kramers y lo expuesto, es la opción CORRECTA.

Se pone como correcta la primera opción para que quien conozca la solución de la pregunta, que de por sí es compleja, con tan sólo leer la primera opción ya tenga cierta confianza en que esta pueda ser verdadera y lea con más tranquilidad el resto de opciones.

2. La deducción de la degeneración de los niveles energéticos partiendo de la comutación de H y T es independiente de las propiedades del operador paridad P . En el enunciado se indica que “sólo” si comutan con P pueden presentar degeneración, lo cual es INCORRECTO.

Como curiosidad, un hamiltoniano puede comutar simultáneamente con los operadores P y T y que éstos comuten entre sí. En este caso, los estados degenerados (debido a H y T), además presentan la misma paridad. Esto es al margen de la cuestión planteada y no



influye en su resolución.

3. De entrada, no indica el número de partículas (par o impar) del sistema cuántico, necesario para conocer la unitariedad o antinuitariedad del operador T global. La simetría temporal del H da lugar como mínimo una doble degeneración en los niveles energéticos sólo en el caso de sistemas con número impar de partículas de espín semientero, por lo que es INCORRECTA la respuesta al no indicar el número de partículas.

Asimismo, las degeneraciones pueden existir por otros motivos más allá de la simetría temporal, por lo que el hecho de que existan no implica que el sistema sea invariante bajo inversión temporal, luego por este motivo también es INCORRECTA.

4. El teorema de Kramers, es decir, la degeneración de los niveles de energía, sólo aplica a sistemas de fermiones (espín semientero) con un número impar de partículas, con lo cual, para un número par de fermiones el espín total siempre es entero y no presenta necesariamente degeneración, por lo que la respuesta es INCORRECTA. Además, no tiene sentido matizar que el espín total sea entero porque siempre lo es en el caso descrito.



FORMULARIO PREGUNTAS DE EXAMEN DEL AÑO 2025-26

N.º de pregunta en el examen:

83

Respuesta correcta:

3

Enunciado de la pregunta:

Un electrón y un positrón se combinan en un mismo sistema. Señale los posibles valores de espín total, S:

Respuesta 1 **$S = -1/2 \text{ y } S = 1/2$**

Respuesta 2 **$S = 1$**

Respuesta 3 **$S = 0 \text{ y } S = 1$**

Respuesta 4 **$S = 0, S = 1/2 \text{ y } S = 1$**

Bibliografía 1:

Título: Principles of Quantum Mechanics

Autor/a: R. Shankar

Editorial: Plenum Press

Tomo:

Año edición: 1994

Páginas referenciadas: 403-406



FORMULARIO PREGUNTAS DE EXAMEN DEL AÑO 2025-26

N.º de pregunta en el examen:

84

Respuesta correcta:

1

Enunciado de la pregunta:

Si un sistema consta de tres partículas, cada una de ellas espín $\frac{1}{2}$ y la energía del sistema es proporcional al cuadrado de la componente z del espín total, $H = \alpha S_z^2$, las energías y degeneraciones resultantes son:

Respuesta 1 $\alpha 9/4$ (degeneración 2) y $\alpha 1/4$ (degeneración 6).

Respuesta 2 $3 \alpha /2$ (degeneración 2) y $\alpha /2$ (degeneración 6).

Respuesta 3 $9 \alpha /4$ (degeneración 4) y $\alpha /4$ (degeneración 4).

Respuesta 4 $9 \alpha /2$ (degeneración 3) y $3 \alpha /2$ (degeneración 5).

Bibliografía 1:

Título: Quantum Mechanics

Autor/a: Cohen-Tannoudji, Diu, Laloe

Editorial: Wiley Interscience

Tomo:

Año edición: 1977

Páginas referenciadas: pp 1013-1014 y 1033



Bibliografía 2:

Título:
Autor/a:
Editorial
Tomo:
Año edición:
Páginas referenciadas:

AUTOR/A DE LA PREGUNTA:

Si acoplamos dos espines $\frac{1}{2}$ los momentos angulares resultantes son 0 y 1. Acoplando el tercer espín $\frac{1}{2}$ a estos dos tenemos como momento angular o espín total $S = \frac{1}{2}, \frac{1}{2}, \frac{3}{2}$. Si $H = \alpha S_z^2$ entonces las energías posibles son $\frac{1}{4} \alpha$ con degeneración $2+2+2 = 6$ y $9/4 \alpha$ con degeneración 2. La dimensión total es $8 = 2^3$.



FORMULARIO PREGUNTAS DE EXAMEN DEL AÑO 2025-26

N.º de pregunta en el examen:

85

Respuesta correcta:

1

Enunciado de la pregunta:

¿Qué energías forman el espectro de un rotor con simetría axial con Hamiltoniano

$$H = \frac{L_x^2 + L_y^2}{2I_x} + \frac{L_z^2}{2I_z}$$

para un momento angular $L = 1$ $I_z = \frac{l_x}{2}$?:

Respuesta 1 $3\hbar^2/2I_x$ y \hbar^2/I_x .

Respuesta 2 $0, \hbar^2/I_x$ y $3\hbar^2/I_x$.

Respuesta 3 $-\hbar^2/2I_x$ y $4\hbar^2/I_x$.

Respuesta 4 $-\hbar^2/2I_x, 0$ y $\hbar^2/2I_x$.

Bibliografía 1:

Título: Schaum's Outlines Quantum Physics

Autor/a: Yoav Peleg, Reuven Pnini, and Elyahu Zaarur

Editorial: Mc. Graw Hill

Tomo:

Año edición: 1998

Páginas referenciadas: Prob. 6.9 pp 110

**Bibliografía 2:**

Título:
Autor/a:
Editorial
Tomo:
Año edición:
Páginas referenciadas:

AUTOR/A DE LA PREGUNTA:

El Hamiltoniano puede reescribirse como

$$H = \frac{L_x^2 + L_y^2 + L_z^2}{2I_x} + \frac{L_z^2}{2I_z} - \frac{L_z^2}{2I_x}$$

Teniendo en cuenta que $I_z = \frac{l_x}{2}$ entonces $\frac{1}{2I_z} - \frac{1}{2I_x} = \frac{1}{2l_x}$.

Entonces el Hamiltoniano queda como $H = \frac{L^2 + L_z^2}{2I_x}$

Si $L = 1$, entonces L^2 tiene como autovalor $2\hbar^2$ y L_z^2 tiene como autovalores \hbar^2 o 0. Sustituyendo en la ecuación anterior se obtienen los valores $\frac{3\hbar^2}{2I_x}$ y $\frac{\hbar^2}{I_x}$



FORMULARIO PREGUNTAS DE EXAMEN DEL AÑO 2025-26

N.º de pregunta en el examen:

86

Respuesta correcta:

3

Enunciado de la pregunta:

Un fotón incide sobre un metal cuya función de trabajo es ϕ . La frecuencia del fotón es $f = 2\phi/h$, siendo h la constante de Planck. El fotón arranca un electrón del metal por efecto fotoeléctrico. Si m es la masa del electrón, la velocidad máxima del electrón es:

Respuesta 1 $\sqrt{\frac{\phi}{2m}}$

Respuesta 2 $\sqrt{\frac{\phi}{m}}$

Respuesta 3 $\sqrt{\frac{2\phi}{m}}$

Respuesta 4 $\sqrt{\frac{4\phi}{m}}$

Bibliografía 1:

Título: Física

Autor/a: Serway / Jewett

Editorial: Thomson

Tomo: 2

Año edición: 2003

Páginas referenciadas: 1051, 1052



Comentario

La energía cinética máxima del electrón emitido en el efecto fotoeléctrico es

$$K_{max} = hf - \phi$$

siendo h la constante de Planck, f la frecuencia del electrón y ϕ la función trabajo del metal. Con los datos del enunciado tenemos

$$K_{max} = h \frac{2\phi}{h} - \phi = \phi$$

La velocidad máxima del electrón es

$$K_{max} = \frac{1}{2}mv_{max}^2 \rightarrow v_{max} = \sqrt{2\phi/m}$$



FORMULARIO PREGUNTAS DE EXAMEN DEL AÑO 2025-26

N.º de pregunta en el examen:

87

Respuesta correcta:

2

Enunciado de la pregunta:

Si denominamos \mathbf{L} al operador momento angular, L_x , L_y y L_z a sus componentes cartesianas, y H al hamiltoniano de un sistema de dos partículas con un potencial central, únicamente dependiente de la separación entre las partículas. ¿Cuál de las siguientes reglas de commutación es cierta?

Respuesta 1 $[H, L_x] = L_z$.

Respuesta 2 $[H, L_x] = 0$.

Respuesta 3 $[H, L_x] = L_y L_z$.

Respuesta 4 $[L_x, L_y] = 0$.

Bibliografía 1:

Título: Quantum Physics

Autor/a: Stephen Gasiorowicz

Editorial Wiley

Tomo:

Año edición: 1996

Páginas referenciadas: 171



Bibliografía 2:

Título:
Autor/a:
Editorial
Tomo:
Año edición:
Páginas referenciadas:

AUTOR/A DE LA PREGUNTA:

CONSEQUENCES OF ROTATIONAL INVARIANCE

171

Since the Hamiltonian has an invariance property, we expect a conservation law, as we saw in the case of parity and invariance under displacements. To identify the operators that commute with H , let us consider an infinitesimal rotation about the z -axis. Keeping terms of order θ only so that

$$\begin{aligned}x' &= x - \theta y \\y' &= y + \theta x\end{aligned}\quad (10-15)$$

we require that

$$Hu_E(x - \theta y, y + \theta x, z) = Eu_E(x - \theta y, y + \theta x, z)\quad (10-16)$$

If we expand this to first order in θ and subtract from it

$$Hu_E(x, y, z) = Eu_E(x, y, z)\quad (10-17)$$

we obtain

$$H \left(x \frac{\partial}{\partial y} - y \frac{\partial}{\partial x} \right) u_E(x, y, z) = E \left(x \frac{\partial}{\partial y} - y \frac{\partial}{\partial x} \right) u_E(x, y, z)\quad (10-18)$$

The right side of this equation may be written as

$$\left(x \frac{\partial}{\partial y} - y \frac{\partial}{\partial x} \right) E u_E(x, y, z) = \left(x \frac{\partial}{\partial y} - y \frac{\partial}{\partial x} \right) H u_E(x, y, z)\quad (10-19)$$

If we define

$$L_z = \frac{\hbar}{i} \left(x \frac{\partial}{\partial y} - y \frac{\partial}{\partial x} \right) = x p_y - y p_x\quad (10-20)$$

then (10-18) and (10-19) together read

$$(HL_z - L_z H)u_E(x, y, z) = 0$$

Since the $u_E(r)$ form a complete set, this implies the operator relation

$$[H, L_z] = 0\quad (10-21)$$

holds. L_z is the z -component of the operator

$$\mathbf{L} = \mathbf{r} \times \mathbf{p}\quad (10-22)$$

which is the angular momentum. Had we taken rotations about the x - and y -axes, we would have found, in addition, that

$$\begin{aligned}[H, L_x] &= 0 \\[H, L_y] &= 0\end{aligned}\quad (10-23)$$



FORMULARIO PREGUNTAS DE EXAMEN DEL AÑO 2025-26

N.º de pregunta en el examen:

88

Respuesta correcta:

4

Enunciado de la pregunta:

Sea p el operador densidad para un estado cuántico puro. Señala la opción INCORRECTA:

Respuesta 1 $p^2 = p.$

Respuesta 2 $\text{Tr}(p) = 1.$

Respuesta 3 $p^\dagger = p.$

Respuesta 4 $p^{-1} = -p.$

Bibliografía 1:

Título: Quantum Mechanics (Print ISBN: 978-3-527-34555-7)

Autor/a: Claude Cohen-Tannoudji, Bernard Diu, Franck Laloë

Editorial: Wiley-VCH

Tomo: 3

Año edición: 2020

Páginas referenciadas: 303-304



FORMULARIO PREGUNTAS DE EXAMEN DEL AÑO 2025-26

N.º de pregunta en el examen:

89

Respuesta correcta:

1

Enunciado de la pregunta:

Según los postulados de la mecánica cuántica, cuando se mide la cantidad física \mathcal{A} de un sistema en el estado normalizado $|\Psi\rangle$, la probabilidad $\mathcal{P}(a_n)$ de obtener el autovalor a_n del correspondiente observable A es $\mathcal{P}(a_n) = |\langle u_n | \Psi \rangle|^2$, donde $|u_n\rangle$, es el autovector normalizado de A asociado con el autovalor a_n . ¿Para qué caso es cierto?:

Respuesta 1	Para el caso de un espectro discreto no degenerado.
Respuesta 2	Para el caso de un espectro discreto degenerado.
Respuesta 3	Para el caso de un espectro continuo.
Respuesta 4	Para casos de espectros continuos y discretos indistintamente.

Bibliografía 1:

Título: Quantum Mechanics

Autores: Cohen-Tannoudji, Diu y Laloë

Editorial: John Wiley & Sons

Tomo: 1

Año edición: 1977

Páginas referenciadas: 216, 217, 218



FORMULARIO PREGUNTAS DE EXAMEN DEL AÑO 2025-26

N.º de pregunta en el examen:

90

Respuesta correcta:

2

Enunciado de la pregunta:

Una partícula cuántica está confinada en una región unidimensional muy pequeña de longitud L . ¿Cuál de las siguientes afirmaciones sobre la energía del estado fundamental es correcta, de acuerdo con el principio de incertidumbre de Heisenberg?

Respuesta 1 La energía del estado fundamental es cero, porque la partícula está en reposo.

Respuesta 2 La energía del estado fundamental es inversamente proporcional a L^2 .

Respuesta 3 La energía del estado fundamental es directamente proporcional a L .

Respuesta 4 La energía del estado fundamental es independiente de L .

Bibliografía 1:

Título: Mecánica Cuántica (3^a ed.)

Autor/a: Claude Cohen-Tannoudji, Bernard Diu y Franck Laloë

Editorial: Cursiva

Tomo: I

Año edición: 2017

Páginas referenciadas: 65-72 (Capítulo III: El principio de incertidumbre de Heisenberg)



Bibliografía 2:

Título: Física Cuántica (2 ^a ed.)
Autor/a: Robert Eisberg y Robert Resnick
Editorial: Limusa
Tomo: -
Año edición: 2000
Páginas referenciadas: 114-118 (Capítulo 5: El Principio de Incertidumbre de Heisenberg)

AUTOR/A DE LA PREGUNTA:

COMENTARIO

La pregunta es de carácter conceptual y requiere la aplicación del principio de incertidumbre de Heisenberg ($\Delta x \Delta p \geq \hbar/2$).

Para una partícula confinada en una región de longitud L , la incertidumbre en su posición (Δx) será del orden de L . Esto implica que la incertidumbre en su momento (Δp) debe ser al menos del orden de \hbar/L . La energía del estado fundamental (E) es proporcional a la energía cinética, que a su vez es proporcional a p^2 . Por lo tanto, $E \propto (\Delta p)^2 \propto (\hbar/L)^2 \propto 1/L^2$.



FORMULARIO PREGUNTAS DE EXAMEN DEL AÑO 2025-26

N.º de pregunta en el examen:

91

Respuesta correcta:

1

Enunciado de la pregunta:

Un sistema cuántico de tres estados no degenerados $\{|1\rangle, |2\rangle, |3\rangle\}$ con autoenergías, $\{E_1, E_2, E_3\}$ respectivamente y Hamiltoniano, H , se encuentra inicialmente estado $|\Psi(0)\rangle = \frac{1}{2}(|1\rangle - |2\rangle) + \frac{1}{\sqrt{2}}|3\rangle$. Su estado en un instante posterior, t , es:

Respuesta 1 $|\Psi(t)\rangle = \frac{1}{2} \left(e^{\frac{-iE_1 t}{\hbar}} |1\rangle - e^{\frac{-iE_2 t}{\hbar}} |2\rangle \right) + \frac{1}{\sqrt{2}} e^{\frac{-iE_3 t}{\hbar}} |3\rangle.$

Respuesta 2 $|\Psi(t)\rangle = e^{\frac{-iE_3 t}{\hbar}} |3\rangle.$

Respuesta 3 $|\Psi(t)\rangle = \frac{1}{\sqrt{2}} (E_1 t |1\rangle - E_2 t |2\rangle) + \frac{1}{\sqrt{2}} E_3 t |3\rangle.$

Respuesta 4 $|\Psi(t)\rangle = \left(e^{\frac{-i(E_1-E_3)t}{\hbar}} |1\rangle - e^{\frac{-i(E_2-E_3)t}{\hbar}} |2\rangle \right).$

Bibliografía 1:

Título:
Autor/a:
Editorial
Tomo:
Año edición:
Páginas referenciadas:



AUTOR/A DE LA PREGUNTA:

Solución:

$$\begin{aligned} |\Psi(t)\rangle &= e^{-iH\frac{t}{\hbar}} |\Psi(0)\rangle = e^{-iH\frac{t}{\hbar}} \left[\frac{1}{2} (|1\rangle - |2\rangle) + \frac{1}{\sqrt{2}} |3\rangle \right] \\ &= \frac{1}{2} \left(e^{-iH\frac{t}{\hbar}} |1\rangle - e^{-iH\frac{t}{\hbar}} |2\rangle \right) + \frac{1}{\sqrt{2}} e^{-iH\frac{t}{\hbar}} |3\rangle \\ &= \frac{1}{2} \left(e^{\frac{-iE_1 t}{\hbar}} |1\rangle - e^{\frac{-iE_2 t}{\hbar}} |2\rangle \right) + \frac{1}{\sqrt{2}} e^{\frac{-iE_3 t}{\hbar}} |3\rangle. \end{aligned}$$



FORMULARIO PREGUNTAS DE EXAMEN DEL AÑO 2025-26

N.^º de pregunta en el examen:

92

Respuesta correcta:

2

Enunciado de la pregunta:

Una partícula cuántica se encuentra en el estado normalizado $|\psi\rangle = \sqrt{3}/2|a_1\rangle + 1/2|a_2\rangle$, siendo $|a_1\rangle$ y $|a_2\rangle$, los autoestados del operador \hat{A} , asociado a la magnitud A, que tienen los autovalores $a_1=1$ y $a_2=2$, respectivamente. ¿Cuál es el valor medio de A en el estado definido por $|\psi\rangle$?

Respuesta 1 7/4.

Respuesta 2 5/4.

Respuesta 3 $\frac{3}{4}$

Respuesta 4 $\frac{1}{2}$.

Bibliografía 1:

Título: Modern Quantum Mechanics

Autor/a: J.J. Sakurai, Jim Napolitano

Editorial: Cambridge University Press

Tomo:

Año edición: 2020

Páginas referenciadas: 23

**Bibliografía 2:**

Título:
Autor/a:
Editorial
Tomo:
Año edición:
Páginas referenciadas:

AUTOR/A DE LA PREGUNTA:**SOLUCIÓN:**

El valor medio A es el valor esperado del operador \hat{A} en el estado $|\psi\rangle$:

$$\langle \psi | \hat{A} | \psi \rangle = 1 \cdot \frac{3}{4} + 2 \cdot \frac{1}{4} = \frac{5}{4}$$

We define the **expectation value** of A taken with respect to state $|\alpha\rangle$ as

$$\langle A \rangle \equiv \langle \alpha | A | \alpha \rangle. \quad (1.98)$$

To make sure that we are referring to state $|\alpha\rangle$, the notation $\langle A \rangle_\alpha$ is sometimes used. Equation (1.98) is a definition; however, it agrees with our intuitive notion of *average measured value* because it can be written as

$$\begin{aligned} \langle A \rangle &= \sum_{a'} \sum_{a''} \langle \alpha | a'' \rangle \langle a'' | A | a' \rangle \langle a' | \alpha \rangle \\ &= \sum_{a'} \underbrace{\qquad a' \qquad}_{\text{measured value } a'} \underbrace{\qquad \overbrace{|\langle a' | \alpha \rangle|^2}^{\text{probability for obtaining } a'}}_{\text{probability for obtaining } a'}. \end{aligned} \quad (1.99)$$



FORMULARIO PREGUNTAS DE EXAMEN DEL AÑO 2025-26

N.º de pregunta en el examen:

93

Respuesta correcta:

1

Enunciado de la pregunta:

¿Con cuántas dimensiones se trabaja en la teoría de supercuerdas?

Respuesta 1	10 Dimensiones: 3 dimensiones espaciales, 1 dimensión temporal y 6 dimensiones espaciales compactadas.
Respuesta 2	4 Dimensiones: 3 dimensiones espaciales y 1 dimensión temporal.
Respuesta 3	6 Dimensiones: 5 dimensiones espaciales y 1 dimensión temporal.
Respuesta 4	0 Dimensiones.

Bibliografía 1:

Título: String Theory

Autor/a: David Tong

Editorial: University of Cambridge

Tomo: 3

Año edición: 2009

Páginas referenciadas: 48 y 120

Comentarios:



FORMULARIO PREGUNTAS DE EXAMEN DEL AÑO 2025-26

N.^º de pregunta en el examen:

94

Respuesta correcta:

3

Enunciado de la pregunta:

Dada una función de onda de espín $|a\rangle$ correspondiente al acoplamiento de dos electrones para dar $S_T=1$ determinar el valor de $\langle a|\vec{S}_1 \cdot \vec{S}_2|a\rangle$:

Respuesta 1 $2\hbar^2$.

Respuesta 2 \hbar^2 .

Respuesta 3 $\frac{\hbar^2}{4}$.

Respuesta 4 0.

Bibliografía 1:

Título: Physics of atoms and molecules

Autor/a: B. H. Bransden & C. J. Joachain

Editorial: Pearson

Tomo:1

Año edición:1983

Páginas referenciadas:252



FORMULARIO PREGUNTAS DE EXAMEN DEL AÑO 2025-26

N.º de pregunta en el examen:

95

Respuesta correcta:

4

Enunciado de la pregunta:

Según la teoría cuántica del átomo de hidrógeno, para un número cuántico l dado, los únicos valores de energía negativa posibles vienen dadas por $E_{k,l} = \frac{-E_I}{(k+l)^2}$; $k = 1, 2, 3, \dots$, siendo E_I la energía de ionización. ¿Qué tipo de degeneración nos encontramos:

Respuesta 1	Degeneración esencial relacionada al hecho de que la ecuación radial depende sólo del número cuántico l y no del número cuántico m .
Respuesta 2	Degeneración accidental, ya que 2 autovalores $E_{k,l}$ y $E_{k',l'}$, correspondientes a dos ecuaciones radiales diferentes ($l' \neq l$) son iguales si $k + l = k' + l'$.
Respuesta 3	No existe degeneración.
Respuesta 4	Nos encontramos degeneración esencial y degeneración accidental.

Bibliografía 1:

Título: Quantum Mechanics
Autor/a: Cohen-Tannoudji, Diu y Laloë
Editorial: John Wiley & Sons
Tomo: 1
Año edición: 1977
Páginas referenciadas: 798, 799



FORMULARIO PREGUNTAS DE EXAMEN DEL AÑO 2025-26

N.º de pregunta en el examen:

96

Respuesta correcta:

2

Enunciado de la pregunta:

El estado cuántico que describe de un sistema de N fermiones es:

Respuesta 1	Definido positivo.
Respuesta 2	Antisimétrico frente al intercambio de dos de ellos.
Respuesta 3	Simétrico frente al intercambio de dos de ellos.
Respuesta 4	Antisimétrico en la parte espacial y antisimétrico en la de espín.

Bibliografía 1:

Título: Quantum Mechanics

Autor/a: N. Zetilli

Editorial: Wiley

Tomo:

Año edición: 2009

Páginas referenciadas: 463



FORMULARIO PREGUNTAS DE EXAMEN DEL AÑO 2025-26

N.º de pregunta en el examen:

97

Respuesta correcta:

1

Enunciado de la pregunta:

Una partícula de masa en reposo $2 \text{ MeV}/c^2$ y energía cinética 3 MeV choca con una partícula estacionaria de masa en reposo $4 \text{ MeV}/c^2$. Despues del choque, las dos partículas quedan unidas. Hallar la cantidad de movimiento final en el sistema:

Respuesta 1	4.58 MeV/c.
Respuesta 2	5.02 MeV/c.
Respuesta 3	6.32 MeV/c.
Respuesta 4	7.31 MeV/c.

Bibliografía 1:

Título: Física para la ciencia y la tecnología.

Autor/a: Paul A. Tipler.

Editorial: Reverté. S.A.

Tomo: 2

Año edición: 2000

Páginas referenciadas: 1300-1301



FORMULARIO PREGUNTAS DE EXAMEN DEL AÑO 2025-26

N.º de pregunta en el examen:

98

Respuesta correcta:

2

Enunciado de la pregunta:

En el límite ultrarrelativista (y asumiendo unidades naturales $c = 1$) la energía de una partícula es:

Respuesta 1	Igual a su masa en reposo.
Respuesta 2	Igual a su momento lineal.
Respuesta 3	Igual al cuadrado de su momento lineal.
Respuesta 4	Igual al producto de su masa en reposo y su momento lineal.

Bibliografía 1:

Título: Modern Physics.
Autor/a: P.A. Tipler & R.A. Llewellyn
Editorial: W. H. Freeman and Company, New York
Tomo: -
Año edición: 2012
Páginas referenciadas: 94

**COMENTARIOS**

A partir de la relación $E = \sqrt{m^2 + p^2}$, cuando $p \gg m$, se obtiene que $E \approx p$.

94

Chapter 2 Relativity II

$$E = \sqrt{(pc)^2 + (mc^2)^2}$$

FIGURE 2-13 Triangle showing the relation between energy, momentum, and rest mass in special relativity. *Caution:* Remember that E and pc are not relativistically invariant. The invariant is mc^2 .

Some Useful Equations and Approximations

$$E^2 = (pc)^2 + (mc^2)^2$$

2-31

Extremely Relativistic Case The triangle shown in Figure 2-13 is sometimes useful in remembering this result. If the energy of a particle is much greater than its rest energy mc^2 , the second term on the right of Equation 2-31 can be neglected, giving the useful approximation

$$E \approx pc \quad \text{for } E \gg mc^2$$

2-36

This approximation is accurate to about 1 percent or better if E is greater than about $8mc^2$. Equation 2-36 is the exact relation between energy and momentum for particles with zero rest mass.

From Equation 2-36 we see that the momentum of a high-energy particle is simply its total energy divided by c . A convenient unit of momentum is MeV/ c . The momentum of a charged particle is usually determined by measuring the radius of curvature of the path of the particle moving in a magnetic field. If the particle has charge q and a velocity \mathbf{u} , it experiences a force in a magnetic field \mathbf{B} given by

$$\mathbf{F} = q\mathbf{u} \times \mathbf{B}$$

where \mathbf{F} is perpendicular to the plane formed by \mathbf{u} and \mathbf{B} and, hence, is always perpendicular to \mathbf{u} . Since the magnetic force is always perpendicular to the velocity, it does no work on the particle (the work-energy theorem also holds in relativity), so the energy of the particle is constant. From Equation 2-10 we see that if the energy is constant, γ must be a constant, and therefore the speed u is also constant. Therefore,

$$\mathbf{F} = q\mathbf{u} \times \mathbf{B} = \frac{d\mathbf{p}}{dt} = \frac{d(\gamma m\mathbf{u})}{dt} = \gamma m \frac{d\mathbf{u}}{dt}$$

For the case $\mathbf{u} \perp \mathbf{B}$, the particle moves in a circle of radius R with centripetal acceleration u^2/R . (If \mathbf{u} is not perpendicular to \mathbf{B} , the path is a helix. Since the component of \mathbf{u} parallel to \mathbf{B} is unaffected, we will only consider motion in a plane.) We then have

$$quB = m\gamma \left| \frac{du}{dt} \right| = m\gamma \left(\frac{u^2}{R} \right)$$

or

$$BqR = m\gamma u = p$$

2-37

This is the same as the nonrelativistic expression except for the factor of γ . Figure 2-14 shows a plot of BqR/mu versus u/c . It is useful to rewrite Equation 2-37 in terms of practical but mixed units; the result is

$$p = 300 BR \left(\frac{q}{e} \right) \quad 2-38$$

where p is in MeV/ c , B is in tesla, and R is in meters.



14



FORMULARIO PREGUNTAS DE EXAMEN DEL AÑO 2025-26

N.º de pregunta en el examen:

99

Respuesta correcta:

1

Enunciado de la pregunta:

Un vagón de tren de longitud propia l se mueve a velocidad $v = c/2$ respecto a una estación. En la parte trasera del mismo se enciende una luz. Según el sistema de referencia ligado a la estación, ¿cuánto tiempo tarda un rayo de luz en llegar a la parte delantera del vagón?:

Respuesta 1 $\sqrt{3}l/c.$

Respuesta 2 $\sqrt{2}l/c.$

Respuesta 3 $\sqrt{\frac{5}{3}}l/c.$

Respuesta 4 $\sqrt{\frac{1}{2}}l/c.$

Bibliografía 1:

Título: Special Relativity: for the enthusiastic beginner

Autor/a: David J. Morin

Editorial CreateSpace Independent Publishing Platform

Tomo:

Año edición: 2017

Páginas referenciadas: 73

**Bibliografía 2:**

Título:
Autor/a:
Editorial
Tomo:
Año edición:
Páginas referenciadas:

AUTOR/A DE LA PREGUNTA:**SOLUCIÓN:**

Usando la transformación de Lorentz $t = \gamma \left(t' + \frac{v}{c^2} x' \right)$, donde $\gamma = \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} = \frac{2}{\sqrt{3}}$. El tiempo $t' = \frac{l}{c}$ esto es el tiempo que tarda la luz en llegar a la parte delantera del vagón medido en el sistema tren y $x' = l$, distancia que recorre la luz en el sistema tren. Sustituyendo, se tiene que $t = \sqrt{3}l/c$.

Eqs. (2.1), which are known as the *Lorentz transformations*, are therefore given by

$$\boxed{\begin{aligned}\Delta x &= \gamma(\Delta x' + v \Delta t') \\ \Delta t &= \gamma(\Delta t' + v \Delta x'/c^2)\end{aligned}} \quad (2.2)$$

where

$$\gamma \equiv \frac{1}{\sqrt{1 - v^2/c^2}}. \quad (2.3)$$



FORMULARIO PREGUNTAS DE EXAMEN DEL AÑO 2025-26

N.º de pregunta en el examen:

100

Respuesta correcta:

1

Enunciado de la pregunta:

Supongamos tres sistemas de referencia O, O₁ y O₂ que se mueven en un régimen relativista colinealmente a lo largo de sus ejes x, de modo que O₁ se mueve con velocidad v₁ respecto a O, y O₂ se mueve con velocidad v₂ respecto a O₁. Entonces, la velocidad v con la que se desplaza O₂ respecto a O vendrá dada por:

Respuesta 1 $(v_1 + v_2)/(1 + v_1 v_2/c^2)$.

Respuesta 2 $v_1 + v_2$.

Respuesta 3 $(v_1 + v_2)/(1 + (v_1 + v_2)^2/c^2)$.

Respuesta 4 $c^2/(v_1 + v_2)$.

Bibliografía 1:

Título: Dinámica clásica de las partículas y sistemas

Autor/a: Jerry B. Marion

Editorial Reverté S. A.

Tomo:

Año edición: 1998

Páginas referenciadas: 373



FORMULARIO PREGUNTAS DE EXAMEN DEL AÑO 2025-26

N.º de pregunta en el examen:

101

Respuesta correcta:

2

Enunciado de la pregunta:

Un muón tiene una vida media de 2×10^{-6} segundos, medida por un observador en reposo respecto al muón. Si estos muones se desplazan a una velocidad de 0,9c y se produce una descarga de muones en un punto de la atmósfera, pero solo el 5 % de ellos logra llegar a la superficie terrestre, ¿a qué altura se originó la descarga?:

Respuesta 1	2.5km.
Respuesta 2	3.7km.
Respuesta 3	4.3km.
Respuesta 4	5.2km.

Bibliografía 1:

Título:Física
Autor/a:M. Alonso y E.J. Finn
Editorial Pearson
Tomo:
Año edición:1995
Páginas referenciadas:414



Comentarios:

$$T = \frac{T'}{\sqrt{1-v^2/c^2}} \Rightarrow T = \frac{2 \times 10^{-6} s}{\sqrt{1 - \frac{(0.9c)^2}{c^2}}} = 4.6 \times 10^{-6} s$$

La fracción de muones que sobreviven después de un tiempo t
 $\frac{N}{N_0} = e^{-\tau t} \Rightarrow t = \tau \cdot \ln\left(\frac{N_0}{N}\right) = 4.6 \times 10^{-6} \cdot \ln\left(\frac{1}{0.05}\right) = 1.37 \times 10^{-5}$

$$d = v * t = 0.9c * 1.37 \times 10^{-5} s = 3.7 km$$



FORMULARIO PREGUNTAS DE EXAMEN DEL AÑO 2025-26

N.º de pregunta en el examen:

102

Respuesta correcta:

3

Enunciado de la pregunta:

Un astronauta viaja en una nave espacial a una velocidad de $0,8c$, siendo c la velocidad de la luz en el vacío, con respecto a la Tierra. ¿Cuál de las siguientes afirmaciones sobre la dilatación del tiempo es la verdadera?

Respuesta 1	El tiempo en la nave espacial transcurre más rápido que en la Tierra.
Respuesta 2	Los observadores en la Tierra verán el tiempo del astronauta transcurrir más rápido que su propio tiempo.
Respuesta 3	El astronauta verá el tiempo de la Tierra transcurrir más lento que su propio tiempo.
Respuesta 4	Ambos observadores, el de la Tierra y el astronauta, verán el tiempo del otro transcurrir más rápido.

Bibliografía 1:

Título: Fundamentos de Física (10ª ed.)

Autor/a: David Halliday, Robert Resnick, y Jearl Walker

Editorial: Cengage Learning

Tomo: I

Año edición: 2014

Páginas referenciadas: 1056-1058 (Capítulo 37: Relatividad)



Bibliografía 2:

Título: Física para la ciencia y la tecnología (6 ^a ed.)
Autor/a: Paul A. Tipler y Gene Mosca
Editorial: Reverté
Tomo: I
Año edición: 2010
Páginas referenciadas: 1146-1148 (Capítulo 39: La Relatividad Especial)

AUTOR/A DE LA PREGUNTA:

COMENTARIO

La pregunta es de tipo conceptual y de dificultad alta. Evalúa la comprensión del principio de dilatación del tiempo en la relatividad especial y la simetría entre los marcos de referencia inerciales. Un observador en un marco de referencia inercial siempre medirá que los relojes en movimiento con respecto a él se mueven más lento. Por lo tanto, el astronauta (en su propio marco de referencia) ve el tiempo de la Tierra (que se mueve con respecto a él) transcurrir más lento.



FORMULARIO PREGUNTAS DE EXAMEN DEL AÑO 2025-26

N.º de pregunta en el examen:

103

Respuesta correcta:

4

Enunciado de la pregunta:

¿Cuál de las siguientes expresiones es invariante bajo transformaciones de Lorentz?

Respuesta 1	La energía de una partícula.
Respuesta 2	El momento lineal de una partícula.
Respuesta 3	La densidad de carga eléctrica.
Respuesta 4	La ecuación de ondas de una onda electromagnética en el vacío: $\frac{1}{c^2} \frac{\partial^2 \phi}{\partial t^2} = \nabla^2 \phi$

Bibliografía 1:

Título: Classical Electrodynamics. 3ª ed.

Autor/a: J. D. Jackson

Editorial: John Wiley & Sons

Tomo: 1

Año edición: 1999

Páginas referenciadas: 516-518, 524-527, 533, 538, 543, 553-555

**Bibliografía 2:**

Título: Introduction to Electrodynamics. 4 ^a ed.
Autor/a: D. J. Griffiths
Editorial: Pearson
Tomo: 1
Año edición: 2013
Páginas referenciadas: 506, 525, 532, 535-536, 550, 553, 562, 565, 569

AUTOR/A DE LA PREGUNTA:**RESOLUCIÓN DEL EJERCICIO**

De entrada, la energía y el momento lineal son los componentes del cuatrivector momento lineal $p^\mu = \left(\frac{E}{c}, \vec{p}\right)$, por tanto necesariamente se transforman bajo transformaciones de Lorentz y se pueden descartar las opciones 1 y 2.

La carga eléctrica es una magnitud invariante Lorentz. La densidad de carga eléctrica ρ , definida como $\rho = dq/dV$ depende de la carga eléctrica y del volumen. Como el volumen no es invariante Lorentz, entonces ρ tampoco es invariante y con ello se puede descartar la opción 3. De hecho ρ es la componente temporal del cuatrivector densidad de corriente: $J^\mu = (\rho, \vec{J})$.

Habiendo descartado las tres primeras opciones, la respuesta **correcta** debería ser la **4**. El razonamiento de esta opción no es mucho más complicado que las anteriores, ya que realmente no es necesario aplicar una transformación de Lorentz a la ecuación para ver si cambia o no.

De acuerdo con el 2º postulado de la relatividad especial, la velocidad de la luz en el vacío es la misma para todos los observadores inerciales, independientemente del movimiento relativo entre la fuente emisora y el observador. Como consecuencia, las ecuaciones de Maxwell en el vacío mantienen la misma forma matemática en todos los sistemas de referencia inerciales (lo que se conoce como *covarianza*), lo que se refleja en su invariancia Lorentz.

La ecuación de ondas que describe una onda electromagnética en el vacío (respuesta 4) es invariante bajo transformaciones de Lorentz porque su velocidad de propagación es $v = c$, la misma constante universal que aparece en las transformaciones de Lorentz, a diferencia de ecuaciones de onda en un medio material, cuya velocidad depende del medio material y no es la



misma para todos los observadores inerciales. Además, se puede derivar a partir de las ecuaciones de Maxwell en el vacío, por lo que también es independiente del sistema de referencia.

La ecuación de ondas se puede reescribir en forma covariante definiendo el operador d'Alembertiano como:

$$\square = \frac{1}{c^2} \frac{\partial^2}{\partial t^2} - \frac{\partial^2}{\partial x^2} = \frac{\partial}{\partial x_\nu} \cdot \frac{\partial}{\partial x^\nu} = \partial^\nu \partial_\nu$$

Siendo x^ν las componentes del cuatrivector posición: (ct, x, y, z) y aplicándose el criterio de índices repetidos de Einstein. De forma que la ecuación de onda se reescribe como:

$$\square \psi = \partial^\nu \partial_\nu \psi = 0$$

Al tratarse ψ de un campo escalar y $\partial^\nu \partial_\nu$ de un operador escalar, la expresión es invariante Lorentz. Por ello, la respuesta 4 es la CORRECTA.

BIBLIOGRAFÍA

1. Classical Electrodynamics:

When Einstein began to think about these matters there existed several possibilities:

1. The Maxwell equations were incorrect. The proper theory of electromagnetism was invariant under Galilean transformations.
2. Galilean relativity applied to classical mechanics, but electromagnetism had a preferred reference frame, the frame in which the luminiferous ether was at rest.
3. There existed a relativity principle for both classical mechanics and electromagnetism, but it was not Galilean relativity. This would imply that the laws of mechanics were in need of modification.

The first possibility was hardly viable. The amazing successes of the Maxwell theory at the hands of Hertz, Lorentz, and others made it doubtful that the

*The reader might wish to ponder the differences between the wave equation and the Schrödinger equation under Galilean transformations. If in K' the Schrödinger equation reads

$$-\frac{\hbar^2}{2m} \nabla'^2 \psi' + V\psi' = i\hbar \frac{\partial \psi'}{\partial t'}$$

then in K the equation has the same form for the wave function ψ provided V is a Galilean invariant and $\psi = \psi' \exp[i(m/\hbar)\mathbf{v} \cdot \mathbf{x} - i(mv^2/2\hbar)t]$. The Schrödinger equation is invariant under Galilean transformations.



FORMULARIO PREGUNTAS DE EXAMEN DEL AÑO 2025-26

N.º de pregunta en el examen:

104

Respuesta correcta:

4

Enunciado de la pregunta:

La regla de oro de Fermi determina la probabilidad de transición por unidad de tiempo desde un estado inicial discreto a un estado final en un continuo de estados. Señala la opción correcta acerca de sus propiedades.

Respuesta 1	El estado final puede ser discreto y no degenerado.
Respuesta 2	Depende linealmente del elemento de matriz de la perturbación \hat{V} entre los estados inicial y final: $\langle f \hat{V} i \rangle$
Respuesta 3	Depende cuadráticamente de la densidad de estados finales.
Respuesta 4	Permite describir fenómenos físicos como el efecto fotoeléctrico.

Bibliografía 1:

Título: Quantum Mechanics II. (Edición en inglés).
Autor/a: A. Galindo, P. Pascual
Editorial: Springer-Verlag
Tomo: 2
Año edición: 1990
Páginas referenciadas: 176-179

**Bibliografía 2:**

Título: Introduction to Quantum Mechanics. 3ª edición.
Autor/a: D.J. Griffiths, D.F. Schroeter
Editorial: Cambridge University Press
Tomo: 1
Año edición: 2018
Páginas referenciadas: 538-539

AUTOR/A DE LA PREGUNTA:**RESOLUCIÓN DEL EJERCICIO**

La regla de oro de Fermi es una expresión que determina la probabilidad de transición por unidad de tiempo entre un estado inicial discreto y un estado final que forma parte de un continuo de estados, $\Gamma_{i \rightarrow f}$. Se aplica, por ejemplo, en teoría de dispersión, para el estudio de la absorción fotoeléctrica o el decaimiento radiactivo.

$$\Gamma_{i \rightarrow f} = \frac{2\pi}{\hbar} |\langle f | \hat{V} | i \rangle|^2 \rho(E_f)$$

Siendo $\langle f | \hat{V} | i \rangle$ el elemento de matriz de la perturbación \hat{V} y $\rho(E_f)$ la densidad de estados para la energía E_f del estado final. La fórmula es bastante sencilla porque sólo depende de estos dos términos.

No tiene sentido determinar la probabilidad de transición por unidad de tiempo a un solo estado final cuando se tiene un continuo de estados. En este caso, los estados se determinan según su energía y se obtiene la probabilidad de transición por unidad de tiempo se determina entre el estado inicial y el rango de estados finales con la energía deseada, E_f , y el ancho de energía considerado ΔE : $E_f \pm \frac{\Delta E}{2}$:

$$\Gamma_{i \rightarrow \Delta f} = \int_{E_f - \frac{\Delta E}{2}}^{E_f + \frac{\Delta E}{2}} \Gamma_{i \rightarrow f} dE_f = \frac{2\pi}{\hbar} \int_{E_f - \frac{\Delta E}{2}}^{E_f + \frac{\Delta E}{2}} |\langle f | \hat{V} | i \rangle|^2 \rho(E_f) \cdot dE_f$$

Para obtener la probabilidad como tal (no por unidad de tiempo) se debe integrar esta última variable en el tiempo:



$$P_{i \rightarrow \Delta f} = \int \Gamma_{i \rightarrow \Delta f} \cdot dt$$

En el enunciado se añade una pequeña explicación para que, quien de verdad entienda un mínimo de mecánica cuántica pueda descartar dos opciones y para refrescar el conocimiento. En cualquier caso, para descartar entre la opción incorrecta restante y la verdadera, se debe conocer mínimamente la teoría subyacente.

Comentarios de las distintas opciones

1. Esta regla, por las condiciones en las que se deduce, solo es aplicable cuando el estado final es parte de un **continuo**. De hecho, la fórmula de la regla de oro contiene la densidad de estados finales, concepto que sólo se aplica a un espectro continuo de estados, por tanto, la opción es INCORRECTA.

Es fácil con tan sólo leer el enunciado deducir que esta opción es falsa. El hecho de que sea o no degenerado no importa para descartar la respuesta.

2. Como se ve en la expresión de la regla de oro, depende cuadráticamente del elemento de matriz, por lo que la respuesta es INCORRECTA.
3. De nuevo, en la expresión, depende linealmente de la densidad de estados finales, por lo que la respuesta es INCORRECTA.
4. El efecto fotoeléctrico es un fenómeno físico en el que se parte de un estado ligado, y por tanto discreto, y se pasa a un estado final en el que el electrón está libre, lo que implica que puede tener un continuo de estados. Éstas son las condiciones en las que se deduce la regla de oro y para las que se puede aplicar, por lo que la respuesta es CORRECTA.

De hecho, en realidad así se indica en el propio enunciado, por lo que con hacer este razonamiento ya se obtiene una respuesta correcta sin conocer la fórmula de la regla de oro y no es técnicamente necesario valorar el resto (a parte de que la primera es fácilmente descartable).



FORMULARIO PREGUNTAS DE EXAMEN DEL AÑO 2025-26

N.º de pregunta en el examen:

105

Respuesta correcta:

3

Enunciado de la pregunta:

¿Cuál de los siguientes efectos es el responsable del desplazamiento y desdoblamiento de las líneas espectrales en átomos y moléculas debido a la presencia de un campo eléctrico externo?:

Respuesta 1 Paschen-Back.

Respuesta 2 Zeeman.

Respuesta 3 Stark.

Respuesta 4 Raman.

Bibliografía 1:

Título: Introduction to Quantum Mechanics

Autor/a: David J. Griffiths

Editorial Prentice-Hall

Tomo:

Año edición: 1995

Páginas referenciadas: 254



FORMULARIO PREGUNTAS DE EXAMEN DEL AÑO 2025-26

N.º de pregunta en el examen:

106

Respuesta correcta:

3

Enunciado de la pregunta:

La energía de un fotón de luz visible es del orden de:

Respuesta 1 1 MeV.

Respuesta 2 1 keV.

Respuesta 3 1 eV.

Respuesta 4 1 meV.

Bibliografía 1:

Título: Physics in Nuclear Medicine

Autor/a: Simon R.Cherry; James A.Sorenson; Michael E. Phelps

Editorial: Saunders Elsevier

Tomo: Fourth Edition

Año edición: 2012

Páginas referenciadas: 8



FORMULARIO PREGUNTAS DE EXAMEN DEL AÑO 2025-26

N.º de pregunta en el examen:

107

Respuesta correcta:

2

Enunciado de la pregunta:

El número de electrones en la capa M para el elemento cuya configuración electrónica es $1s^22s^22p^63s^23p^2$ debe ser:

Respuesta 1	2.
Respuesta 2	4.
Respuesta 3	6.
Respuesta 4	10.

Bibliografía 1:

Título: Physics in Nuclear Medicine
Autor/a: Simon R.Cherry; James A.Sorenson; Michael E. Phelps
Editorial: Saunders Elsevier
Tomo: Fourth Edition
Año edición: 2012
Páginas referenciadas: 9



FORMULARIO PREGUNTAS DE EXAMEN DEL AÑO 2025-26

N.º de pregunta en el examen:

108

Respuesta correcta:

3

Enunciado de la pregunta:

**Un fotón interactúa con un átomo mediante el efecto fotoeléctrico, arrancando un electrón de la capa K. El electrón es expulsado con una energía cinética de 2 keV. Posteriormente, un electrón de la capa L cae a la capa K, emitiendo un fotón de rayos X característico con una energía de 58 keV.
Si se sabe que la energía de enlace del electrón en la capa L es de 12 keV, ¿cuál es la energía del fotón incidente (en keV)?**

Respuesta 1 60 keV.

Respuesta 2 70 keV.

Respuesta 3 72 keV.

Respuesta 4 84 keV.

Bibliografía 1:

Título: The Physics of Medical Imaging (4^a ed.)

Autor/a: David J. Dowsett y Graham A. H. Miller

Editorial: Saunders

Tomo: --

Año edición: 2017

Páginas referenciadas: 45-47 (Capítulo 4: Producción de rayos X)

**Bibliografía 2:**

Título: Radiation Physics for Medical Physicists (2 ^a ed.)
Autor/a: Ervin B. Podgorsak
Editorial: Springer
Tomo: --
Año edición: 2010
Páginas referenciadas: 112-114 (Capítulo 5: Producción de Rayos X y Espectros)

AUTOR/A DE LA PREGUNTA:**COMENTARIO**

La pregunta es de tipo numérica. Su resolución requiere la aplicación de los principios de conservación de la energía en dos etapas: la emisión de rayos X característicos y el efecto fotoeléctrico.

Sabemos que:

$$E_{\text{fotón (L \rightarrow K)}} = E_K - E_L$$

Despejamos E_K :

$$E_K = E_{\text{fotón (L \rightarrow K)}} + E_L = 58 \text{ keV} + 12 \text{ keV} = 70 \text{ keV}$$

La energía del fotón incidente es igual a la energía necesaria para liberar el electrón de la capa K (su energía de enlace), más la energía cinética con la que sale el electrón:

$$E_{\text{fotón incidente}} = E_K + E_{\text{cinética}} = 70 \text{ keV} + 2 \text{ keV} = \boxed{72 \text{ keV}}$$



FORMULARIO PREGUNTAS DE EXAMEN DEL AÑO 2025-26

N.º de pregunta en el examen:

109

Respuesta correcta:

3

Enunciado de la pregunta:

El potencial de ionización de los átomos verifica que:

Respuesta 1	Aumenta al aumentar la carga nuclear debido a la atracción culombiana.
Respuesta 2	Disminuye dentro de cada periodo debido al apantallamiento.
Respuesta 3	No varía de forma monótona con Z y alcanza máximos en los gases nobles.
Respuesta 4	Alcanza sus máximos valores para los elementos alcalinos.

Bibliografía 1:

Título: Physics of Atoms and Molecules
Autor/a: B.H. Bransden and C.J. Joachain
Editorial Pearson Education.
Tomo:
Año edición: 2003
Páginas referenciadas: 366



FORMULARIO PREGUNTAS DE EXAMEN DEL AÑO 2025-26

N.º de pregunta en el examen:

110

Respuesta correcta:

2

Enunciado de la pregunta:

La función de onda radial del estado 1s del hidrógeno (normalizada), teniendo en cuenta que a_0 es el radio de Bohr, tiene la forma (en unidades SI):

Respuesta 1 $R_{1s} \propto e^{-r/2a_0}$.

Respuesta 2 $R_{1s} \propto e^{-r/a_0}$.

Respuesta 3 $R_{1s} \propto e^{-r^2/a_0^2}$.

Respuesta 4 $R_{1s} \propto 1/r$.

Bibliografía 1:

Título: Quantum Physics of Atoms, Molecules, Solids, Nuclei, and Particles. 2nd edition.

Autor/a: Eisberg, R.; Resnick, R.

Editorial: New York: John Wiley & Sons.

Tomo:

Año edición: 1985.

Páginas referenciadas: 290.



FORMULARIO PREGUNTAS DE EXAMEN DEL AÑO 2025-26

N.^º de pregunta en el examen:

111

Respuesta correcta:

4

Enunciado de la pregunta:

En el átomo de hidrógeno, los ceros de las funciones de onda radiales $R_{n,l}(r)$ dependen de los números cuánticos n y l . ¿Cuál es el número de nodos radiales de $R_{n,l}(r)$?:

Respuesta 1 $n + l + 1$.

Respuesta 2 $n + l$.

Respuesta 3 $n - l$.

Respuesta 4 $n - l - 1$.

Bibliografía 1:

Título: Introduction to Quantum Mechanics

Autor/a: David J. Griffiths

Editorial: Pearson

Tomo:

Año edición: 2005

Páginas referenciadas: 137 y 138



FORMULARIO PREGUNTAS DE EXAMEN DEL AÑO 2025-26

N.º de pregunta en el examen:

112

Respuesta correcta:

2

Enunciado de la pregunta:

De acuerdo con las leyes de la mecánica estadística dos sistemas que pueden intercambiar entre sí energía y partículas están en equilibrio cuando:

Respuesta 1	Tienen la misma temperatura y el mismo número de estados degenerados congruentes mutuamente excluyentes.
Respuesta 2	Tienen la misma temperatura y el mismo potencial químico.
Respuesta 3	Tienen la misma energía específica y temperaturas próximas al cero absoluto.
Respuesta 4	Tienen la misma entalpía específica y la misma entalpía absoluta.

Bibliografía 1:

Título: Física Térmica
Autor/a: C. Kittel
Editorial: Editorial Reverté S. A.
Tomo:
Año edición: 1973
Páginas referenciadas: 80



FORMULARIO PREGUNTAS DE EXAMEN DEL AÑO 2025-26

N.º de pregunta en el examen:

113

Respuesta correcta:

4

Enunciado de la pregunta:

El número de fotones por unidad de volumen en un gas de fotones a temperatura T es proporcional a:

Respuesta 1 $T^{1/2}$.

Respuesta 2 T.

Respuesta 3 T^2 .

Respuesta 4 T^3 .

Bibliografía 1:

Título: Fundamentos de física estadística y termodinámica

Autor/a: F. Reif

Editorial Ediciones del castillo

Tomo:

Año edición: 1967

Páginas referenciadas: 380



Bibliografía 2:

Título: https://en.wikipedia.org/wiki/Photon_gas
Autor/a:
Editorial
Tomo:
Año edición:
Páginas referenciadas:

AUTOR/A DE LA PREGUNTA:



FORMULARIO PREGUNTAS DE EXAMEN DEL AÑO 2025-26

N.º de pregunta en el examen:

114

Respuesta correcta:

1

Enunciado de la pregunta:

Consideremos un gas ideal. Tenemos que r es el radio de una molécula del gas, T es su temperatura, p es su presión y k es la constante de Boltzmann. La expresión del camino libre medio de una molécula en el gas es:

Respuesta 1	$\lambda = \frac{kT}{4\pi\sqrt{2}r^2p}$.
Respuesta 2	$\lambda = \frac{p}{4\pi\sqrt{2}r^2kT}$.
Respuesta 3	$\lambda = \frac{kTp}{4\pi\sqrt{2}r^2}$.
Respuesta 4	$\lambda = \frac{1}{4\pi\sqrt{2}r^2kTp}$.

Bibliografía 1:

Título: Física Universitaria
Autor/a: Sears/Zemanski/Young/Freedman
Editorial: Pearson Addison-Wesley
Tomo: 1
Año edición: 2004
Páginas referenciadas: 701



Comentario

El recorrido libre medio es inversamente proporcional al producto de la densidad de partículas por la sección eficaz. La densidad es P/kT y la sección eficaz $4\pi r^2$ (las esferas chocan si los centros están a menos de un diámetro de distancia). La única opción que cumple esas proporcionalidades es la 1.



FORMULARIO PREGUNTAS DE EXAMEN DEL AÑO 2025-26

N.º de pregunta en el examen:

115

Respuesta correcta:

2

Enunciado de la pregunta:

¿Cuál de las siguientes afirmaciones describe correctamente lo que ocurre en un material ferromagnético cuando se supera su temperatura de Curie?:

Respuesta 1	El material se vuelve diamagnético, ya que sus electrones se reorganizan para oponerse al campo magnético aplicado.
Respuesta 2	El material pierde su orden magnético espontáneo y pasa a comportarse como un material paramagnético.
Respuesta 3	El material se convierte en un superconductor, permitiendo el paso de corriente sin resistencia.
Respuesta 4	El material conserva su magnetización permanente, pero con menor intensidad debido al aumento de la agitación térmica.

Bibliografía 1:

Título: Física
Autor/a: M. Alonso y E.J. FINN
Editorial: Pearson Educación
Tomo:
Año edición: 2000
Páginas referenciadas: 591



FORMULARIO PREGUNTAS DE EXAMEN DEL AÑO 2025-26

N.º de pregunta en el examen:

116

Respuesta correcta:

3

Enunciado de la pregunta:

En relación con el fenómeno de la superconductividad, señale la afirmación correcta:

Respuesta 1	La resistencia eléctrica de un superconductor disminuye progresivamente con la temperatura, pero nunca llega a ser exactamente cero.
Respuesta 2	En un superconductor, los electrones se mueven libremente sin interacción mutua, lo que elimina la resistencia.
Respuesta 3	La superconductividad se explica por la formación de pares de electrones (pares de Cooper) que se comportan colectivamente como un estado cuántico coherente.
Respuesta 4	Los superconductores sólo pueden existir en materiales ferromagnéticos.

Bibliografía 1:

Título: La superconductividad bien entendida empieza con H

Autor/a: Jorge E. Hirsch

Editorial: Reverté

Tomo:

Año edición: 2019

Páginas referenciadas: 3-4-156



FORMULARIO PREGUNTAS DE EXAMEN DEL AÑO 2025-26

N.º de pregunta en el examen:

117

Respuesta correcta:

4

Enunciado de la pregunta:

Seleccione qué NO permiten calcular las relaciones de Kramers-Kronig:

Respuesta 1	La parte real de la respuesta de la función de transferencia de un sistema lineal, conocida la parte imaginaria para todas las frecuencias.
Respuesta 2	La reactancia de un circuito conocida su resistencia a todas las frecuencias.
Respuesta 3	La fase de la reflectancia conocido el valor de ésta para todas las frecuencias.
Respuesta 4	La transmitancia de un medio conocida su absorbancia a una frecuencia dada.

Bibliografía 1:

Título: Introducción a la física del estado sólido.
Autor/a: C. Kittel
Editorial: Editorial Reverté, S.A., Barcelona
Tomo: -
Año edición: 1993
Páginas referenciadas: 351-353



FORMULARIO PREGUNTAS DE EXAMEN DEL AÑO 2025-26

N.º de pregunta en el examen:

118

Respuesta correcta:

1

Enunciado de la pregunta:

Ante un campo magnético de 0.1T, el agua líquida a 20ºC y 1 atmósfera se comporta como un material:

Respuesta 1 Diamagnético.

Respuesta 2 Paramagnético.

Respuesta 3 Ferromagnético.

Respuesta 4 Antiferromagnético.

Bibliografía 1:

Título: Física

Autor: Paul A. Tipler

Editorial: Reverte S.A.

Tomo: Segundo

Año edición: 1992

Páginas referenciadas: 890



Bibliografía 2:

Título: https://es.wikipedia.org/wiki/Diamagnetismo ,
https://es.wikipedia.org/wiki/Susceptibilidad_magnética
Autor: Libre difusión
Editorial: Wikipedia
Tomo:
Año edición: 2025
Páginas referenciadas:

AUTOR/A DE LA PREGUNTA:

890 Capítulo 27 Magnetismo en la materia

27-5 Diamagnetismo

Los materiales diamagnéticos son aquellos que tienen valores negativos muy pequeños de susceptibilidad magnética χ_m . El diamagnetismo fue descubierto por Faraday en 1846 cuando vio que un trozo de bismuto se veía repelido por un polo cualquiera de un imán, indicando que el campo externo del imán induce un dipolo magnético en el bismuto de sentido opuesto al campo. Podemos comprender este efecto cualitativamente utilizando la ley de Lenz. La figura 27-11 muestra dos cargas positivas moviéndose en órbitas circulares con la misma velocidad pero en sentidos opuestos. Sus momentos magnéticos tienen sentidos opuestos y se contrarrestan entre sí. (Es más sencillo considerar cargas positivas, aunque son los electrones con carga negativa los que proporcionan los momentos magnéticos de la materia.) Consideremos ahora lo que ocurre cuando un campo externo magnético B se conecta de modo que esté dirigido hacia el papel. De acuerdo con la ley de Lenz, se inducirán corrientes que se opondrán a la variación de flujo. Si admitimos que el radio de la circunferencia no varía, la carga de la izquierda se deberá acelerar para aumentar su flujo que va hacia el lector, y la carga de la derecha deberá disminuir su velocidad para hacer disminuir su flujo dirigido hacia el papel. En cada caso, la variación del momento magnético de las cargas estará en el sentido dirigido hacia el lector, opuesto al del campo externo aplicado. Como los momentos magnéticos permanentes de las dos cargas son iguales y de sentidos opuestos, su suma es nula, quedando sólo los momentos magnéticos inducidos, que son ambos opuestos a la dirección del campo magnético aplicado.



FORMULARIO PREGUNTAS DE EXAMEN DEL AÑO 2025-26

N.º de pregunta en el examen:

119

Respuesta correcta:

1

Enunciado de la pregunta:

Un campo magnético rotatorio de amplitud B y frecuencia ω , hace que una muestra de agua absorba por resonancia magnética nuclear una potencia

$W_2(\omega) \propto \frac{\omega T_2 B_1^2}{1 + (\omega_0 - \omega)^2 T_2^2}$, relacionada con el tiempo de relajación transversal T_2 y la frecuencia ω_0 de Larmor inducida por el campo magnético estático al que se somete la muestra. Seleccione el valor de la semianchura de la línea de absorción a mitad de máximo $\Delta\omega_{1/2}$:

Respuesta 1	$\Delta\omega_{1/2} = 1/T_2$
Respuesta 2	$\Delta\omega_{1/2} = \sqrt{\omega_0/T_2}$
Respuesta 3	$\Delta\omega_{1/2} = 2/T_2$
Respuesta 4	$\Delta\omega_{1/2} = \sqrt{4\omega_0/T_2}$

Bibliografía 1:

Título: Introducción a la física del estado sólido.

Autor/a: C. Kittel

Editorial: Editorial Reverté, S.A., Barcelona

Tomo: -

Año edición: 1993

Páginas referenciadas: 561

**COMENTARIOS**

Asumiendo que la línea es estrecha (comparada con ω_0), se puede considerar toda la dependencia de la frecuencia en el denominador; entonces, la frecuencia a la que éste toma su máximo es $\omega = \omega_0$ y la frecuencia a la que duplica su valor es $\omega = \pm 1/T_2$, lo que reduce a mitad el valor de $W_2(\omega)$ y es, por tanto, la semianchura buscada.

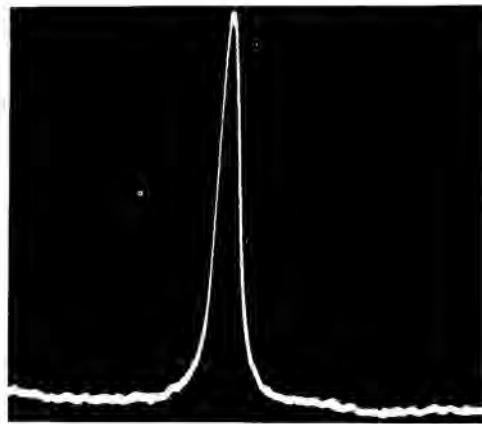


Figura 6. Absorción de resonancia de protones en el agua. (Cortesía de E. L. Hahn.)

Las ecuaciones de Bloch pueden dar la potencia absorbida en un campo magnético rotatorio de amplitud B_1 :

$$B_x = B_1 \cos \omega t ; \quad B_y = -B_1 \operatorname{sen} \omega t . \quad (18)$$

Un cálculo sencillo nos conduce a la potencia absorbida

$$\text{(CGS)} \quad P(\omega) = \frac{\omega \gamma M_z T_2}{1 + (\omega_0 - \omega)^2 T_2^2} B_1^2 . \quad (19)$$

El semi-ancho de la raya de resonancia a la mitad del máximo es

$$(\Delta\omega)_{1/2} = 1/T_2 , \quad (20)$$

ANCHO DE LA RAYA

La interacción entre los dipolos magnéticos es generalmente la causa más importante del ensanchamiento de la raya de una red rígida de dipolos magnéticos. El campo magnético ΔB que obra sobre el dipolo magnético μ_1 debido al dipolo magnético μ_2



FORMULARIO PREGUNTAS DE EXAMEN DEL AÑO 2025-26

N.º de pregunta en el examen:

120

Respuesta correcta:

1

Enunciado de la pregunta:

Una red de Bravais se define como:

Respuesta 1 Un conjunto infinito de puntos idénticos obtenidos por traslaciones enteras de vectores primitivos.

Respuesta 2 Una disposición periódica de átomos que incluye la base.

Respuesta 3 La celda de Wigner-Seitz de un cristal.

Respuesta 4 Una estructura simple cúbica.

Bibliografía 1:

Título: Solid State Physics

Autor/a: N.W. Ashcroft and N.D. Mermin

Editorial Brooks/Cole

Tomo:

Año edición: 1976

Páginas referenciadas: 64



FORMULARIO PREGUNTAS DE EXAMEN DEL AÑO 2025-26

N.º de pregunta en el examen:

121

Respuesta correcta:

1

Enunciado de la pregunta:

De acuerdo con la ley de Dulong-Petit, ¿cuál es aproximadamente el valor del calor específico molar a volumen constante C_v de muchos sólidos cristalinos?:

Respuesta 1 $3R.$

Respuesta 2 $2R.$

Respuesta 3 $\frac{3}{2}R.$

Respuesta 4 $\frac{1}{2}R.$

Bibliografía 1:

Título: The Oxford Solid State Basics

Autor/a: Steven H. Simon

Editorial: Academic

Tomo:

Año edición: 2018

Páginas referenciadas: 7

Bibliografía 2:

Título:
Autor/a:
Editorial
Tomo:
Año edición:
Páginas referenciadas:

AUTOR/A DE LA PREGUNTA:

Our story of condensed matter physics starts around the turn of the last century. It was well known (and you should remember from your prior study of statistical physics) that the heat capacity¹ of a monatomic (ideal) gas is $C_v = 3k_B/2$ per atom, with k_B being Boltzmann's constant. The statistical theory of gases described why this is so.

As far back as 1819, however, it had also been known that for many solids the heat capacity is given by²

$$C = 3k_B \text{ per atom}$$

or $C = 3R$

which is known as the *law of Dulong-Petit*,³ where R is the ideal gas constant. While this law is not always correct, it frequently is close to true. For example, see Table 2.1 of heat capacities at room temperature and pressure. With the exception of diamond, the law $C/R = 3$ seems to hold extremely well at room temperature, although at lower temperatures all materials start to deviate from this law, and typically C drops rapidly below some temperature (and for diamond when the temperature is raised, the heat capacity increases towards $3R$ as well, see Fig. 2.2).



FORMULARIO PREGUNTAS DE EXAMEN DEL AÑO 2025-26

N.º de pregunta en el examen:

122

Respuesta correcta:

1

Enunciado de la pregunta:

En un núcleo atómico, ¿existe alguna relación entre el radio nuclear, R, y el número de neutrones, N, el número de protones, Z, o el número másico, A?:

Respuesta 1 Sí, $R=r_0 A^{1/3}$ con $r_0 \approx 1.2$ fm.

Respuesta 2 Sí, $R=r_0 A^{2/3}$ con $r_0 \approx 1.2$ fm.

Respuesta 3 Sí, $R=r_0 (Z-A)^{1/3} r_0 \approx 1.2$ fm.

Respuesta 4 Sí, $R=r_0 (N-Z)^{1/3}$ con $r_0 \approx 1.2$ fm.

Bibliografía 1:

Título: Introductory Nuclear Physics

Autor/a: Kenneth S. Krane

Editorial: John Wiley & Sons

Tomo:

Año edición: 1988

Páginas referenciadas: Chapter 3 page 48



FORMULARIO PREGUNTAS DE EXAMEN DEL AÑO 2025-26

N.º de pregunta en el examen:

123

Respuesta correcta:

3

Enunciado de la pregunta:

Dada una reacción de fisión inducida por neutrones térmicos U-235 + n, el resultado final es:

Respuesta 1	Siempre Cs-141 + Rb-93 + 2n.
Respuesta 2	Siempre Ba-141 + Kr-92 + 3n.
Respuesta 3	Variable siguiendo una distribución tal que se conserva el número de nucleones.
Respuesta 4	No se puede producir con neutrones térmicos.

Bibliografía 1:

Título: Introductory Nuclear Physics.
Autor/a: Kenneth S. Krane
Editorial: Wiley & Sons
Tomo: 1
Año edición: 1988
Páginas referenciadas: 485

**Bibliografía 2:**

Título:
Autor/a:
Editorial
Tomo:
Año edición:
Páginas referenciadas:

AUTOR/A DE LA PREGUNTA:**13.2 CHARACTERISTICS OF FISSION****Mass Distribution of Fragments**

A typical neutron-induced fission reaction is



which is possible for incident neutrons of thermal energies. The fission products are not determined uniquely—there is a distribution of masses of the two fission products of the form shown in Figure 13.6. The distribution must be symmetric about the center—for every heavy fragment, there must be a corresponding light fragment, but notice that fission into equal or nearly equal fragments ($A_1 \approx A_2$) is less probable by a factor of about 600 relative to the maximum yield of fragments with $A_1 \approx 95$ and $A_2 \approx 140$. Surprisingly, a convincing explanation for this mass distribution, which is characteristic of low-energy fission processes, has not been found. In contrast, fissions induced by very energetic particles show mass distributions that favor equal-mass fragments.



FORMULARIO PREGUNTAS DE EXAMEN DEL AÑO 2025-26

N.º de pregunta en el examen:

124

Respuesta correcta:

4

Enunciado de la pregunta:

Un núcleo inestable puede decaer a dos estados finales. Teniendo en cuenta que el número de núcleos iniciales es N_0 y el de núcleos finales es N_a y N_b determinar el cociente N_a/N_b al cabo de 1 min sabiendo que las constantes de decaimiento correspondientes son $\lambda_a = 4 \text{ min}^{-1}$ y $\lambda_b = 2 \text{ min}^{-1}$:

Respuesta 1	$N_a/N_b = 0,50.$
Respuesta 2	$N_a/N_b = 0,88.$
Respuesta 3	$N_a/N_b = 1,76.$
Respuesta 4	$N_a/N_b = 2,00.$

Bibliografía 1:

Título: Introductory Nuclear Physics.
Autor/a: Kenneth S. Krane
Editorial: Wiley & Sons
Tomo: 1
Año edición: 1988
Páginas referenciadas: 164

**Bibliografía 2:**

Título:
Autor/a:
Editorial
Tomo:
Año edición:
Páginas referenciadas:

AUTOR/A DE LA PREGUNTA:

Often it will happen that a given initial nucleus can decay in two or more different ways, ending with two different final nuclei. Let's call these two decay modes a and b. The rate of decay into mode a, $(dN/dt)_a$, is determined by the *partial decay constant* λ_a , and the rate of decay into mode b, $(dN/dt)_b$, by λ_b :

$$\begin{aligned}\lambda_a &= \frac{-(dN/dt)_a}{N} \\ \lambda_b &= \frac{-(dN/dt)_b}{N}\end{aligned}\tag{6.12}$$

The *total decay rate* $(dN/dt)_t$ is

$$-\left(\frac{dN}{dt}\right)_t = -\left(\frac{dN}{dt}\right)_a - \left(\frac{dN}{dt}\right)_b = N(\lambda_a + \lambda_b) = N\lambda_t\tag{6.13}$$

where $\lambda_t = \lambda_a + \lambda_b$ is the *total decay constant*. The nuclei therefore decay according to $N = N_0 e^{-\lambda_t t}$, and the activity $|dN/dt|$ decays with decay constant λ_t . Whether we count the radiation leading to final states a or b, we observe only the total decay constant λ_t ; we never observe an exponential decay of the activity with constants λ_a or λ_b . The relative decay constants λ_a and λ_b determine the probability for the decay to proceed by mode a or b. Thus a fraction λ_a/λ_t of the nuclei decay by mode a and a fraction λ_b/λ_t decay by mode b, so that

$$\begin{aligned}N_1 &= N_0 e^{-\lambda_t t} \\ N_{2,a} &= (\lambda_a/\lambda_t) N_0 (1 - e^{-\lambda_t t}) \\ N_{2,b} &= (\lambda_b/\lambda_t) N_0 (1 - e^{-\lambda_t t})\end{aligned}\tag{6.14}$$

The separate factors λ_a or λ_b never appear in any exponential term; we cannot “turn off” one decay mode to observe the exponential decay of the other.



FORMULARIO PREGUNTAS DE EXAMEN DEL AÑO 2025-26

N.º de pregunta en el examen:

125

Respuesta correcta:

3

Enunciado de la pregunta:

Los neutrones térmicos reciben este nombre por estar en equilibrio térmico con el medio que los rodea. ¿Cuál es la velocidad más probable de estos neutrones si la temperatura del medio es de 20ºC?

Respuesta 1	550m/s
Respuesta 2	1100m/s
Respuesta 3	2200m/s
Respuesta 4	2480m/s

Bibliografía 1:

Título: Física Nuclear
Autor/a: W. E. Burcham
Editorial: Editorial Reverté
Tomo: --
Año edición: 1974
Páginas referenciadas: 212



Capturas bibliografía 1:

TABLA 7.1 Clasificación de las energías de los neutrones

Alcance	Descripción	Subdivisión
0-1000 eV	Lentos	0-0,002 eV Frios 0,025 eV Térmicos * 0,5 eV Epítérmicos 1-100 eV Resonancias
1-500 keV	Intermedios	—
0,5-10 MeV	Rápidos	—
10-200 MeV	Alta energía	—
Más de 200 MeV	Ultra alta energía	—

* Esta es la energía de los neutrones (kT) que corresponde a la velocidad más probable (2200 m s^{-1}) para una distribución de Maxwell a 293K .

Bibliografía 2:

Título: Neutron Scattering and Other Nuclear Techniques for Hydrogen in Materials
Autor/a: Helmut Fritzsche, Jacques Huot y Daniel Fruchart (eds); Bjorn C. Hauback y Henrik Mauroy para el capítulo 2.
Editorial: Springer
Tomo: -
Año edición: 2016
Páginas referenciadas: 12

Capturas bibliografía 2:

A common feature to reactors and spallation sources is the production of neutrons with energies in the range of several or even hundreds of MeV. These energies are far too high for use in scattering experiments. Typically the energy needs to be lowered a billion times, to a few tens of meV, in order to get a desired wavelength around the atomic spacing in materials of around 0.1 nm. Neutrons having these low energies are called *thermal neutrons*. Fortunately, lowering the neutron energy is fairly easy to accomplish by passing the neutrons through a *moderating* medium. The neutrons lose their high energy due to the interaction

with the nuclei of the moderator material and finally reach thermal equilibrium with the moderator. Normal ("light") and heavy water are excellent moderators, and at room temperature will slow neutrons down to around 2200 m/s corresponding to a wavelength of 0.18 nm.

It is important to note that the neutrons emerging from the moderator have a spread in energy, which can be described fairly well with the Maxwell-Boltzmann distribution. The peak of the spectrum is at an energy equal to $k_B T$, where k_B is the Boltzmann constant and T the absolute temperature. A simulation of the neutron flux around a single uranium oxide fuel rod immersed in heavy water at different distances from the fuel rod at 327 K is shown in Fig. 2.2.



AUTOR/A DE LA PREGUNTA:

COMENTARIOS:

Un sistema que contiene un gran número de partículas idénticas, libres, no relativistas, que no interactúan entre sí y en equilibrio termodinámico presenta una distribución de energía de acuerdo con la distribución de Maxwell-Boltzmann. Por tanto, las energías de los neutrones térmicos vienen dadas por esta distribución.

La energía más probable de esta distribución es, por definición, su moda, que viene dada por la fórmula:

$$E_{pico} = k T,$$

donde k es la constante de Boltzmann, con un valor de $1,38 \times 10^{-23}$ J/K.

Dado que se trata de partículas no relativistas, podemos emplear la expresión clásica para la energía cinética:

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

Igualando ambas, se llega a que la velocidad más probable de un conjunto de partículas que viene representada por la distribución de Maxwell-Boltzmann es:

$$\frac{m v_{pico}^2}{2} = k T \Rightarrow v_{pico} = \sqrt{\frac{2kT}{m}}$$

Sustituyendo los valores para la constante de Boltzmann, la masa del neutrón ($1,67 \times 10^{-27}$ Kg) y la temperatura dada en el enunciado ($20^\circ\text{C} = 293\text{K}$) se llega a la solución:

$$v_{pico} = \sqrt{\frac{2kT}{m}} = 2200\text{m/s}$$



Nota 1: es importante no confundir la velocidad más probable (la moda, la velocidad del pico de la distribución) con la velocidad promedio, que vendría dada por:

$$v_{pico} = \sqrt{\frac{8kT}{\pi m}} = 2480 \text{ m/s}$$

Nota 2: los neutrones sólo responden bien a la distribución de Maxwell-Boltzmann en el rango de energías de los neutrones térmicos. A energías más altas ($>1\text{eV}$) esta distribución no sería correcta (como se ve en la figura tomada de la referencia 2).

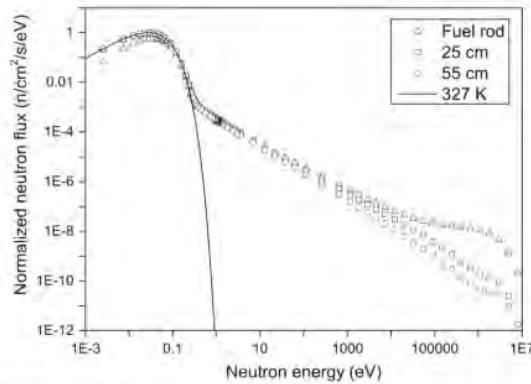


Fig. 2.2 Simulated flux of neutrons (symbols) as a function of energy around a uranium oxide fuel rod immersed in heavy water. The flux is calculated for a position close to a fuel rod and at 25 and 55 cm away from the rod, respectively. A Maxwell–Boltzmann distribution at 327 K is superimposed over the data as a solid line



FORMULARIO PREGUNTAS DE EXAMEN DEL AÑO 2025-26

N.º de pregunta en el examen:

126

Respuesta correcta:

2

Enunciado de la pregunta:

Una de las grandes contribuciones de la física en el ámbito hospitalario ocurre en medicina nuclear, ¿qué significa la "vida media" de un radionúclido?:

Respuesta 1	El tiempo que ha de transcurrir para que el número de átomos radiactivos se reduzca a la mitad.
Respuesta 2	Es el valor medio de la vida de un átomo radiactivo.
Respuesta 3	La duración del tratamiento recomendado con el radionúclido.
Respuesta 4	El tiempo que tarda en acumularse en el órgano blanco.

Bibliografía 1:

Título: Radiaciones ionizantes. Utilización y riesgos.
Autor/a: Xavier Ortega Aramburu y Jaume Jorba Bisbal
Editorial: Edicions UPC
Tomo: I
Año edición: 1994
Páginas referenciadas: 80



FORMULARIO PREGUNTAS DE EXAMEN DEL AÑO 2025-26

N.º de pregunta en el examen:

127

Respuesta correcta:

2

Enunciado de la pregunta:

Cuál de las siguientes características NO es propia de la desintegración α:

Respuesta 1 La mayoría proviene de núcleos pesados.

Respuesta 2 El espectro energético de las partículas α es continuo.

Respuesta 3 El número atómico disminuye en 2 unidades.

Respuesta 4 El número másico disminuye en 4 unidades.

Bibliografía 1:

Título: Atoms, Radiation, and Radiation Protection

Autor/a: James E. Turner

Editorial: WILEY-VCH

Tomo:1

Año edición:2007

Páginas referenciadas:62



FORMULARIO PREGUNTAS DE EXAMEN DEL AÑO 2025-26

N.º de pregunta en el examen:

128

Respuesta correcta:

4

Enunciado de la pregunta:

La interacción nuclear fuerte se caracteriza por ser:

Respuesta 1	De largo alcance y siempre atractiva.
Respuesta 2	Responsable de la desintegración β .
Respuesta 3	Independiente del espín de los nucleones.
Respuesta 4	De corto alcance, atractiva a 1 fm y repulsiva a distancias menores.

Bibliografía 1:

Título: Introductory Nuclear Physics.
Autor/a: K.S. Krane
Editorial: Wiley
Tomo:
Año edición: 1988
Páginas referenciadas: 100



FORMULARIO PREGUNTAS DE EXAMEN DEL AÑO 2025-26

N.º de pregunta en el examen:

129

Respuesta correcta:

2

Enunciado de la pregunta:

¿Cuál es la partícula X en la reacción nuclear $n + B_5^{10} \rightarrow Li_3^7 + X$?

Respuesta 1	β^+ .
Respuesta 2	α .
Respuesta 3	γ .
Respuesta 4	β^- .

Bibliografía 1:

Título: The physics of radiation therapy
Autor/a: Faiz M. Khan, John P. Gibbons,
Editorial: Wolters Kluwer
Tomo: Edition 5
Año edición: 2014
Páginas referenciadas: 23



FORMULARIO PREGUNTAS DE EXAMEN DEL AÑO 2025-26

N.º de pregunta en el examen:

130

Respuesta correcta:

3

Enunciado de la pregunta:

La radiación Cherenkov se produce cuando:

Respuesta 1	Una partícula neutra se desplaza en un medio a una velocidad mayor que la de la luz en ese medio.
Respuesta 2	Una partícula neutra se desplaza en un medio a una velocidad menor que la de la luz en ese medio.
Respuesta 3	Una partícula cargada se desplaza en un medio a una velocidad mayor que la de la luz en ese medio.
Respuesta 4	Una partícula cargada se desplaza en un medio a una velocidad menor que la de la luz en ese medio.

Bibliografía 1:

Título: Radioactivity: Introduction and History
Autor/a: Michael F. L'Annunziata
Editorial: Elsevier Science
Tomo: --
Año edición: 2007
Páginas referenciadas: 465



Bibliografía 2:

Título: Techniques for Nuclear and Particle Physics Experiments. A How-to Approach
Autor/a: William R. Leo
Editorial: Springer
Tomo: -
Año edición: 2012
Páginas referenciadas: 35

Capturas bibliografía 2:

2.3 Cherenkov Radiation

Cherenkov radiation arises when a charged particle in a material medium moves faster than the speed of light in that same medium. This speed is given by

$$\beta c = v = c/n \quad (2.55)$$

where n is the index of refraction and c is the speed of light in a vacuum. A particle emitting Cherenkov radiation must therefore have a velocity

$$v_{\text{particle}} > c/n . \quad (2.56)$$

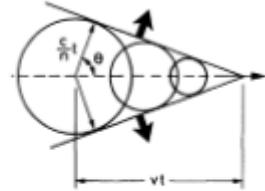


Fig. 2.9. Cherenkov radiation: an electromagnetic shock wave is formed when the particle travels faster than the speed of light in the same medium

AUTOR/A DE LA PREGUNTA:



FORMULARIO PREGUNTAS DE EXAMEN DEL AÑO 2025-26

N.º de pregunta en el examen:

131

Respuesta correcta:

3

Enunciado de la pregunta:

Un átomo inestable emite radiación alfa y, tras varias desintegraciones sucesivas, se convierte finalmente en un isótopo estable de plomo. Teniendo esto en cuenta, ¿qué afirmación refleja mejor lo que ocurre durante el proceso?:

Respuesta 1	La masa total del sistema se conserva exactamente, ya que la energía emitida no tiene masa asociada.
Respuesta 2	Las radiaciones alfa, beta y gamma modifican por igual el número másico del núcleo.
Respuesta 3	La energía liberada proviene de una disminución en la masa nuclear, de acuerdo con la equivalencia entre masa y energía.
Respuesta 4	El proceso termina cuando el núcleo emite una partícula gamma y recupera su masa inicial.

Bibliografía 1:

Título: Física Moderna
Autor/a: Paul Tipler
Editorial: Reverté
Tomo:
Año edición: 1989
Páginas referenciadas: 423-424



FORMULARIO PREGUNTAS DE EXAMEN DEL AÑO 2025-26

N.º de pregunta en el examen:

132

Respuesta correcta:

4

Enunciado de la pregunta:

En una instalación nuclear, el agua de refrigeración se activa produciendo tritio de forma continua, con tasa de producción R y período de desintegración T. Suponiendo que la producción se mantiene constante durante un tiempo t, ¿cuál será aproximadamente la actividad de tritio presente en el agua al cabo de ese tiempo?

Respuesta 1 $A = R$

Respuesta 2 $A = R e^{-\ln 2 \frac{t}{T}}$

Respuesta 3 $A = R \frac{t}{T}$

Respuesta 4 $A = R \left(1 - e^{-\ln 2 \frac{t}{T}}\right)$

Bibliografía 1:

Título: Introductory nuclear physics

Autor/a: K. Krane

Editorial: John Wiley & Sons

Tomo:

Año edición: 1988

Páginas referenciadas: 169-170



FORMULARIO PREGUNTAS DE EXAMEN DEL AÑO 2025-26

N.º de pregunta en el examen:

133

Respuesta correcta:

4

Enunciado de la pregunta:

El $^{212}_{83}\text{Bi}$ tiene dos vías de desintegración, $^{212}_{83}\text{Bi} \rightarrow ^{212}_{84}\text{Po} + e^- + \bar{\nu}_e$ y $^{212}_{83}\text{Bi} \rightarrow ^{208}_{81}\text{Tl} + ^4_2\text{He}$, con períodos de semidesintegración de 94.5 y 168.5 min, respectivamente. Determina la probabilidad de que el $^{212}_{83}\text{Bi}$ sufra una desintegración β^- :

Respuesta 1 36%.

Respuesta 2 44%.

Respuesta 3 56%.

Respuesta 4 64%.

Bibliografía 1:

Título: Física nuclear y de partículas (ISBN: 978-84-370-9771-8)

Autor/a: Antonio Ferrer Soria

Editorial: Publicaciones de la Universidad de Valencia

Tomo: -

Año edición: 2015 (3^a edición)

Páginas referenciadas: 424-425



Bibliografía 2:

Título: Introductory nuclear physics (second edition) (ISBN: 978-0-471-23973-4)

Autor/a: Samuel S.M. Wong

Editorial: Wiley-VCH

Tomo: -

Año edición: 2004

Páginas referenciadas: 163-164

AUTOR/A DE LA PREGUNTA:



FORMULARIO PREGUNTAS DE EXAMEN DEL AÑO 2025-26

N.º de pregunta en el examen:

134

Respuesta correcta:

3

Enunciado de la pregunta:

Para datar una muestra biológica mediante carbono-14, se mide una actividad de 375 desintegraciones por minuto en una muestra de 2 kg que contiene un 10% de carbono. Sabiendo que un organismo vivo tiene una actividad de 15 desintegraciones por minuto y gramo de carbono, y que el periodo de semidesintegración del ^{14}C es 5730 años, ¿cuál es la edad aproximada de la muestra?

Respuesta 1 5700 años.

Respuesta 2 11400 años.

Respuesta 3 17200 años.

Respuesta 4 25000 años.

Bibliografía 1:

Título: Física para la ciencia y la tecnología.

Autor/a: Paul A. Tipler.

Editorial: Reverté. S.A.

Tomo: 2

Año edición: 2000

Páginas referenciadas: 1323



FORMULARIO PREGUNTAS DE EXAMEN DEL AÑO 2025-26

N.º de pregunta en el examen:

135

Respuesta correcta:

3

Enunciado de la pregunta:

Indica las fuentes radiactivas que están correctamente ordenadas de mayor a menor actividad en las siguientes listas:

Respuesta 1	Mineral de uranio (10%), unidades de ^{60}Co para tratamiento médico, fuentes utilizadas en gammagrafía y bomba atómica de fisión equivalente a 20000 tm de TNT.
Respuesta 2	Bomba atómica de fisión equivalente a 20000 tm de TNT, unidades de ^{60}Co para tratamiento médico, mineral de uranio (10%) y fuentes utilizadas en gammagrafía.
Respuesta 3	Bomba atómica de fisión equivalente a 20000 tm de TNT, bombas de ^{60}Co para tratamiento médico, fuentes utilizadas en gammagrafía y mineral de uranio (10%).
Respuesta 4	Mineral de uranio (10%), bomba atómica de fisión equivalente a 20000 tm de TNT, bombas de ^{60}Co para tratamiento médico y fuentes utilizadas en gammagrafía.

Bibliografía 1:

Título: Radiaciones ionizantes. Utilización y riesgos.

Autor/a: Xavier Ortega Aramburu y Jaume Jorba Bisbal

Editorial: Edicions UPC

Tomo:I

Año edición:1994

Páginas referenciadas:83



FORMULARIO PREGUNTAS DE EXAMEN DEL AÑO 2025-26

N.º de pregunta en el examen:

136

Respuesta correcta:

4

Enunciado de la pregunta:

El espectro de energía de las partículas emitidas en una desintegración beta es continuo. ¿Cuál es la razón principal de esta característica?

Respuesta 1 La energía de la partícula beta se distribuye de forma aleatoria entre los electrones de las capas atómicas.

Respuesta 2 El núcleo padre tiene una energía de excitación que varía, lo que provoca la emisión de partículas beta de diferentes energías.

Respuesta 3 El momento lineal se conserva, pero no la energía, lo que resulta en un espectro continuo de energía.

Respuesta 4 La energía de la transición se reparte entre la partícula beta, el neutrino y el núcleo de retroceso.

Bibliografía 1:

Título: Nuclear Physics: Principles and Applications

Autor/a: John Lilley

Editorial: Wiley

Tomo: --

Año edición: 2001

Páginas referenciadas: 98-100 (Capítulo 3: Desintegración beta)



Bibliografía 2:

Título: Introductory Nuclear Physics
Autor/a: Kenneth S. Krane
Editorial: Wiley
Tomo: --
Año edición: 1988
Páginas referenciadas: 269-271 (Capítulo 8: Desintegración beta)

AUTOR/A DE LA PREGUNTA:

COMENTARIO

La pregunta es de tipo conceptual. El espectro de energía continuo en la desintegración beta fue un misterio en los inicios de la física nuclear, ya que parecía violar la ley de conservación de la energía. La explicación teórica, propuesta por Pauli, es que la energía liberada en la transición nuclear se reparte entre las tres partículas finales: la partícula beta, el núcleo de retroceso (que recibe una fracción muy pequeña de la energía) y una tercera partícula, el neutrino. Debido a que la energía se distribuye de manera variable entre el neutrino y la partícula beta, esta última puede ser emitida con un rango continuo de energías.



FORMULARIO PREGUNTAS DE EXAMEN DEL AÑO 2025-26

N.º de pregunta en el examen:

137

Respuesta correcta:

2

Enunciado de la pregunta:

Para el diagnóstico por imagen, ¿qué característica principal deben cumplir los radionucleidos utilizados?:

Respuesta 1	Deben emitir partículas alfa con alta energía para destruir células tumorales.
Respuesta 2	La energía de emisión ha de ser lo más cercana posible a 150keV, que corresponde a la energía óptima de detección.
Respuesta 3	Es preferible que posean un periodo de desintegración muy largo para mantener la señal durante semanas.
Respuesta 4	Se acumulan exclusivamente en el tejido óseo para mejorar la resolución de imágenes.

Bibliografía 1:

Título: Radiaciones ionizantes. Utilización y riesgos.
Autor/a: Xavier Ortega Aramburu y Jaume Jorba Bisbal
Editorial: Edicions UPC
Tomo: II
Año edición: 1996
Páginas referenciadas: 153 y 154



FORMULARIO PREGUNTAS DE EXAMEN DEL AÑO 2025-26

N.^º de pregunta en el examen:

138

Respuesta correcta:

3

Enunciado de la pregunta:

Un vial de ^{99m}Tc MPD medido a las 9am contiene 20GBq de actividad. Si en ningún momento se retira dosis del vial y sabiendo que el periodo de semidesintegración del radioisótopo es de 6h, ¿qué actividad del vial tendremos a las 9pm?:

Respuesta 1	La misma ya que no se retira dosis del vial.
Respuesta 2	15 GBq.
Respuesta 3	5 GBq.
Respuesta 4	2.5 GBq.

Bibliografía 1:

Título: Atoms, Radiation, and Radiation Protection

Autor/a: James E. Turner

Editorial: WILEY-VCH

Tomo:1

Año edición:2007

Páginas referenciadas:83-84



Observaciones:

$$\begin{aligned} A &= A_0 e^{-\lambda t} = A_0 e^{-\frac{0,693}{T} \cdot \tau} & T &= 6 \text{ h.} \\ &= 20 \cdot e^{-\frac{0,693}{6} \cdot 32} & t &= 32 \text{ h.} \\ &= 5,68 \cancel{g} \\ &= \underline{\underline{ }} \end{aligned}$$



FORMULARIO PREGUNTAS DE EXAMEN DEL AÑO 2025-26

N.º de pregunta en el examen:

139

Respuesta correcta:

1

Enunciado de la pregunta:

El parámetro de impacto en un problema de dispersión entre una partícula cargada acelerada y un núcleo es:

Respuesta 1	la mínima distancia a la que pasaría el proyectil del blanco si no existiera interacción entre ambos.
Respuesta 2	la máxima distancia a la que pasaría el proyectil del blanco si existiera exclusivamente interacción de Coulomb.
Respuesta 3	la máxima distancia a la que pasaría el proyectil del blanco si no existiera interacción alguna entre ellos.
Respuesta 4	la mínima distancia a la que pasaría el proyectil del blanco si la interacción entre ambos fuera exclusivamente repulsiva.

Bibliografía 1:

Título: Nuclear Physics, Principles and Applications

Autor/a: John Lilley

Editorial: Wiley

Tomo:

Año edición: 2006

Páginas referenciadas: Cap.4 pp. 98



FORMULARIO PREGUNTAS DE EXAMEN DEL AÑO 2025-26

N.º de pregunta en el examen:

140

Respuesta correcta:

2

Enunciado de la pregunta:

Ordene las siguientes partículas fundamentales en orden CRECIENTE de masa:
protón (p^+), neutrón (n^0), muón (μ^-), Kaón neutro (K^0)

Respuesta 1	K^0, μ^-, p^+, n^0
Respuesta 2	μ^-, K^0, p^+, n^0
Respuesta 3	μ^-, p^+, K^0, n^0
Respuesta 4	μ^-, p^+, n^0, K^0

Bibliografía 1:

Título: Física
Autor/a: Marcelo Alonso y Edward J. Finn
Editorial: Addison-Wesley
Tomo: --
Año edición: 1992
Páginas referenciadas: 911

**Capturas bibliografía 1:****Tabla 41.1 Partículas "fundamentales"**

Partícula	Símbolo	Masa (MeV)
<i>Bosones portadores (spin 1)</i>		
Fotón	γ	0
Bosones débiles	W^\pm Z^0	$80-90 \times 10^3$
<i>Leptones (fermiones) (spin $\frac{1}{2}$)</i>		
Neutrino	ν_e, ν_μ, ν_τ	0
Electrón	e^-	0,511
Muón	μ^-	106,1
Tauón	τ^-	1780
<i>Mesones (bosones) (spin 0)</i>		
Pion	π^+ π^0	140 135
Kaón	K^+ K^0	494 498
Eta	η^0	549
<i>Bariones (fermiones) (spin $\frac{1}{2}$)</i>		
Nucleones		
protón	p^+	938,3
neutrón	n^0	939,6
Hiperones		
Lambda	Λ^0	1116
Sigma	Σ^+ Σ^0 Σ^-	1189 1192 1197
Xi	Ξ^0 Ξ^-	1315 1321
Omega (spin $\frac{3}{2}$)	Ω^-	1674

Bibliografía 2:

Título: Handbook Of Scientific Tables
Autor/a: National Astronomical Observatory of Japan
Editorial: World Scientific Publishing Company
Tomo: --
Año edición: 2022
Páginas referenciadas: 428 - 430



FORMULARIO PREGUNTAS DE EXAMEN DEL AÑO 2025-26

N.º de pregunta en el examen:

141

Respuesta correcta:

1

Enunciado de la pregunta:

En relación con la interacción fuerte y la estructura de los hadrones, señale la afirmación correcta:

Respuesta 1	Los bariones y los mesones son estados ligados de quarks, mantenidos por el intercambio de gluones.
Respuesta 2	Los mesones están formados por tres quarks y son responsables de mediar la interacción débil entre nucleones.
Respuesta 3	La interacción fuerte actúa únicamente entre protones y neutrones, sin afectar a los quarks.
Respuesta 4	El confinamiento de color implica que los quarks pueden observarse libres a altas energías.

Bibliografía 1:

Título: Física Moderna
Autor/a: Paul Tipler
Editorial: Reverté
Tomo:
Año edición: 1989
Páginas referenciadas: 509-512



FORMULARIO PREGUNTAS DE EXAMEN DEL AÑO 2025-26

N.º de pregunta en el examen:

142

Respuesta correcta:

4

Enunciado de la pregunta:

¿Cuál de los siguientes procesos está permitido?:

Respuesta 1 $p \rightarrow n e^- \bar{\nu}_e$

Respuesta 2 $n \rightarrow p e^-$

Respuesta 3 $n \rightarrow p e^- \nu_e$

Respuesta 4 $n \rightarrow p e^- \bar{\nu}_e$

Bibliografía 1:

Título: Introductory nuclear physics

Autor/a: K. Krane

Editorial: John Wiley & Sons

Título: Introductory nuclear physics

Año edición:

Páginas referenciadas: 701-716



FORMULARIO PREGUNTAS DE EXAMEN DEL AÑO 2025-26

N.º de pregunta en el examen:

143

Respuesta correcta:

1

Enunciado de la pregunta:

El valor absoluto del spin de los piones es:

Respuesta 1

0.

Respuesta 2

1.

Respuesta 3

2.

Respuesta 4

3.

Bibliografía

Título: Física cuántica

Título: C

Autor: Robert Eisberg y Robert Resnick

Autor: Jd

Editorial LIMUSA

Editorial

Tomo: único

Tomo: ú

Año edición: 1978

Año edi

Páginas referenciadas: 733

Páginas

Bibliografía 2:



FORMULARIO PREGUNTAS DE EXAMEN DEL AÑO 2025-26

N.º de pregunta en el examen:

144

Respuesta correcta:

4

Enunciado de la pregunta:

La partícula de mayor masa entre las siguientes es:

Respuesta 1 el bosón de Higgs.

Respuesta 2 el bosón Z^0 .

Respuesta 3 el bosón W^+ .

Respuesta 4 el quark top.

Bibliografía 1:

Título: Review of particle properties: Summary tables

Autor/a: Particle data group (S. Navas et al.)

Editorial:

Tomo:

Año edición: 2024

Páginas referenciadas: https://pdg.lbl.gov/2025/tables/contents_tables.html



FORMULARIO PREGUNTAS DE EXAMEN DEL AÑO 2025-26

N.º de pregunta en el examen:

145

Respuesta correcta:

2

Enunciado de la pregunta:

La hipótesis de confinamiento del modelo quark establece que:

Respuesta 1	Los gluones no interaccionan entre sí.
Respuesta 2	Solo se observan singletes de color.
Respuesta 3	Los quarks no poseen carga de color.
Respuesta 4	Los leptones no pueden escapar de los núcleos.

Bibliografía 1:

Título: Introduction to Elementary Particles

Autor/a:D. Griffiths

Editorial Wiley

Tomo:

Año edición: 2008

Páginas referenciadas: 43



FORMULARIO PREGUNTAS DE EXAMEN DEL AÑO 2025-26

N.º de pregunta en el examen:

146

Respuesta correcta:

1

Enunciado de la pregunta:

Indique el contenido en quarks de la partícula K⁺

Respuesta 1	$u\bar{s}$
Respuesta 2	$u\bar{d}$
Respuesta 3	uud
Respuesta 4	$u\bar{u} + d\bar{d}$

Bibliografía 1:

Título: Física de partículas y de astropartículas
Autor/a: Antonio Ferrer Soria y Eduardo Ros Martínez
Editorial: Universidad de Valencia Servicio de Publicaciones
Tomo: Volumen 83 de la colección Educació. Materials
Año edición: 2005
Páginas referenciadas: 240



FORMULARIO PREGUNTAS DE EXAMEN DEL AÑO 2025-26

N.º de pregunta en el examen:

147

Respuesta correcta:

3

Enunciado de la pregunta:

Qué energía en reposo y carga le corresponde al QUARK C (charm):

Respuesta 1 1300 Mev, -2/3e.

Respuesta 2 173Gev, +2/3e.

Respuesta 3 1300 Mev, +2/3e.

Respuesta 4 173Gev, -2/3e.



Física cuántica

7

Mesones en cuya composición en quarks intervienen el quark y el antiquark con «belleza». Su número bariónico es nulo. Su paridad intrínseca es igual a (-1).

Partículas (antipartículas)	Masa (MeV/c ²)	Espin	Vida media	Composición en quarks	Carga eléctrica
B ⁰ (\bar{B}^0)	5279.2	0	1.5×10^{-12}	d \bar{b} ($\bar{d} b$)	0
B ⁻ (B^+)	5278.9	0	1.6×10^{-12}	b \bar{u} ($\bar{b} u$)	-1 (1)
γ	9460.4	1	0.12×10^{-19}	b \bar{b}	0

8

Quarks	Masa (Gev/c ²)	Espin	I	I_3	Q	B	S	C	B	T
u	$1.8 - 3 \times 10^{-3}$	1/2	1/2	1/2	2/3	1/3	0	0	0	0
d	$4.5 - 5.5 \times 10^{-3}$	1/2	1/2	-1/2	-1/3	1/3	0	0	0	0
s	$90 - 100 \times 10^{-3}$	1/2	0	0	-1/3	1/3	-1	0	0	0
c	1.25 - 1.3	1/2	0	0	2/3	1/3	0	1	0	0
b	4.2 - 4.7	1/2	0	0	-1/3	1/3	0	0	-1	0
t	136.7 - 138.3	1/2	0	0	2/3	1/3	0	0	0	1

Quarks: u (*up*), d (*down*), s (*strange*), c (*charm*), b (*bottom*) y t (*top*). La tabla para los antiquarks (\bar{u} , \bar{d} , etc.) es análoga, salvo que los valores de I_3 (tercera componente de isospin), Q (carga eléctrica), B (número bariónico), S (extrañeza), C (*«encanto»*), B (*«belleza»*) y T (*«verdad»*) sean opuestos; los valores de la masa, espín e isospin son iguales a los de los quarks correspondientes.

Bibliografía 1:

Título:FISICA CUANTICA
Autor/a: CARLOS SANCHEZ DEL RIO
Editorial: PIRAMIDE
Tomo:I
Año edición:2015
Páginas referenciadas:974

Bibliografía 2:

Título:FISICA NUCLEAR Y DE PARTICULAS
Autor/a: ANTONIO FERRER SORIA
Editorial: PUV
Tomo:I
Año edición:2015
Páginas referenciadas:591-594



FORMULARIO PREGUNTAS DE EXAMEN DEL AÑO 2025-26

N.º de pregunta en el examen:

148

Respuesta correcta:

1

Enunciado de la pregunta:

El proceso responsable del color azul del cielo se conoce como dispersión de Rayleigh y en él la sección eficaz depende de la longitud de onda de la radiación proveniente del sol, λ , como:

Respuesta 1 $1/\lambda^4$.

Respuesta 2 λ^4 .

Respuesta 3 $1/\lambda^3$.

Respuesta 4 λ^2 .

Bibliografía 1:

Título: Física Universitaria

Autor/a: Sears, Zemansky, Young, Freedman

Editorial: Addison Wesley

Tomo: 2

Año edición: 2008

Páginas referenciadas: 1271



FORMULARIO PREGUNTAS DE EXAMEN DEL AÑO 2025-26

N.º de pregunta en el examen:

149

Respuesta correcta:

2

Enunciado de la pregunta:

Un fotón de rayos X con longitud de onda inicial $\lambda=0.05$ nm incide sobre un electrón libre y se dispersa con un ángulo de 60° . ¿Cuál es el corrimiento en la longitud de onda del fotón ($\Delta\lambda=\lambda'-\lambda$) después de la dispersión? ($\lambda_C = \frac{h}{m_e c}$ es la longitud de onda de Compton):

Respuesta 1 0,25 λ_C .

Respuesta 2 0,5 λ_C .

Respuesta 3 0,75 λ_C .

Respuesta 4 1,25 λ_C .

Bibliografía 1:

Título: Física cuántica. Átomos, moléculas, sólidos, núcleos y partículas.

Autor/a: Robert Eisberg y Robert Resnick

Editorial Limusa

Tomo: -

Año edición: 1997

Páginas referenciadas: 55; 58



Bibliografía 2:

Título: Física universitaria
Autor/a: Hugh D. Young y Roger A. Freedman
Editorial: Pearson
Tomo: 2
Año edición: 12 ^a edición. 2009
Páginas referenciadas: 1332

AUTOR/A DE LA PREGUNTA:

•

Bibliografía 1



Comentarios

Aplicando la fórmula que aparece en la primera referencia bibliográfica:

$$\Delta\lambda = \lambda_c(1 - \cos\theta)$$

Según el enunciado $\theta = 60^\circ$, aplicando en la fórmula:

$$\Delta\lambda = 0,5\lambda_c$$

La **Respuesta 2** es la correcta.



FORMULARIO PREGUNTAS DE EXAMEN DEL AÑO 2025-26

N.º de pregunta en el examen:

150

Respuesta correcta:

2

Enunciado de la pregunta:

La interacción de fotones de 1 MeV con agua y/o tejidos biológicos tiene lugar, mayoritariamente, por medio de:

Respuesta 1 **Interacción fotoeléctrica.**

Respuesta 2 **Interacción Compton.**

Respuesta 3 **Producción de pares.**

Respuesta 4 **Dispersión coherente.**

Bibliografía 1:

Título: The Physics of Radiology (ISBN: 0-398-04669-7)

Autor/a: Johns & Cunningham

Editorial: Charles C Thomas, Publisher

Tomo: 1

Año edición: 1983

Páginas referenciadas: 163



Bibliografía 2:

Título: Radiation Oncology Physics: A handbook for teachers and students (ISBN 92-0-107304)
Autor/a: E.B Podgorsak
Editorial: IAEA
Tomo: 1
Año edición: 1005
Páginas referenciadas: 37

AUTOR/A DE LA PREGUNTA:



FORMULARIO PREGUNTAS DE EXAMEN DEL AÑO 2025-26

N.º de pregunta en el examen:

151

Respuesta correcta:

4

Enunciado de la pregunta:

Si hacemos incidir en agua un haz de protones cuyo rango en agua es de 10 cm, ¿qué porcentaje de la fluencia inicial tendremos aproximadamente en los puntos A y B, situados, respectivamente, a 5 cm y 20 cm de profundidad?

Respuesta 1 75% en A, 25% en B.

Respuesta 2 95% en A, 80% en B.

Respuesta 3 100% en A, 0% en B.

Respuesta 4 95% en A, 0% en B.

Bibliografía 1:

Título: Proton Therapy Physics (ISBN: 978-1-4398-3645-3)

Autor/a: Harald Paganetti

Editorial: CRC Press

Tomo: 1

Año edición: 2012

Páginas referenciadas: 31



FORMULARIO PREGUNTAS DE EXAMEN DEL AÑO 2025-26

N.º de pregunta en el examen:

152

Respuesta correcta:

2

Enunciado de la pregunta:

Para electrones atravesando un medio, el valor esperado de la tasa de energía cinética perdida por unidad de longitud se denomina:

Respuesta 1	Sección eficaz.
Respuesta 2	Poder de frenado lineal.
Respuesta 3	Transferencia lineal de energía.
Respuesta 4	Eficiencia radiobiológica.



4.2.5. El poder de frenado másico, S/ρ

De un material para partículas cargadas, es el cociente de dE por $\rho \cdot dl$, donde dE es la energía perdida por un partícula cargada al atravesar una distancia dl en el material de densidad ρ .

$$\frac{S}{\rho} = \frac{1}{\rho} \frac{dE}{dl}$$

Unidad: $J \text{ m}^2 \text{ kg}^{-1}$

E puede estar expresado en eV y entonces S/ρ se puede expresar en $\text{eV m}^2 \text{ kg}^{-1}$.

S es el poder de frenado lineal.

El poder de frenado másico se puede expresar como una suma de componentes independientes mediante:

$$\frac{S}{\rho} = \frac{1}{\rho} \left(\frac{dE}{dl} \right)_{el} + \frac{1}{\rho} \left(\frac{dE}{dl} \right)_{rad} + \frac{1}{\rho} \left(\frac{dE}{dl} \right)_{nuc}$$

donde:

$$\frac{1}{\rho} \left(\frac{dE}{dl} \right)_{el} = \frac{1}{\rho} S_{el}$$

es el poder de frenado másico electrónico (o de colisión) debido a las colisiones con electrones.

$$\frac{1}{\rho} \left(\frac{dE}{dl} \right)_{rad} = \frac{1}{\rho} S_{rad}$$

es el poder de frenado másico radiativo debido a la emisión de radiación de frenado en los campos eléctricos de los núcleos atómicos o de los electrones atómicos.

$$\frac{1}{\rho} \left(\frac{dE}{dl} \right)_{nuc} = \frac{1}{\rho} S_{nuc}$$

es el poder de frenado másico nuclear debido a las colisiones de Coulomb elásticas en las que la energía de retroceso se imparte a los átomos.

[96]

Bibliografía 1:

Título: FUNDAMENTOS DE FISICA MEDICA. MEDIDA DE LA RADIACION
Autor/a: ANTONIO BROSED
Editorial ADI. SERVICIOS EDITORIALES
Tomo:VOLUMEN I
Año edición:2011
Páginas referenciadas:96



Bibliografía 2:

Título: FISICA NUCLEAR Y DE PARTICULAS

Autor/a: ANTONIO FERRER SORIA

Editorial UNIVERSIDAD DE VALENCIA

Tomo:I

Año edición:2015

Páginas referenciadas:196-204

AUTOR/A DE LA PREGUNTA:



FORMULARIO PREGUNTAS DE EXAMEN DEL AÑO 2025-26

N.º de pregunta en el examen:

153

Respuesta correcta:

4

Enunciado de la pregunta:

¿Cuál es el alcance de protones de 140 MeV de energía en agua?

Respuesta 1 0,8 mm.

Respuesta 2 2,5 mm.

Respuesta 3 20 mm.

Respuesta 4 139,6 mm.

Bibliografía 1:

Título: Computer Programs for Calculating Stopping-Power and Range Tables for Electrons, Protons and Helium Ions

Autor/a: Berger, M.J.; Coursey, J.S.; Zucker, M.A.; Chang, J.

Editorial: ESTAR, PSTAR y ASTAR

Tomo: Versión 1.2.3

Año edición: 2005

Páginas referenciadas:

Comentarios:

Versión online: https://physics.nist.gov/cgi-bin/Star/ap_table.pl

(required) Kinetic Energy (MeV)	Stopping Power (MeV cm ² /g)			Range		
	Electronic	Nuclear	Total	CSDA (g/cm ²)	Projected (g/cm ²)	Detour Factor Projected / CSDA
1.400E+02	5.711E+00	2.137E-03	5.713E+00	1.398E+01	1.396E+01	0.9987



FORMULARIO PREGUNTAS DE EXAMEN DEL AÑO 2025-26

N.º de pregunta en el examen:

154

Respuesta correcta:

1

Enunciado de la pregunta:

La expresión $\frac{R_1}{R_0} = \frac{M_1}{M_0} \left(\frac{z_0}{z_1} \right)^2$ relaciona el rango de:

Respuesta 1	Dos partículas pesadas cargadas incidiendo en un mismo material con la misma velocidad.
Respuesta 2	Dos partículas pesadas cargadas incidiendo en un mismo material con la misma energía cinética.
Respuesta 3	Dos partículas cargadas, ligeras o pesadas, incidiendo en un mismo material con la misma velocidad.
Respuesta 4	Dos partículas cargadas, ligeras o pesadas, incidiendo en un mismo material con la misma energía cinética.

Bibliografía 1:

Título: Introductory Nuclear Physics.
Autor/a: Kenneth S. Krane
Editorial: Wiley & Sons
Tomo: 1
Año edición: 1988
Páginas referenciadas: 196

**Bibliografía 2:**

Título:
Autor/a:
Editorial
Tomo:
Año edición:
Páginas referenciadas:

AUTOR/A DE LA PREGUNTA:**196 NUCLEAR DECAY AND RADIOACTIVITY**

because it does not take into account the capture of electrons by the now slow-moving particle. It is possible to write Equation 7.4 in the following form:

$$R = Mz^{-2} \int f(v) dv \quad (7.5)$$

where $f(v)$ is a function of the velocity of the particle that is independent of its mass and charge. We can therefore compare ranges in the same material for different particles of the same initial velocity:

$$\frac{R_1}{R_0} = \frac{M_1}{M_0} \frac{z_0^2}{z_1^2} \quad (7.6)$$



FORMULARIO PREGUNTAS DE EXAMEN DEL AÑO 2025-26

N.º de pregunta en el examen:

155

Respuesta correcta:

1

Enunciado de la pregunta:

Dado un haz de fotones de 10 MeV incidiendo en un bloque de hierro de 10 metros de espesor (densidad 7,874 g/cm³) determinar el valor de la capa hemirreductora sabiendo que $\frac{\mu}{\rho} = 0,002994 \text{ cm}^2/\text{g}$ y $\frac{\mu_{en}}{\rho} = 0,002108 \text{ cm}^2/\text{g}$:

Respuesta 1 29.4 cm

Respuesta 2 41.9 cm.

Respuesta 3 42.4 cm.

Respuesta 4 1000 cm.

Bibliografía 1:

Título: Radiation physics for Medical Physics

Autor/a: Ervin B. Podgorsak

Editorial: Springer

Tomo: 1

Año edición: 2016

Páginas referenciadas: 283

**Bibliografía 2:**

Título:
Autor/a:
Editorial
Tomo:
Año edición:
Páginas referenciadas:

AUTOR/A DE LA PREGUNTA:

1. *First half-value layer* (HVL_1 or $x_{1/2}$) is the thickness of a homogeneous absorber that attenuates the narrow beam intensity $I(0)$ to one-half (50%) of the original intensity, i.e., $I(x_{1/2}) = 0.5I(0)$. Half-value layers are often used for characterization of superficial and orthovoltage x-ray beams. The absorbing materials used for this purpose are usually aluminum (for the superficial energy range) and copper (for the orthovoltage energy range). The relationship between the half-value layer $x_{1/2}$ and the attenuation coefficient μ is determined from the basic definition of the half-value layer as follows

$$I(x_{1/2}) = \frac{1}{2} I(0) = I(0)e^{-\mu x_{1/2}}, \quad (7.9)$$

resulting in

$$\frac{1}{2} = e^{-\mu x_{1/2}} \quad \text{or} \quad \mu x_{1/2} = \ln 2 \quad \text{or} \quad HVL = x_{1/2} = \frac{\ln 2}{\mu} \quad (7.10)$$

Comentarios
$HVL = \frac{\ln 2}{\mu} = \frac{\ln 2}{0.002994 \cdot 7.874} = 29.4\text{cm}$



FORMULARIO PREGUNTAS DE EXAMEN DEL AÑO 2025-26

N.º de pregunta en el examen:

156

Respuesta correcta:

3

Enunciado de la pregunta:

Un haz de fotones de 3 MeV incide en un bloque de agua. La energía umbral para la producción de tripletes es:

Respuesta 1 1,022 MeV.

Respuesta 2 1,533 MeV.

Respuesta 3 2,044 MeV.

Respuesta 4 3,000 MeV.

Bibliografía 1:

Título: Radiation physics for Medical Physics

Autor/a: Ervin B. Podgorsak

Editorial: Springer

Tomo: 1

Año edición: 2016

Páginas referenciadas: 359

**Bibliografía 2:**

Título:
Autor/a:
Editorial
Tomo:
Año edición:
Páginas referenciadas:

AUTOR/A DE LA PREGUNTA:

For **triplet production** (TP) the conditions for before the interaction (in the laboratory system) and for after the interaction (in the center-of-mass system) are written, as shown in Table 7.18, with $(h\nu)_{\text{thr}}^{\text{TP}}$ the threshold photon energy for triplet production and $m_e c^2$ the rest mass of the orbital electron, the interaction partner.

Note: The total energy after the triplet interaction is $3m_e c^2$ to account for rest energies of the orbital electron which enables the interaction as well as for the electron–positron pair that is produced in the interaction (materialization).

The invariant $E^2 - p^2 c^2 =$ invariant for before and after the triplet production event is now written as

$$\{(h\nu)_{\text{thr}}^{\text{TP}} + m_e c^2\}^2 - [(h\nu)_{\text{thr}}^{\text{TP}}]^2 = (3m_e c^2)^2 - 0, \quad (7.179)$$

resulting in the following expression for the triplet production threshold energy $E_{\text{thr}}^{\text{TP}}$

$$E_{\text{thr}}^{\text{TP}} = (h\nu)_{\text{thr}}^{\text{TP}} = 4m_e c^2 = 2.044 \text{ MeV}. \quad (7.180)$$

The threshold energy for triplet production is $4m_e c^2$ consisting of $2m_e c^2$ for materialization of the electron–positron pair and $2m_e c^2$ for recoil energy of the three participating particles with each obtaining kinetic energy of $\frac{2}{3}m_e c^2$.



FORMULARIO PREGUNTAS DE EXAMEN DEL AÑO 2025-26

N.º de pregunta en el examen:

157

Respuesta correcta:

4

Enunciado de la pregunta:

Los protones de 100 MeV tienen un poder de frenado específico de 10 MeVcm²/g en agua. Calcular la dosis que un haz de protones de 1 nA deposita en la superficie de un volumen de agua, cuando incide de forma homogénea sobre un área de 1 cm² durante 1 segundo.

Respuesta 1 0.01 Gy.

Respuesta 2 0.1 Gy.

Respuesta 3 1 Gy.

Respuesta 4 10 Gy.

Bibliografía 1:

Título: Proton Therapy Physics (ISBN: 978-1-4398-3645-3)

Autor/a: Harald Paganetti

Editorial: CRC Press

Tomo: 1

Año edición: 2012

Páginas referenciadas: 27



FORMULARIO PREGUNTAS DE EXAMEN DEL AÑO 2025-26

N.º de pregunta en el examen:

158

Respuesta correcta:

3

Enunciado de la pregunta:

Sabiendo que el alcance o rango de electrones de 1 MeV en agua es de unos pocos milímetros, entonces, podemos estimar que el alcance en aire seco ($\rho = 1,03 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$) de esos electrones será del orden de:

Respuesta 1	Milímetros.
Respuesta 2	Centímetros.
Respuesta 3	Metros.
Respuesta 4	Kilómetros.

Bibliografía 1:

Título: Fundamentos de Física Médica. Volumen 1: Medida de la radiación
Autor/a: Jose María Fernández-Varea, Antonio Brosed, Ana María González Leitón, Angel Garcia Ezpeleta
Editorial: ADI Servicio editoriales
Tomo: Volumen 1
Año edición: 2011



Páginas referenciadas: 166

$h\nu$	AIRE SECO			AGUA	
	$\rho = 1,205 \cdot 10^{-3} \text{ g.cm}^{-3}$		$\rho = 1 \text{ g.cm}^{-3}$		
T (MeV)	Recorrido libre medio $1/\mu$ (m)	Alcance csda r (m)	Recorrido libre medio $1/\mu$ (cm)	Alcance csda r (cm)	Atenuación aproximada en r (%)
0,010	1,6	0,0024	0,19	0,00025	0,1
0,020	11	0,0081	1,3	0,00086	0,0
0,050	40	0,041	4,4	0,0043	0,0
0,100	56	0,13	5,9	0,014	0,0
0,200	67	0,42	7,3	0,045	0,1
0,500	95	1,7	10	0,18	0,6
1	130	4,1	14	0,44	1,4
2	190	9,0	20	0,98	2,6
5	300	23	33	2,6	5,0
10	400	44	45	5,0	8,1
20	490	78	55	9,3	14

Tabla 1. Recorrido libre medio de fotones (de energía $h\nu$) y alcance obtenido con la aproximación de frenado continuo (csda) para electrones (de energía T) en aire y en agua. Se añade un valor aproximado de la atenuación de los fotones (en %) en una capa de agua cuyo espesor iguale el alcance csda de los electrones.

Bibliografía 2:

Título: Physics in Nuclear Medicine

Autor/a: Simon R.Cherry; James A.Sorenson; Michael E. Phelps

Editorial: Saunders Elsevier

Tomo: Fourth Edition

Año edición: 2012

Páginas referenciadas: 72,73



FORMULARIO PREGUNTAS DE EXAMEN DEL AÑO 2025-26

N.º de pregunta en el examen:

159

Respuesta correcta:

4

Enunciado de la pregunta:

Cuando protones de 20 MeV atraviesan un medio de Z=40, ¿Cómo es la pérdida de energía por radiación con respecto a la pérdida por ionización o colisión?:

Respuesta 1	El doble.
Respuesta 2	La mitad.
Respuesta 3	Mucho mayor.
Respuesta 4	Mucho menor.

Bibliografía 1:

Título: Introduction to Radiological Physics and Radiation Dosimetry
Autor/a: Frank Hebert Attix
Editorial: Wiley-VCH
Tomo:
Año edición: 2004
Páginas referenciadas: 177



FORMULARIO PREGUNTAS DE EXAMEN DEL AÑO 2025-26

N.º de pregunta en el examen:

160

Respuesta correcta:

2

Enunciado de la pregunta:

El poder de frenado de colisión de una partícula cargada pesada en un medio material:

Respuesta 1 Aumenta con la velocidad de la partícula hasta alcanzar un máximo, para luego disminuir.

Respuesta 2 Disminuye a medida que la velocidad de la partícula aumenta.

Respuesta 3 Es constante, ya que depende solo de las propiedades del medio.

Respuesta 4 Es independiente de la carga de la partícula.

Bibliografía 1:

Título: Radiation Physics for Medical Physicists (2^a ed.)

Autor/a: Ervin B. Podgorsak

Editorial: Springer

Tomo: --

Año edición: 2010

Páginas referenciadas: 124-126 (Capítulo 6: Interacción de partículas cargadas pesadas con la



materia)

Bibliografía 2:

Título: The Physics of Medical Imaging (4 ^a ed.)
Autor/a: David J. Dowsett y Graham A. H. Miller
Editorial: Saunders
Tomo: --
Año edición: 2017
Páginas referenciadas: 30-32 (Capítulo 3: Interacción de la radiación con la materia)

AUTOR/A DE LA PREGUNTA:

COMENTARIO

El poder de frenado de una partícula cargada pesada, como un protón o una partícula alfa, es la medida de la energía que pierde por unidad de longitud al pasar a través de un material. A velocidades no relativistas, el poder de frenado de colisión está regido por la fórmula de Bethe-Bloch. Esta fórmula muestra que la tasa de pérdida de energía es aproximadamente inversamente proporcional al cuadrado de la velocidad de la partícula. Esto significa que, a medida que la partícula se mueve más rápido (aumenta su velocidad), la energía que deposita por unidad de distancia disminuye. Este comportamiento es la razón del famoso "pico de Bragg", donde la deposición de energía es máxima justo antes de que la partícula se detenga, porque su velocidad es muy baja.

- Respuesta 1: Aumenta con la velocidad de la partícula hasta alcanzar un máximo, para luego disminuir. Esta afirmación describe el comportamiento opuesto al que se observa en la realidad a velocidades no relativistas. La curva de Bragg muestra que el poder de frenado aumenta a medida que la partícula se desacelera, alcanzando un máximo justo antes de detenerse.
- Respuesta 3: Es constante, ya que depende solo de las propiedades del medio. Esta es una afirmación incorrecta. El poder de frenado depende tanto de las propiedades del medio material (como el número atómico y la densidad) como de las propiedades de la partícula incidente (como la carga y la velocidad).
- Respuesta 4: Es independiente de la carga de la partícula. Esta afirmación es falsa. La fórmula de Bethe-Bloch indica que el poder de frenado es directamente proporcional al cuadrado de la carga de la partícula (z^2).



FORMULARIO PREGUNTAS DE EXAMEN DEL AÑO 2025-26

N.º de pregunta en el examen:

161

Respuesta correcta:

2

Enunciado de la pregunta:

La absorción fotoeléctrica de la radiación gamma verifica lo siguiente:

Respuesta 1 Aumenta linealmente con el número atómico del material absorbente.

Respuesta 2 Es el modo predominante a energías relativamente bajas.

Respuesta 3 Solo tiene lugar si la energía del haz es mayor que el doble de la energía en reposo del electrón.

Respuesta 4 Es menos probable para materiales con número atómico elevado.

Bibliografía 1:

Título: Radiation Detection and Measurement

Autor/a: G.F. Knoll

Editorial. Wiley

Tomo:

Año edición: 2010

Páginas referenciadas: 48



FORMULARIO PREGUNTAS DE EXAMEN DEL AÑO 2025-26

N.º de pregunta en el examen:

162

Respuesta correcta:

4

Enunciado de la pregunta:

Considerando una expresión tipo Bortfeld para el rango másico de protones en agua, $R(E_K) = 0,0022 \times E_K^{1,77}$ donde E_K es la energía cinética del protón, obtener el rango másico de partículas alfa ($M_{alfa} = 4 \times M_{proton}$) con una energía cinética de 100 MeV impactando en un bloque de agua:

Respuesta 1 7,63 g/cm².

Respuesta 2 1,91 g/cm².

Respuesta 3 2,62 g/cm².

Respuesta 4 0,656 g/cm².

Bibliografía 1:

Título: Introductory Nuclear Physics.

Autor/a: Kenneth S. Krane

Editorial: Wiley & Sons

Tomo: 1

Año edición: 1988

Páginas referenciadas: 196

**Bibliografía 2:**

Título:
Autor/a:
Editorial
Tomo:
Año edición:
Páginas referenciadas:

AUTOR/A DE LA PREGUNTA:**196 NUCLEAR DECAY AND RADIOACTIVITY**

because it does not take into account the capture of electrons by the now slow-moving particle. It is possible to write Equation 7.4 in the following form:

$$R = Mz^{-2} \int f(v) dv \quad (7.5)$$

where $f(v)$ is a function of the velocity of the particle that is independent of its mass and charge. We can therefore compare ranges in the same material for different particles of the same initial velocity:

$$\frac{R_1}{R_0} = \frac{M_1}{M_0} \frac{z_0^2}{z_1^2} \quad (7.6)$$

Comentarios.

La expresión es valida para partículas a la misma velocidad, luego

$$\frac{E_k(\text{proton})}{E_k(\text{alfa})} = \frac{M_{\text{proton}}(\gamma-1)}{M_{\text{alfa}}(\gamma-1)} = \frac{1}{4} \rightarrow E_k(\text{proton}) = 25 \text{ MeV}$$

$$\frac{R_{\text{alfa}}(100 \text{ MeV})}{R_{\text{proton}}(25 \text{ MeV})} = \frac{M_{\text{alfa}}}{M_{\text{proton}}} \left(\frac{Z_{\text{proton}}}{Z_{\text{alfa}}} \right)^2 = 4 \times \frac{1}{4} = 1$$

$$R_{\text{alfa}}(100 \text{ MeV}) = R_{\text{proton}}(25 \text{ MeV}) = 0,0022 \times 25^{1,77} = 0.6558 \text{ g/cm}^2$$



FORMULARIO PREGUNTAS DE EXAMEN DEL AÑO 2025-26

N.º de pregunta en el examen:

163

Respuesta correcta:

3

Enunciado de la pregunta:

Si un neutrino de energía 1.5 MeV interacciona elásticamente con un electrón, la máxima energía que le puede transmitir es de aproximadamente:

Respuesta 1 0.3 MeV.

Respuesta 2 0.75 MeV.

Respuesta 3 1.3 MeV.

Respuesta 4 1.5 MeV.

Bibliografía 1:

Título: Techniques for nuclear and particle Physics experiments

Autor/a: W.R. Leo

Editorial Springer-Verlag

Tomo:

Año edición: 1987

Páginas referenciadas: 52

**AUTOR/A DE LA PREGUNTA:****COMENTARIOS:**

Dado que la masa de los neutrinos es extremadamente pequeña, el caso es análogo al efecto Compton. Si llamamos $E_\nu = 1.5 \text{ MeV}$ a la energía del neutrino, la energía máxima transferida al electrón será:

$$T_{max} = E_\nu \frac{2 E_\nu}{m_e c^2 + 2E_\nu} = 1.28 \text{ MeV} \approx 1.3 \text{ MeV}$$

Que corresponde al caso en el que el neutrino sale con un ángulo de 180° respecto a su dirección de incidencia.

2.7.2 Compton Scattering

Compton scattering is probably one of the best understood processes in photon interactions. As will be recalled, this is the scattering of photons on free electrons. In matter, of course, the electrons are bound; however, if the photon energy is high with respect to the binding energy, this latter energy can be ignored and the electrons can be considered as essentially free.

Figure 2.22 illustrates this scattering process. Applying energy and momentum conservation, the following relations can be obtained.

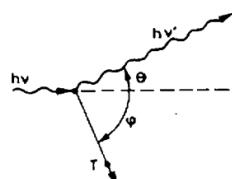


Fig. 2.22. Kinematics of Compton scattering

$$\begin{aligned} h\nu' &= \frac{h\nu}{1 + \gamma(1 - \cos\theta)}, \\ T &= h\nu - h\nu' = h\nu \frac{\gamma(1 - \cos\theta)}{1 + \gamma(1 - \cos\theta)}, \\ \cos\theta &= 1 - \frac{2}{(1 + \gamma)^2 \tan^2\varphi + 1}, \\ \cot\varphi &= (1 + \gamma) \tan \frac{\theta}{2}, \end{aligned} \quad (2.102)$$

where $\gamma = h\nu/m_e c^2$. Other relations between the various variables may be found by substitution in the above formulae.



FORMULARIO PREGUNTAS DE EXAMEN DEL AÑO 2025-26

N.º de pregunta en el examen:

164

Respuesta correcta:

2

Enunciado de la pregunta:

La sección eficaz total de absorción de neutrones térmicos por núcleos de Cd es de 2700 barn. ¿Cuál es el espesor necesario que debe tener una lámina de Cd para reducir en un factor 1000 el flujo de neutrones térmicos que inciden perpendicularmente a ella? Datos: densidad del Cd = 8,6g/cm³; masa atómica relativa del Cd = 112,4.

Respuesta 1	0,024cm
Respuesta 2	0,055cm
Respuesta 3	0,24cm
Respuesta 4	0,55cm

Bibliografía 1:

Título: 100 problemas de física cuántica
Autor/a: Ramón Fernández Álvarez-Estrada y José Luis Sánchez Gómez
Editorial: Alianza Editorial
Tomo: --
Año edición: 1996
Páginas referenciadas: 239-240



AUTOR/A DE LA PREGUNTA:

COMENTARIOS:

El número de partículas que atraviesan una barrera de espesor x viene dado por la expresión:

$$N(x) = N_0 e^{-\sigma \rho x},$$

donde σ es la sección eficaz, ρ es la densidad por partícula y N_0 es el número de partículas antes de incidir en la barrera.

En el enunciado se proporcionan los siguientes datos:

$$\rho_m = 8,6 \text{ g cm}^{-3}$$

$$\sigma = 2700 \text{ barn}$$

$$A_r = 112,4$$

Para poder resolver el problema es necesario recordar que:

$$1 \text{ barn} = 10^{-24} \text{ cm}^2,$$

y convertir la densidad proporcionada en densidad por partícula (para lo que es necesario emplear la masa atómica relativa y el número de Avogadro, N_A):

$$\rho = \frac{\rho_m}{A_r/N_A} = \frac{8,6 \text{ g cm}^{-3}}{112,4 \text{ g} / 6,022 \times 10^{23}} = 4,61 \times 10^{22} \text{ cm}^{-3}$$

Con estos datos ya se puede sustituir en la fórmula inicial para obtener la solución del problema:

$$N(x) = N_0 e^{-\sigma \rho x} \Rightarrow \frac{N_0}{1000} = N_0 \exp[(-2700 \times 10^{-24} \text{ cm}^2 \cdot 4,61 \times 10^{22} \text{ cm}^{-3})x]$$

$$0,001 = e^{-124,5 x(\text{cm})}$$

Tomando el logaritmo neperiano:

$$x = 0,055 \text{ cm}$$



FORMULARIO PREGUNTAS DE EXAMEN DEL AÑO 2025-26

N.º de pregunta en el examen:

165

Respuesta correcta:

1

Enunciado de la pregunta:

¿Qué hace al tungsteno (wolframio) ser una buena elección para el *target* (diana o blanco) de un tubo de rayos X?:

Respuesta 1	Es debido a su alto punto de fusión y alto número atómico.
Respuesta 2	Es debido a su bajo punto de fusión y bajo número atómico.
Respuesta 3	Es debido a su bajo punto de fusión y alto número atómico.
Respuesta 4	Es debido a su alto punto de fusión y bajo número atómico.

Bibliografía 1:

Título: Radiaciones ionizantes. Utilización y riesgos.
Autor/a: Xavier Ortega Aramburu y Jaume Jorba Bisbal
Editorial: Edicions UPC
Tomo:II
Año edición:1996
Páginas referenciadas:126



FORMULARIO PREGUNTAS DE EXAMEN DEL AÑO 2025-26

N.º de pregunta en el examen:

166

Respuesta correcta:

1

Enunciado de la pregunta:

Colocamos un material de atenuación de espesor “y” en la trayectoria de un haz homogéneo de rayos X y con él logramos reducir la intensidad en un 50%. Si añadimos un espesor “3y”, ¿qué porcentaje de intensidad conseguiremos con respecto al haz inicial?:

Respuesta 1 87.5%.

Respuesta 2 1.5%.

Respuesta 3 12.5%.

Respuesta 4 Al ser el haz homogéneo la intensidad no se reduce.

Bibliografía 1:

Título: Radiaciones ionizantes. Utilización y riesgos.

Autor/a: Xavier Ortega Aramburu y Jaume Jorba Bisbal

Editorial: Edicions UPC

Tomo:

Año edición: 1994

Páginas referenciadas: 186



Observaciones:

$$\boxed{I = 50 e^{-\mu x}}$$

• Para esperar γ $\Rightarrow I = 30 \cdot 0,5$

$$e^{-\mu y} = 0,5 \Rightarrow \mu y = \ln(2)$$

• Para esperar $3y$ $\Rightarrow I = 30 e^{-\mu(3y)} = 30 e^{-3 \ln(2)}$

$$= 30 \cdot \frac{1}{8} \Rightarrow$$

la intensidad final es $\frac{1}{8} = 12,5\%$ de la inicial

la reducción de intensidad será entonces \Rightarrow

$$100\% - 12,5\% = 87,5\%$$

=====

Si se espera $3y$, la intensidad del haz se reduce en un $87,5\%$ respecto al haz inicial.



FORMULARIO PREGUNTAS DE EXAMEN DEL AÑO 2025-26

N.º de pregunta en el examen:

167

Respuesta correcta:

1

Enunciado de la pregunta:

El poder de frenado por colisión de los electrones en la materia se describe mejor en la aproximación cuántica por:

Respuesta 1	Fórmula de Bethe-Bloch.
Respuesta 2	Ley de Bragg-Kleeman.
Respuesta 3	Ley de Lambert-Beer.
Respuesta 4	Ecuación de Klein-Nishina.

Bibliografía 1:

Título: *Introduction to Radiological Physics and Radiation Dosimetry*.

Autor/a: Attix, F.H.

Editorial: New York: Wiley-VCH.

Tomo:

Año edición: 1986.

Páginas referenciadas: 166-167.



FORMULARIO PREGUNTAS DE EXAMEN DEL AÑO 2025-26

N.º de pregunta en el examen:

168

Respuesta correcta:

4

Enunciado de la pregunta:

La diferencia principal entre kerma y dosis absorbida es que:

Respuesta 1	La dosis absorbida siempre es mayor.
Respuesta 2	La dosis absorbida solo incluye radiación secundaria.
Respuesta 3	Son definiciones equivalentes para partículas ligeras.
Respuesta 4	El kerma incluye energía transferida pero no depositada localmente.

Bibliografía 1:

Título: <i>Introduction to Radiological Physics and Radiation Dosimetry.</i>
Autor/a: Attix, F.H.
Editorial: New York: Wiley-VCH.
Tomo:
Año edición: 1986 .
Páginas referenciadas: 21 .



FORMULARIO PREGUNTAS DE EXAMEN DEL AÑO 2025-26

N.º de pregunta en el examen:

169

Respuesta correcta:

3

Enunciado de la pregunta:

Un detector registra, en promedio, 20 cuentas por minuto. Se realiza una medida directa de 10 segundos. Asumiendo que el número de cuentas sigue una distribución de Poisson, ¿cuál es la probabilidad de obtener 2 o menos cuantas en esos 10 segundos?:

Respuesta 1 0,119.

Respuesta 2 0,198.

Respuesta 3 0,353.

Respuesta 4 0,396.

Bibliografía 1:

Título: Radiation detection and measurement

Autor/a: Glenn F.Knoll

Editorial: Wiley

Tomo: Second edition

Año edición: 1989

Páginas referenciadas: 71,74



FORMULARIO PREGUNTAS DE EXAMEN DEL AÑO 2025-26

N.º de pregunta en el examen:

170

Respuesta correcta:

2

Enunciado de la pregunta:

Se están realizando medidas con una cámara de ionización abierta. Un electrómetro muestra la carga recogida en la cámara, y este valor se convierte en la dosis absorbida a través de unos factores de corrección. Si la temperatura de la sala aumenta, ¿cuál de las siguientes afirmaciones es correcta?

Respuesta 1 La carga recogida y la dosis absorbida aumentan.

Respuesta 2 La carga recogida disminuye y la dosis absorbida no varía.

Respuesta 3 La carga recogida y la dosis absorbida disminuyen.

Respuesta 4 La carga recogida y la dosis absorbida no varían.

Bibliografía 1:

Título: Technical Reports Series No. 398 Absorbed Dose Determination in External Beam Radiotherapy. An International Code of Practice for Dosimetry Based on Standards of Absorbed Dose to Water

Autor/a: IAEA, WHO, PAHO y ESTRO

Editorial:

Tomo:

Año edición: 2000

Páginas referenciadas:

Comentarios:

Una persona podría, incorrectamente, pensar esto:

Inicialmente el factor de corrección por temperatura era $K_0 = \frac{273,15+20}{293,15} = 1$, por lo que la dosis era $D = X * 1$



$1 = 110,5Gy$. Para que la dosis medida sean 112 Gy , el factor de corrección debe ser $112/110,5 = 1,0136$. Sustituyendo esto en la ecuación: $1,0136 = \frac{273,15+T}{293,15} \rightarrow T = 23,98^\circ C$. Si inicialmente estábamos a $20^\circ C$ y la temperatura del búnker aumenta en $1^\circ C/\text{hora}$, para que aumente $4^\circ C$ debemos esperar 4 horas.

Pero en realidad, la dosis nunca va a aumentar, si aumenta la temperatura de la sala, el factor de corrección cambia, pero la medida obtenida también ha de cambiar, haciendo que la dosis sea independiente de la temperatura.

AUTOR/A DE LA PREGUNTA:



FORMULARIO PREGUNTAS DE EXAMEN DEL AÑO 2025-26

N.º de pregunta en el examen:

171

Respuesta correcta:

4

Enunciado de la pregunta:

¿Qué tipo de detector tiene como característica un factor de Fano aproximadamente igual a la unidad?:

Respuesta 1 **Semiconductor.**

Respuesta 2 **Contador proporcional.**

Respuesta 3 **Xenón líquido.**

Respuesta 4 **Centelleo.**

Bibliografía 1:

Título: Radiation detection and measurement (ISBN: 978-0-470-13148-0)

Autor/a: Glenn F. Knoll

Editorial: Wiley

Tomo: -

Año edición: 2010 (4th edition)

Páginas referenciadas: 117, 177, 368, 739



FORMULARIO PREGUNTAS DE EXAMEN DEL AÑO 2025-26

N.^º de pregunta en el examen:

172

Respuesta correcta:

4

Enunciado de la pregunta:

Indique la energía cinética mínima que debería tener un electrón para emitir radiación de Cherenkov en agua, cuyo índice de refracción es $n = 1.33$

Respuesta 1 **0.05 eV**

Respuesta 2 **2.4 GeV**

Respuesta 3 **75 MeV**

Respuesta 4 **0.26 MeV**

Bibliografía 1:

Título: Física de partículas y de astropartículas

Autor/a: Antonio Ferrer Soria y Eduardo Ros Martínez

Editorial: Universidad de Valencia Servicio de Publicaciones

Tomo: Volumen 83 de la colección Educació. Materials

Año edición: 2005

Páginas referenciadas: 133 y 134

**Bibliografía 2:**

Título:
Autor/a:
Editorial
Tomo:
Año edición:
Páginas referenciadas:

AUTOR/A DE LA PREGUNTA:**COMENTARIOS:**

La radiación de Cherenkov se emite cuando una partícula atraviesa un medio con una velocidad superior a la velocidad de la luz en ese medio. Es decir, cuando $v > c/n$, siendo n el índice de refracción del medio. En este caso, trabajamos con agua, n = 1.33

La emisión se produce, pues, a partir de una velocidad umbral definida como $v_u = c/n$

Al tratarse de electrones que viajan a una velocidad mayor que la de la luz en agua, tenemos que utilizar cinemática relativista para calcular la energía umbral de la partícula ($E_u = \gamma_u m_e c^2$) y la correspondiente energía cinética umbral (T_u).

$$T_u = E_u - m_e c^2 = \gamma_u m_e c^2 - m_e c^2 = (\gamma_u - 1)m_e c^2$$

El término γ , en relatividad se define como $\gamma = \frac{1}{\sqrt{1-\beta^2}}$, siendo $\beta = \frac{v}{c}$

La velocidad umbral para la emisión de Cherenkov, v_u , nos define pues los siguientes valores umbrales para β y γ :

$$\beta_u = \frac{v_u}{c} = \frac{1}{n} = \frac{1}{1.33} = 0.75$$

$$\gamma_u = \frac{1}{\sqrt{1 - (\beta_u)^2}} = \frac{1}{\sqrt{1 - (0.75)^2}} = \frac{1}{\sqrt{0.4375}} = 1.51$$

Teniendo en cuenta que para los electrones su masa es $m_e = 0.511 \text{ MeV}/c^2$

Resultaría el siguiente valor para la energía cinética umbral:

$$T_u = (\gamma_u - 1)m_e c^2 = (1.51 - 1)0.511 \frac{\text{MeV}}{c^2} c^2 = 0.26 \text{ MeV}$$

La copia de las páginas del libro que se muestran a continuación son las indicadas como Bibliografía 1



FORMULARIO PREGUNTAS DE EXAMEN DEL AÑO 2025-26

N.º de pregunta en el examen:

173

Respuesta correcta:

4

Enunciado de la pregunta:

Un detector no paralizable registra una actividad de 200 Bq de una muestra radiactiva. El tiempo muerto del detector es de 0.0009 segundos. ¿Cuál es la actividad verdadera de la muestra?:

Respuesta 1 203 Bq.

Respuesta 2 220 Bq.

Respuesta 3 235 Bq.

Respuesta 4 244 Bq.

Bibliografía 1:

Título: Radiation Detection and Measurement

Autor/a:Knoll

Editorial:John Wiley & Sons, Inc.

Tomo:

Año edición:2000

Páginas referenciadas:119,120



FORMULARIO PREGUNTAS DE EXAMEN DEL AÑO 2025-26

N.º de pregunta en el examen:

174

Respuesta correcta:

2

Enunciado de la pregunta:

¿Cuál de las siguientes afirmaciones describe mejor el mecanismo principal por el cual un contador Geiger-Müller detecta fotones de rayos X o gamma, en comparación con partículas cargadas como electrones o partículas alfa?

Respuesta 1	El contador Geiger-Müller detecta fotones de rayos gamma directamente a través del efecto fotoeléctrico, mientras que a las partículas cargadas las detecta por ionización indirecta.
Respuesta 2	Los fotones de rayos gamma interaccionan con el gas del detector para producir electrones que, a su vez, causan la ionización, mientras que las partículas cargadas ionizan el gas directamente.
Respuesta 3	Los fotones de rayos gamma se detectan por su capacidad para causar ionización directamente, mientras que las partículas cargadas se detectan solo después de haber perdido toda su energía.
Respuesta 4	Las partículas alfa y los electrones se detectan indirectamente al producir fotones de fluorescencia en el gas, y los fotones de rayos gamma se detectan directamente por la ionización.

Bibliografía 1:

Título: Radiation Detection and Measurement (4^a ed.)

Autor/a: Glenn F. Knoll

Editorial: Wiley

Tomo: --

Año edición: 2010

Páginas referenciadas: 115-117 (Capítulo 5: Detectores de gas - Sección sobre la región de Geiger-



Müller)

Bibliografía 2:

Título: Fundamentos de la Física de la Radiación
Autor/a: James E. Turner
Editorial: CRC Press
Tomo: --
Año edición: 2011
Páginas referenciadas: 142-145 (Capítulo 7: Detectores de Gas - Mecanismos de Detección)

AUTOR/A DE LA PREGUNTA:**COMENTARIO**

- **Partículas cargadas** (directamente ionizantes): Las partículas cargadas, como electrones y partículas alfa, tienen una carga eléctrica que les permite interactuar directamente con los átomos del gas del detector, arrancando electrones de sus órbitas y creando pares de iones (ionización directa).
- **Fotones** (indirectamente ionizantes): Los fotones de rayos X o gamma no tienen carga, por lo que no pueden ionizar directamente el gas. En su lugar, interactúan con los átomos a través de mecanismos como el efecto fotoeléctrico, la dispersión Compton o la creación de pares, que a su vez liberan electrones. Son estos electrones secundarios, ya cargados, los que causan la ionización del gas, lo que permite su detección (ionización indirecta).

La pregunta es de tipo conceptual y se centra en los mecanismos de interacción de la radiación con el gas en un detector Geiger-Müller. Las partículas cargadas (p. ej., electrones o partículas alfa) son directamente ionizantes, creando pares de iones en el gas a medida que pasan a través de él. Los fotones de rayos gamma, al no tener carga, son indirectamente ionizantes, ya que primero deben interactuar con el gas (principalmente a través del efecto fotoeléctrico o la dispersión Compton) para liberar electrones que, a su vez, ionizan el gas. La respuesta correcta describe esta diferencia fundamental.



FORMULARIO PREGUNTAS DE EXAMEN DEL AÑO 2025-26

N.º de pregunta en el examen:

175

Respuesta correcta:

4

Enunciado de la pregunta:

Respecto a las películas radiocrómicas usadas para dosimetría de radiaciones ionizantes, podemos AFIRMAR que son un tipo de detector de radiación:

Respuesta 1	Activo y fuertemente dependiente de la tasa de dosis.
Respuesta 2	Activo e independiente de la tasa de dosis.
Respuesta 3	Pasivo y fuertemente dependiente de la tasa de dosis.
Respuesta 4	Pasivo e independiente de la tasa de dosis.

Bibliografía 1:

Título: Radiation Oncology Physics: A handbook for teachers and students (ISBN 92-0-107304)
Autor/a: E.B Podgorsak
Editorial: IAEA
Tomo: 1
Año edición: 1005
Páginas referenciadas: 76, 84



FORMULARIO PREGUNTAS DE EXAMEN DEL AÑO 2025-26

N.º de pregunta en el examen:

176

Respuesta correcta:

4

Enunciado de la pregunta:

¿Cuál de los siguientes detectores de radiación se utiliza habitualmente para la dosimetría personal en trabajadores expuestos a radiaciones ionizantes?:

Respuesta 1	Cámara de ionización.
Respuesta 2	Contador Geiger-Müller.
Respuesta 3	Espectrómetro de centelleo con cristal de NaI(Tl).
Respuesta 4	Dosímetro termoluminiscente.

Bibliografía 1:

Título: Radiaciones ionizantes. Utilización y riesgos.
Autor/a: Xavier Ortega Aramburu y Jaume Jorba Bisbal
Editorial: Edicions UPC
Tomo:
Año edición: 1994
Páginas referenciadas: 388-389



FORMULARIO PREGUNTAS DE EXAMEN DEL AÑO 2025-26

N.º de pregunta en el examen:

177

Respuesta correcta:

1

Enunciado de la pregunta:

La resolución en energía de un detector proporcional gaseoso para una energía dada está limitada principalmente por:

Respuesta 1	Estadística de creación de pares de ionización (factor de Fano).
Respuesta 2	Altura del pulso (factor de altura).
Respuesta 3	Dimensiones del ánodo (factor ánodo).
Respuesta 4	Voltaje de polarización (factor polarización).

Bibliografía 1:

Título: <i>Radiation Detection and Measurement</i> . 4th edition.
Autor/a: Knoll, Glenn F.
Editorial: John Wiley & Sons.
Tomo:
Año edición: 2010 .
Páginas referenciadas: 174 .



FORMULARIO PREGUNTAS DE EXAMEN DEL AÑO 2025-26

N.º de pregunta en el examen:

178

Respuesta correcta:

4

Enunciado de la pregunta:

¿En qué cuadrante de la característica voltaje-corriente (curva de corriente en función de voltaje) funciona un diodo Zener como estabilizador de voltaje?:

Respuesta 1 $V>0, I>0.$

Respuesta 2 $V>0, I<0.$

Respuesta 3 $V<0, I>0.$

Respuesta 4 $V<0, I<0.$

Bibliografía 1:

Título: Physics for engineers and scientists

Autor/a: D. Elwell, A.J. Pointon

Editorial John Wiley&Sons

Tomo:

Año edición: 1978

Páginas referenciadas: 291,292



Bibliografía 2:

Título: Física para la ciencia y la tecnología

Autor/a: P.A. Tipler, G. Mosca

Editorial Reverte

Tomo: 3

Año edición: 2010

Páginas referenciadas: 1302

Bibliografía 3:

Título: https://es.wikipedia.org/wiki/Diodo_Zener

Autor/a:

Editorial Reverte

Tomo:

Año edición:

Páginas referenciadas:

AUTOR/A DE LA PREGUNTA:

Comentario: El diodo Zener se usa en polarización inversa para mantener prácticamente fija la tensión en un rango amplio de corrientes.



FORMULARIO PREGUNTAS DE EXAMEN DEL AÑO 2025-26

N.º de pregunta en el examen:

179

Respuesta correcta:

2

Enunciado de la pregunta:

Para los semiconductores intrínsecos, Si y Ge, la diferencia energética entre las bandas de valencia y conducción, E_G , para temperaturas entre 0 y 300K tiene valores comprendidos entre:

Respuesta 1	0,2 y 0,7 eV.
Respuesta 2	0,7 y 1,2 eV.
Respuesta 3	1,2 y 1,7 eV.
Respuesta 4	1,7 y 2,3 eV.

Bibliografía 1:

Título: Electrónica integrada

Autor/a: Jacob Millman y Christos C. Halkias

Editorial Hispano Europea S. A.

Tomo:

Año edición: 1995

Páginas referenciadas: 29



FORMULARIO PREGUNTAS DE EXAMEN DEL AÑO 2025-26

N.º de pregunta en el examen:

180

Respuesta correcta:

2

Enunciado de la pregunta:

Un transistor MOSFET en modo de enriquecimiento (*enhancement*) comienza a conducir cuando:

Respuesta 1	La diferencia de potencial compuerta-fuente es cero.
Respuesta 2	La diferencia de potencial compuerta-fuente excede un valor umbral mayor que 0.
Respuesta 3	La diferencia de potencial drenador-fuente es cero.
Respuesta 4	La compuerta está en corto con el drenador.

Bibliografía 1:

Título: *The Art of Electronics*. 3rd edition.

Autor/a: Horowitz, P.

Editorial: Cambridge University Press.

Tomo:

Año edición: 2015 .

Páginas referenciadas: 135-137 .



Bibliografía 2:

Título:
Autor/a:
Editorial
Tomo:
Año edición:
Páginas referenciadas:

AUTOR/A DE LA PREGUNTA:

- Nombre completo:
- Entidad en la que presta servicios:



FORMULARIO PREGUNTAS DE EXAMEN DEL AÑO 2025-26

N.º de pregunta en el examen:

181

Respuesta correcta:

1

Enunciado de la pregunta:

En un diodo de unión pn, la corriente de saturación inversa I_s :

Respuesta 1	Depende tanto del área de la unión como de la temperatura.
Respuesta 2	Depende del área de la unión pero no de la temperatura.
Respuesta 3	Depende de la temperatura pero no del área de la unión.
Respuesta 4	Es una constante que no depende ni de la temperatura ni del área de la unión.

Bibliografía 1:

Título: Microelectronic Circuits
Autor/a: Sedra-Smith
Editorial: Oxford University Press
Tomo:
Año edición: 1998
Páginas referenciadas: 153



Bibliografía 2:

Título: El diodo PN de unión
Autor/a: Gerold W. Neudeck
Editorial: Addison-Wesley Iberoamericana
Tomo:
Año edición: 1993
Páginas referenciadas: 67-68

AUTOR/A DE LA PREGUNTA:



FORMULARIO PREGUNTAS DE EXAMEN DEL AÑO 2025-26

N.º de pregunta en el examen:

182

Respuesta correcta:

2

Enunciado de la pregunta:

En un semiconductor extrínseco tipo N a temperatura ambiente, la concentración de electrones libres es aproximadamente igual a:

Respuesta 1	cero.
Respuesta 2	la densidad de átomos donadores.
Respuesta 3	la densidad de átomos aceptadores.
Respuesta 4	la concentración de huecos libres.

Bibliografía 1:

Título: Microelectrónica
Autor/a: Jacob Millman y Arvin Grabel
Editorial: Hispano Europea
Tomo:
Año edición: 1993
Páginas referenciadas: 54



Bibliografía 2:

Título: Prontuario de Electrónica
Autor/a: Bogdan Grabowski
Editorial: Paraninfo
Tomo:
Año edición: 2000
Páginas referenciadas: 43

AUTOR/A DE LA PREGUNTA:



FORMULARIO PREGUNTAS DE EXAMEN DEL AÑO 2025-26

N.º de pregunta en el examen:

183

Respuesta correcta:

2

Enunciado de la pregunta:

Si denotamos por ρ al coeficiente de correlación de dos variables aleatorias, X e Y. Entonces podemos AFIRMAR que:

Respuesta 1	$\rho = 0$ implica que X e Y son independientes.
Respuesta 2	Si X e Y son independientes, entonces $\rho = 0$
Respuesta 3	$\rho > 0$ para todas X e Y.
Respuesta 4	$\rho > 1$ implica que X e Y son proporcionales.

Bibliografía 1:

Título: Probabilidad y estadística para ciencia e ingeniería
Autor/a: Jay L. Devore
Editorial: International Thomson Editores
Tomo:
Año edición: 1998
Páginas referenciadas: 206



FORMULARIO PREGUNTAS DE EXAMEN DEL AÑO 2025-26

N.º de pregunta en el examen:

184

Respuesta correcta:

4

Enunciado de la pregunta:

Durante 10 minutos se realiza una medida con un detector y se obtienen 2400 cuentas. En ese mismo intervalo de tiempo (10 minutos), se mide el fondo y se registran 525 cuentas. Suponiendo que la estadística del detector sigue una distribución de Poisson, ¿cuál es el número de cuentas atribuibles a la fuente y su incertidumbre asociada, utilizando un factor de cobertura $k = 2$?:

Respuesta 1	1825 +/- 76.
Respuesta 2	1825 +/- 85.
Respuesta 3	1825 +/- 93.
Respuesta 4	1825 +/- 108.

Bibliografía 1:

Título: ELEMENTOS DE PROBABILIDAD Y ESTADÍSTICA
Autor/a: Cristóbal R. SANTA MARÍA y Claudia S. BUCCINO
Editorial Universidad Nacional de Moreno
Tomo:
Año edición:2019
Páginas referenciadas:77



FORMULARIO PREGUNTAS DE EXAMEN DEL AÑO 2025-26

N.^º de pregunta en el examen:

185

Respuesta correcta:

2

Enunciado de la pregunta:

La serie armónica alternada $\sum_{n=1}^{\infty} \frac{(-1)^{n+1}}{n} = 1 - \frac{1}{2} + \frac{1}{3} - \frac{1}{4} + \frac{1}{5} \dots$, es un típico ejemplo, ¿de qué tipo de serie?:

Respuesta 1	Serie absolutamente convergente.
Respuesta 2	Serie condicionalmente convergente.
Respuesta 3	Serie uniformemente convergente.
Respuesta 4	Serie divergente.

Bibliografía 1:

Título: Calculus. Cálculo infinitesimal.
Autor: Michael Spivak
Editorial: Reverté S. A.
Tomo: 1
Año edición: 1992
Páginas referenciadas: 656, 657, 658, 659



FORMULARIO PREGUNTAS DE EXAMEN DEL AÑO 2025-26

N.º de pregunta en el examen:

186

Respuesta correcta:

4

Enunciado de la pregunta:

En un cierto experimento, cada medición independiente del número de cuentas por segundo sigue una distribución de Poisson con una determinada media. Si se repite el experimento muchas veces y se representa el histograma de los valores medios obtenidos, ¿qué forma tendrá esa distribución a medida que aumenta el número de repeticiones?:

Respuesta 1	Seguirá teniendo forma de distribución de Poisson, sin cambiar significativamente.
Respuesta 2	Se volverá uniforme, ya que todos los valores medios serán aproximadamente igual de probables.
Respuesta 3	Adoptará una forma exponencial decreciente, concentrando la mayoría de los valores en torno a la media pero con cola larga hacia valores altos.
Respuesta 4	Se aproximará progresivamente a una distribución gaussiana centrada en la media verdadera.

Bibliografía 1:

Título: Introduction to Statistics and Data Analysis for Physicists

Autor/a: G. Bohm, G. Zech

Editorial: WSPC

Tomo:

Año edición: 2017



FORMULARIO PREGUNTAS DE EXAMEN DEL AÑO 2025-26

N.º de pregunta en el examen:

187

Respuesta correcta:

1

Enunciado de la pregunta:

En una distribución estadística normal sesgada con asimetría positiva (con cola hacia la derecha), la media, x , la mediana, Me y la moda, Mo , siguen la siguiente relación:

Respuesta 1 $x \geq Me \geq Mo.$

Respuesta 2 $x \leq Me \leq Mo.$

Respuesta 3 $x \geq Mo \geq Me.$

Respuesta 4 $x \leq Mo \leq Me.$

Bibliografía 1:

Título: Estadística Básica para Estudiantes de Ciencias (ISBN 978-84-691-8981-8)

Autor/a: Javier Gorgas, Nicolas Cardiel, Jaime Zamorano

Editorial: Universidad Complutense de Madrid

Tomo: 1

Año edición: 2012

Páginas referenciadas: 36



FORMULARIO PREGUNTAS DE EXAMEN DEL AÑO 2025-26

N.º de pregunta en el examen:

188

Respuesta correcta:

1

Enunciado de la pregunta:

Sea A una matriz no singular, entonces con relación a su determinante, $\det A$, podemos afirmar que:

Respuesta 1 $\det A^{-1} = (\det A)^{-1}$.

Respuesta 2 $\det A^{-1} = (\det A)$.

Respuesta 3 $\det A > 0$.

Respuesta 4 $\det A = 0$.

Bibliografía 1:

Título: Calculus Volumen 2

Autor/a: Tom M. Apostol

Editorial: Editorial Reverté, S. A.

Tomo:

Año edición: 1998

Páginas referenciadas: 101



FORMULARIO PREGUNTAS DE EXAMEN DEL AÑO 2025-26

N.º de pregunta en el examen:

189

Respuesta correcta:

4

Enunciado de la pregunta:

En una distribución de densidad de probabilidad gaussiana de media 1.0 y desviación típica 2.0, la probabilidad de obtener menos de 3.0 es del:

Respuesta 1 15.9%.

Respuesta 2 31.8%.

Respuesta 3 68.2%.

Respuesta 4 84.1%.

Bibliografía 1:

Título: Estadística básica para estudiantes de ciencias

Autor/a: J. Gorgas, N. Cardiel, J. Zamorano

Editorial: Disponible en internet: https://guaix.fis.ucm.es/~ncl/homepage/teaching/libro_GCZ2009.pdf

Tomo:

Año edición:

Páginas referenciadas: A-21 (Valores de la distribución normal)



AUTOR/A DE LA PREGUNTA:

COMENTARIOS:

Tenemos una distribución normal con parámetros ($\mu=1$ y $\sigma=2$) En primer lugar, pasamos a una distribución normal tipificada ($\mu=0$ y $\sigma=1$). La pregunta $P(X<3)$ sería equivalente a calcular en esta distribución la probabilidad para la variable tipificada $z = \frac{(x-\mu)}{\sigma} = 1$, $P(z<1)$. Ahora bien, en una distribución normal tipificada $P(-1 < z < 1) = 0.682$ y por simetría $P(0 \leq z < 1) = 0.341$. También por simetría y $P(z < 0) = 0.5$. Luego $P(z < 1) = P(z < 0) + P(0 \leq z < 1) = 0.500 + 0.341 = 0.841 = 84.1\%$

Los datos de que la distribución gaussiana es simétrica y la $P(-1 < z < 1) = 0.682$ son básicos. Deberían ser conocidos



FORMULARIO PREGUNTAS DE EXAMEN DEL AÑO 2025-26

N.º de pregunta en el examen:

190

Respuesta correcta:

1

Enunciado de la pregunta:

¿Qué valor tiene la suma de todas las potencias impares negativas de 3?:

Respuesta 1

$\frac{3}{8}$.

Respuesta 2

1.

Respuesta 3

$\frac{9}{8}$.

Respuesta 4

3.

Bibliografía 1:

Título: Cálculo y geometría analítica

Autor/a: R. E. Larson, R. P. Hostetler y B. H. Edwards

Editorial: Mc Graw Hill

Tomo: 1

Año edición: sexta edición

Páginas referenciadas: 636



Bibliografía 2:

Título: Cálculo con geometría analítica
Autor/a: Earl W. Swokowski
Editorial: Grupo editorial iberoamericana
Tomo:
Año edición: 1989
Páginas referenciadas: 544

AUTOR/A DE LA PREGUNTA:

COMENTARIOS:

El enunciado pide calcular la suma de una serie geométrica sencilla:

$$3^{-1} + 3^{-3} + 3^{-5} + \dots = \sum_{n=0}^{\infty} 3^{-(2n+1)} = \sum_{n=0}^{\infty} \left(\frac{1}{3}\right)^{2n+1} = \frac{1}{3} \sum_{n=0}^{\infty} \left(\frac{1}{9}\right)^n = \frac{1}{3} \cdot \frac{1}{1 - \frac{1}{9}} = \frac{3}{8}$$



FORMULARIO PREGUNTAS DE EXAMEN DEL AÑO 2025-26

N.º de pregunta en el examen:

191

Respuesta correcta:

4

Enunciado de la pregunta:

¿Cuál es la transformada de Laplace del coseno hiperbólico de t?:

Respuesta 1 $\frac{1}{s^2+1}$.

Respuesta 2 $\frac{s}{s^2+1}$.

Respuesta 3 $\frac{1}{s^2-1}$.

Respuesta 4 $\frac{s}{s^2-1}$.

Bibliografía 1:

Título: Ingeniería de control moderna

Autor/a: Katsuhiko Ogata

Editorial: Pearson

Tomo:

Año edición: 1998

Páginas referenciadas: 22



Bibliografía 2:

Título: Control Engineering
Autor/a: László Keviczky, Ruth Bars, Jenó Hetthesy y Csilla Bányaasz
Editorial: Springer
Tomo:
Año edición: 2019
Páginas referenciadas: 57-58

AUTOR/A DE LA PREGUNTA:

COMENTARIOS:

Esta transformada es inmediata si expresamos el coseno hiperbólico en su forma exponencial:

$$\mathcal{L}\{\cosh(t)\} = \mathcal{L}\left\{\frac{e^t + e^{-t}}{2}\right\} = \frac{1}{2}[\mathcal{L}\{e^t\} + \mathcal{L}\{e^{-t}\}] = \frac{1}{2}\left[\frac{1}{s-1} + \frac{1}{s+1}\right] = \frac{1}{2}\left[\frac{s+1+s-1}{(s-1)(s+1)}\right] = \frac{s}{s^2-1}$$



FORMULARIO PREGUNTAS DE EXAMEN DEL AÑO 2025-26

N.º de pregunta en el examen:

192

Respuesta correcta:

4

Enunciado de la pregunta:

¿Cuál es el resultado de aplicar la operación lógica XOR entre los siguientes números 10011001 y 10110110 ?:

Respuesta 1 10010000.

Respuesta 2 10111111.

Respuesta 3 01101111.

Respuesta 4 00101111.

Bibliografía 1:

Título: Fundamentos de sistemas digitales

Autor/a: THOMAS L. FLOYD

Editorial Pearson

Tomo:

Año edición: 2006

Páginas referenciadas: 151,152



Bibliografía 2:

Título:
Autor/a:
Editorial
Tomo:
Año edición:
Páginas referenciadas:

AUTOR/A DE LA PREGUNTA:



FORMULARIO PREGUNTAS DE EXAMEN DEL AÑO 2025-26

N.º de pregunta en el examen:

193

Respuesta correcta:

1

Enunciado de la pregunta:

¿Cuál es la frecuencia de Nyquist de un sistema de imagen digital cuyo tamaño de píxel es 100μm?:

Respuesta 1 5px/mm.

Respuesta 2 10px/mm.

Respuesta 3 20px/mm.

Respuesta 4 2.5px/mm.

La frecuencia de Nyquist (FN) se calcula como el inverso del doble del tamaño de pixel

$$F_N = \frac{1}{2 * 100\mu m} = 0.005\mu m^{-1} = 5mm^{-1} = 5pl/mm$$



Este concepto de matriz está ligado evidentemente con el muestreo espacial. El tamaño de una celda, que es la porción de cristal de centelleo que le corresponde, no es más que el periodo de muestreo espacial (Δr) que se emplea en la digitalización de las coordenadas de los impulsos. Según el teorema del muestreo, la frecuencia espacial máxima (o de Nyquist) que se puede recuperar del objeto, si ha sido muestreado o digitalizado con un intervalo de digitalización Δr , es:

$$v_{\max} \leq \frac{1}{(2 \cdot \Delta r)} \quad (1)$$

lo que significa que cuanto menor sea Δr mejor se reproducirá el objeto ya que menos frecuencias altas se pierden. De ello se concluye que la resolución espacial de la imagen detectada depende directamente de la dimensión de la matriz empleada puesto que Δr se obtiene, por cociente de las dimensiones del campo por la dimensión de la matriz. Para que esta digitalización sea coherente con la resolución de la gammacámara, se considera que para que no haya submuestreo, el tamaño de pixel Δr ha de cumplir el criterio:

$$\Delta r \leq \frac{\text{FWHM}}{3} \quad (2)$$

siendo FWHM (ACMA) el parámetro que indica la resolución espacial de la gammacámara, esto es, la mínima distancia a la que pueden estar 2 puntos para detectarlos como separados. Esta expresión nos indica que, para que no se pierda información en la digitalización, se deben tomar por lo menos 3 muestras cada FWHM mm. Y viceversa, si se digitaliza con Δr , sólo se podrán visualizar como separados puntos que en el objeto (paciente) están separados más de $3 \cdot \Delta r$.

Este razonamiento, que se aplica estrictamente en imágenes sin ruido debe relajarse en las imágenes con ruido, que es el caso de las imágenes de Medicina nuclear. Tal como se ha indicado, cada celda actúa como un contador de detecciones y por lo tanto su contenido " n " está sujeto a una indeterminación igual a \sqrt{n} . Esta indeterminación o incertidumbre hace que el número de cuentas registrado oscile alrededor de un valor. Estas fluctuaciones constituyen el ruido que en las imágenes se traduce en ligeras variaciones del color de los pixeles (moteado) como se observa en la figura 4. La relación entre la señal y el ruido (SNR) viene dada por:

$$\text{SNR} = \frac{n}{\sqrt{n}} = \sqrt{n} \quad (3)$$

[222]

Bibliografía 1:

Título:FUNDAMENTOS FISICA MEDICA. MEDICINA NUCLEAR

Autor/a:ANTONIO BROSED

Editorial: ADI SERVICIOS EDITORIALES

Tomo:VOL 6

Año edición:2014

Páginas referenciadas:222



Bibliografía 2:

Título:CONCEPTOS BASICOS DE PROCESAMIENTO DIGITAL DE SEÑALES
Autor/a:LARRY HIPOLITO ESCOBAR
Editorial: FACULTAD DE INGENIERIA UNAM
Tomo:I
Año edición:2008
Páginas referenciadas:15

AUTOR/A DE LA PREGUNTA:



FORMULARIO PREGUNTAS DE EXAMEN DEL AÑO 2025-26

N.º de pregunta en el examen:

194

Respuesta correcta:

3

Enunciado de la pregunta:

¿Qué base de numeración es necesaria como mínimo para representar el número decimal 143 con sólo dos dígitos?

Respuesta 1

4.

Respuesta 2

8.

Respuesta 3

12.

Respuesta 4

16.

Bibliografía 1:

Título: Introducción al diseño lógico digital

Autor/a: John P. Hayes

Editorial: Addison-Wesley Iberoamericana

Tomo:

Año edición: 1996

Páginas referenciadas: 60



Bibliografía 2:

Título: Diseño Digital
Autor/a: Alan B. Marcovitz
Editorial: McGraw-Hill
Tomo:
Año edición: 2005
Páginas referenciadas: 3

AUTOR/A DE LA PREGUNTA:

COMENTARIOS:

El mayor número de dos cifras que puede representarse en un sistema de numeración de base B es, por definición:

$$(B - 1)B + (B - 1)$$

La pregunta pide entonces que se determine el valor de B tal que:

$$(B - 1)B + (B - 1) \geq 143$$

O, lo que es lo mismo:

$$B^2 \geq 144 \rightarrow B \geq 12$$

Así que como mínimo necesitamos una base 12.



FORMULARIO PREGUNTAS DE EXAMEN DEL AÑO 2025-26

N.º de pregunta en el examen:

195

Respuesta correcta:

3

Enunciado de la pregunta:

¿En qué frecuencia se encuentra el máximo del espectro en frecuencia de la radiación de fondo del universo?:

Respuesta 1 1.60 GHz.

Respuesta 2 16.0 GHz.

Respuesta 3 160 GHz.

Respuesta 4 1600 GHz.

Bibliografía 1:

Título: Physics for scientists and engineers

Autor/a: R.A: Serway, J.W. Jewett

Editorial CENGAGE Learning

Tomo:

Año edición: 2006

Páginas referenciadas: 1471



Bibliografía 2:

Título: The cosmic microwave background: the history of its experimental investigation and its significance for cosmology

Autor/a: Ruth Durrer

Editorial IOP Publishing, Class. Quantum Grav. 32 (2015) 124007 (37pp)

Tomo:

Año edición:

Páginas referenciadas:

Bibliografía 3:

Título:

https://en.wikipedia.org/wiki/Wien%27s_displacement_law

https://en.wikipedia.org/wiki/Cosmic_microwave_background

Autor/a:

Editorial

Tomo:

Año edición:

Páginas referenciadas:

AUTOR/A DE LA PREGUNTA:

Comentario: Puede conocerse el valor o calcularlo con la ley de Wien parametrizada a partir del espectro en frecuencia usando la temperatura de fondo $T = 2'725\text{K}$, se obtiene $f = 2'725\text{K} \times 58'79\text{GHz.K}^{-1} = 160.2\text{GHz}$. Observar que se pide el máximo del espectro en frecuencia y no del espectro en longitud de onda, hay que usar la parametrización en frecuencia y no en longitud de onda. El espectro en longitud de onda tiene el máximo en $\lambda = 2'898\text{mm.K}/2'725 = 1.063\text{mm}$ (correspondiente a $f = c/\lambda = 300/1.063 = 282\text{GHz}$).



FORMULARIO PREGUNTAS DE EXAMEN DEL AÑO 2025-26

N.º de pregunta en el examen:

196

Respuesta correcta:

1

Enunciado de la pregunta:

En ecocardiografía es frecuente usar la “ley de Hatle”, $\Delta P = 4V_{max}^2$, para calcular el gradiente de presiones transvalvular ΔP (en mmHg) a partir de la medida (por ecografía Doppler) de la velocidad de la sangre (en m/s) a través de una válvula cardiaca. Indique con qué ecuación de la mecánica de fluidos está relacionada esta ley:

Respuesta 1	Ecuación de Bernoulli.
Respuesta 2	Ecuación de Stokes.
Respuesta 3	Ecuación de Laplace.
Respuesta 4	Ecuación de Poiseuille.

Bibliografía 1:

Título: Física Teórica - Mecánica de fluidos.
Autor/a: L.D. Landau & E.M. Lifshitz
Editorial: Editorial Reverté, Barcelona
Tomo: 6
Año edición: 1991
Páginas referenciadas: 11-12



Bibliografía 2:

Título: Manual de Ecocardiografía
Autor/a: M.A. García Fernández, J.L. Zamorano & J.A. García Robles
Editorial: EDIMED, S.L., Madrid
Tomo: -
Año edición: 2000
Páginas referenciadas: 11-12

AUTOR/A DE LA PREGUNTA:



FORMULARIO PREGUNTAS DE EXAMEN DEL AÑO 2025-26

N.º de pregunta en el examen:

197

Respuesta correcta:

1

Enunciado de la pregunta:

¿Cómo se le llama a la distancia mínima que puede soportar un objeto orbitando un cuerpo masivo sin comenzar a desintegrarse por las fuerzas de marea?

Respuesta 1 Límite de Roche.

Respuesta 2 Radio de Schwarzschild.

Respuesta 3 Límite de marea.

Respuesta 4 Esfera Payne-Gaposchkin.

Bibliografía 1:

Título: An introduction to Celestial Mechanics

Autor/a: Richard Fitzpatrick

Editorial: Cambridge University Press

Tomo:

Año edición: 2012

Páginas referenciadas: 82 y 83

Comentarios:



FORMULARIO PREGUNTAS DE EXAMEN DEL AÑO 2025-26

N.º de pregunta en el examen:

198

Respuesta correcta:

3

Enunciado de la pregunta:

Un amplificador operacional tiene una ganancia de 100.000 V/V y un ancho de banda de 5 Hz en lazo abierto. ¿Cuál es el ancho de banda esperado en una configuración no inversora de ganancia 100 V/V si la respuesta en frecuencia del amplificador tiene un polo dominante?

Respuesta 1 5 Hz.

Respuesta 2 1 kHz.

Respuesta 3 5 kHz.

Respuesta 4 1 MHz.

Bibliografía 1:

Título: Electrónica

Autor/a: Allan R. Hambley

Editorial: Prentice Hall

Tomo:

Año edición: 2001

Páginas referenciadas: 621



Bibliografía 2:

Título: Circuitos Electrónicos
Autor/a: Norbert R. Malik
Editorial: Prentice Hall
Tomo:
Año edición: 1996
Páginas referenciadas: 650

AUTOR/A DE LA PREGUNTA:

COMENTARIOS:

Si la respuesta en frecuencia del amplificador tiene un polo dominante sabemos que el producto Ganancia x Ancho de Banda es constante. Así pues:

$$100.000 \text{ V/V} \times 5 \text{ Hz} = 100 \text{ V/V} \times \text{BW}_{\text{cni}}$$

De modo que el ancho de banda en configuración no inversora será:

$$\text{BW}_{\text{cni}} = 100.000 \text{ V/V} \times 5 \text{ Hz} / 100 \text{ V/V} = 5 \text{ kHz}$$



FORMULARIO PREGUNTAS DE EXAMEN DEL AÑO 2025-26

N.º de pregunta en el examen:

199

Respuesta correcta:

4

Enunciado de la pregunta:

Un biestable JK tiene sus entradas y salidas activas a nivel lógico alto. Si sus entradas se cortocircuitan a tierra, la salida de este biestable:

Respuesta 1	Se fija a nivel lógico bajo.
Respuesta 2	Se fija a nivel lógico alto.
Respuesta 3	Bascula entre los niveles lógicos bajo y alto.
Respuesta 4	Se mantiene en el nivel lógico inicial.

Bibliografía 1:

Título: Fundamentos de Sistemas Digitales
Autor/a: Thomas L. Floyd
Editorial: Prentice Hall
Tomo:
Año edición: 2006
Páginas referenciadas: 427



Bibliografía 2:

Título: Fundamentos de Electrónica Digital

Autor/a: Cecilio Blanco Viejo

Editorial: Thomson

Tomo:

Año edición: 2005

Páginas referenciadas: 201-202

AUTOR/A DE LA PREGUNTA:



FORMULARIO PREGUNTAS DE EXAMEN DEL AÑO 2025-26

N.º de pregunta en el examen:

200

Respuesta correcta:

1

Enunciado de la pregunta:

En materiales cristalinos, la reducción en el poder de frenado de partículas cargadas que viajan paralelas a los planos cristalinos se conoce como efecto de:

Respuesta 1	Channeling.
Respuesta 2	Lattice resonance.
Respuesta 3	Axial focusing.
Respuesta 4	Parallel tunneling.

Bibliografía 1:

Título: Física nuclear y de partículas (ISBN: 978-84-370-9771-8)

Autor/a: Antonio Ferrer Soria

Editorial: Publicaciones de la Universidad de Valencia

Tomo: -

Año edición: 2015 (3ª edición)

Páginas referenciadas: 307-308



Bibliografía 2:

Título: Radiation detection and measurement (ISBN: 978-0-470-13148-0)

Autor/a: Glenn F. Knoll

Editorial: Wiley

Tomo: -

Año edición: 2010 (4th edition)

Páginas referenciadas: 397

AUTOR/A DE LA PREGUNTA:



FORMULARIO PREGUNTAS DE EXAMEN DEL AÑO 2025-26

N.º de pregunta en el examen:

201

Respuesta correcta:

2

Enunciado de la pregunta:

Considerando el aire como un gas ideal y sabiendo que la densidad del aire a 0 °C y 101,325 kPa tienen un valor de 1,293 kg/m³ obtener la densidad del aire a una temperatura de 15º C y 89,3 kPa:

Respuesta 1 0 ,00 kg/m³.

Respuesta 2 1,08 kg/m³.

Respuesta 3 1,20 kg/m³.

Respuesta 4 1,23 kg/m³.

Bibliografía 1:

Título: Radiation physics for Medical Physics

Autor/a: Ervin B. Podgorsak

Editorial: Springer

Tomo: 1

Año edición: 2016

Páginas referenciadas: 727

**Bibliografía 2:**

Título:
Autor/a:
Editorial
Tomo:
Año edición:
Páginas referenciadas:

AUTOR/A DE LA PREGUNTA:

2. Air mass m_{air} of (16.77) is determined from the known cavity volume \mathcal{V}_{cav} and ambient air density $\rho_{\text{air}}(T, p)$ at the time of measurement. Considering air as an ideal gas, the density $\rho_{\text{air}}(T, p)$ at an arbitrary $T(^{\circ}\text{C})$ temperature and pressure $p(\text{kPa})$ is given by the following relationship, normalized to air density $\rho_{\text{STP}} = 1.293 \text{ kg/m}^3$ at STP (standard temperature $T_s = 0 ^{\circ}\text{C} = 273.16 \text{ K}$ and standard pressure $p_s = 101.325 \text{ kPa}$)

$$\rho_{\text{air}}(T, p) = \rho_{\text{STP}} \times \frac{273.16 \text{ K}}{T(\text{K})} \times \frac{p (\text{kPa})}{101.325 \text{ kPa}}, \quad (16.79)$$

Comentarios.

$$\frac{\rho(15^{\circ}\text{C}; 89,3 \text{kPa})}{\rho(0^{\circ}\text{C}, 101,325 \text{kPa})} = \frac{273,16 \text{K}}{288,16 \text{K}} \frac{89,3 \text{kPa}}{101,325 \text{kPa}} = 0,8354$$

$$\rho(15^{\circ}\text{C}; 89,3 \text{kPa}) = 1,080 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3}$$



FORMULARIO PREGUNTAS DE EXAMEN DEL AÑO 2025-26

N.º de pregunta en el examen:

202

Respuesta correcta:

1

Enunciado de la pregunta:

Un condensador se carga inicialmente a un potencial de 12V. Luego se conecta a una resistencia para su descarga. Transcurrido un tiempo de 4 s, el potencial en el condensador es de 3V. ¿Cuál es la constante de tiempo del circuito?

Respuesta 1 2.88 s

Respuesta 2 500 s

Respuesta 3 0.02 s

Respuesta 4 25.7 s

Bibliografía 1:

Título: Física General

Autor/a: Santiago Burbano de Ercilla, Enrique Burbano García, Carlos Gracia Muñoz

Editorial: Tébar

Tomo: 1

Año edición: 2003

Páginas referenciadas: 454-455



Bibliografía 2:

Título:
Autor/a:
Editorial
Tomo:
Año edición:
Páginas referenciadas:

AUTOR/A DE LA PREGUNTA:

COMENTARIOS:

Ecuación descarga del condensador: $q(t) = q(0)e^{-t/\tau} \Rightarrow V(t) = V(0)e^{-t/\tau}$
 $q(t) = V(t)C$

Datos: $V(0) = 12V$ $t = 4s$ $V(4s) = 3V$

Resolución: $V(4) = V(0)e^{-4s/\tau}$

$$3V = 12Ve^{-4s/\tau}$$

$$\frac{3V}{12V} = 0.25 = e^{-4s/\tau}$$

$$\ln(0.25) = \ln(e^{-4s/\tau})$$

$$\ln(0.25) = \frac{-4s}{\tau} \implies \tau = \frac{-4s}{\ln(0.25)} = 2.88s$$

La copia de las páginas del libro que se muestran a continuación son las indicadas como Bibliografía 1



FORMULARIO PREGUNTAS DE EXAMEN DEL AÑO 2025-26

N.º de pregunta en el examen:

203

Respuesta correcta:

3

Enunciado de la pregunta:

Calcular la velocidad cuadrática media de una molécula de nitrógeno ($M = 28 \text{ gr/mol}$) en el aire a 0°C

Respuesta 1 0,45 km/s.

Respuesta 2 0,46 km/s.

Respuesta 3 0,49 km/s.

Respuesta 4 0,53 km/s.

Bibliografía 1:

Título: Física General

Autor/a: Frederick J. Bueche

Editorial: McGraw-Hill

Tomo:

Año edición: 2001

Páginas referenciadas: 237

N.º de pregunta en el examen:

204

Respuesta correcta:

2

Enunciado de la pregunta:

Un electrón se mueve en una trayectoria circular de 1 cm de radio debido a la acción de un campo magnético uniforme de 1 mT. ¿Cuál es su velocidad? ($e=1.6\times10^{-19}$, $m=9.1\times10^{-31}$ kg):

Respuesta 1	1.76 m/(ms).
Respuesta 2	1.76 m/(μs).
Respuesta 3	1.76 m/s.
Respuesta 4	1.76 km/s.

Bibliografía 1:

Título: Física para la ciencia y la tecnología

Autor/a: Paul A Tipler y Gene Mosca

Editorial: Reverté

Tomo: vol. 2

Año edición: 2005

N.º de pregunta en el examen:

205

Respuesta correcta:

3

Enunciado de la pregunta:

¿Cuál es la frecuencia de la radiación electromagnética mínima para arrancar electrones de un metal cuya función trabajo es de 10 electrón-voltios?($h=6.63\times10^{-34}$ Js):

Respuesta 1 2.4×10^6 Hz.

Respuesta 2 2.4×10^{13} Hz.

Respuesta 3 2.4×10^{15} Hz.

Respuesta 4 2.4×10^{17} Hz.

Bibliografía 1:

Título: Física para la ciencia y la tecnología

Autor/a: Paul A Tipler y Gene Mosca



FORMULARIO PREGUNTAS DE EXAMEN DEL AÑO 2025-26

N.º de pregunta en el examen:

206

Respuesta correcta:

1

Enunciado de la pregunta:

Una máquina de Carnot opera entre dos focos térmicos, donde el foco frío se encuentra a una temperatura de 10 °C y el foco caliente a 80 °C. ¿Cuál es el valor de la eficiencia de esta máquina?:

Respuesta 1 0,2.

Respuesta 2 0,36.

Respuesta 3 0,88.

Respuesta 4 0,98.

Bibliografía 1:

Título: Física universitaria

Autor/a: Hugh D. Young y Roger A. Freedman

Editorial: Pearson

Tomo: 1

Año edición: 12^a edición. 2009

Páginas referenciadas: 686



Bibliografía 2:

Título: Física para la ciencia y tecnología
Autor/a: Paul Allen Tipler y Gene Mosca
Editorial Reverté
Tomo: 1
Año edición: 5 ^a edición. 2003
Páginas referenciadas: 562

AUTOR/A DE LA PREGUNTA:



Comentarios:

Para resolver el enunciado se tiene que utilizar la eficiencia del motor de Carnot:

$$e_{Carnot} = 1 - \frac{T_C}{T_H}$$

Las temperaturas del enunciado hay que pasarlas a temperatura absoluta (Kelvin):

$$\begin{aligned} T_C &= 10 + 273,15 = 283,15 \text{ K} \\ T_H &= 80 + 273,15 = 353,15 \text{ K} \end{aligned}$$

Aplicando la fórmula:

$$e_{Carnot} = 1 - \frac{283,15 \text{ K}}{353,15 \text{ K}} = 0,20$$

La **Respuesta 1** es la correcta.



FORMULARIO PREGUNTAS DE EXAMEN DEL AÑO 2025-26

N.º de pregunta en el examen:

207

Respuesta correcta:

1

Enunciado de la pregunta:

Calcular el valor de a para que $f(x)$ sea una función de densidad de probabilidad:

$$f(x) = \begin{cases} ax^3, & \text{para } 0 < x < 2 \\ 0, & \text{resto} \end{cases}$$

Respuesta 1	1/4.
Respuesta 2	1/2.
Respuesta 3	2.
Respuesta 4	4.

Bibliografía 1:

Título: Probability and statistics for computer science (ISBN 978-3-319-64409-7)
Autor/a: David Forsyth
Editorial: Springer
Tomo: 1
Año edición: 2018
Páginas referenciadas: 92



Bibliografía 2:

Título: Estadística Básica para Estudiantes de Ciencias (ISBN 978-84-691-8981-8)
Autor/a: Javier Gorgas, Nicolas Cardiel, Jaime Zamorano
Editorial: Universidad Complutense de Madrid
Tomo: 1
Año edición: 2012
Páginas referenciadas: 66

AUTOR/A DE LA PREGUNTA:

COMENTARIOS:

$$\int_0^2 ax^3 dx = 1$$
$$\int_0^2 ax^3 dx = \left[\frac{a}{4} x^4 \right]_0^2 = \frac{16}{4} a = 4a = 1 \rightarrow a = 1/4 .$$



FORMULARIO PREGUNTAS DE EXAMEN DEL AÑO 2025-26

N.º de pregunta en el examen:

208

Respuesta correcta:

1

Enunciado de la pregunta:

¿Cuántas salidas tiene un multiplexor con 4 entradas de selección de datos?

Respuesta 1	1.
Respuesta 2	2.
Respuesta 3	4.
Respuesta 4	16.

Bibliografía 1:

Título: Fundamentos de Sistemas Digitales

Autor/a: Thomas L. Floyd

Editorial: Prentice Hall

Tomo:

Año edición: 2006

Páginas referenciadas: 368



Bibliografía 2:

Título: Fundamentos de Electrónica Digital
Autor/a: Cecilio Blanco Viejo
Editorial: Thomson
Tomo:
Año edición: 2005
Páginas referenciadas: 150-152

AUTOR/A DE LA PREGUNTA:

COMENTARIOS:

Un multiplexor siempre tiene una única salida, independientemente del número de entradas de selección de datos. El número de entradas de datos sí depende del número de entradas de selección.



FORMULARIO PREGUNTAS DE EXAMEN DEL AÑO 2025-26

N.º de pregunta en el examen:

209

Respuesta correcta:

2

Enunciado de la pregunta:

¿Cuál es el equivalente hexadecimal del número octal 1111?

Respuesta 1	F.
Respuesta 2	249.
Respuesta 3	585.
Respuesta 4	1111.

Bibliografía 1:

Título: Fundamentos de Sistemas Digitales
Autor/a: Thomas L. Floyd
Editorial: Prentice Hall
Tomo:
Año edición: 2000
Páginas referenciadas: 84 y 90



Bibliografía 2:

Título: Diseño Digital
Autor/a: Alan B. Marcovitz
Editorial: McGraw-Hill
Tomo:
Año edición: 2005
Páginas referenciadas: 7

AUTOR/A DE LA PREGUNTA:

COMENTARIOS:

El número 1111 en octal puede representarse directamente en binario como 001 001 001 001, y este número binario puede representarse directamente en hexadecimal agrupando los bits en grupos de 4:

0010 0100 1001

O lo que es lo mismo: 249 en hexadecimal.

También podría resolverse este ejercicio pasando el número octal a decimal como un desarrollo en serie de potencias de 8 (585) y de ahí a hexadecimal mediante divisiones sucesivas por la base 16.



FORMULARIO PREGUNTAS DE EXAMEN DEL AÑO 2025-26

N.º de pregunta en el examen:

210

Respuesta correcta:

1

Enunciado de la pregunta:

**Sean B_1 la base canónica en \mathbb{R}^2 y $B_2 = \{v_1, v_2\}$, con $v_1 = (1,3)$ y $v_2 = (-1,2)$.
Determina las coordenadas de $u_{B_1} = (3,-4)$ en la base B_2 :**

Respuesta 1 (2/5,-13/5).

Respuesta 2 (4/5,1/5).

Respuesta 3 (1/5,3/5).

Respuesta 4 (-2/5,4/5).

Bibliografía 1:

Título: Álgebra lineal

Autor/a: Stanley I. Grossman, José J. Flores Godoy

Editorial: McGraw-Hill

Tomo: -

Año edición: 2012

Páginas referenciadas: 362-363



Bibliografía 2:

Título:
Autor/a:
Editorial
Tomo:
Año edición:
Páginas referenciadas:

AUTOR/A DE LA PREGUNTA: