

# IV Olimpiada Interregional de Física

## Regiones de Biobío y Ñuble

Prueba experimental

IV Medio

Duración total: 120 minutos

### Instrucciones

- Al entrar al laboratorio, apague su celular y manténgalo así durante todo el desarrollo de la prueba.
- El uso de calculadoras está permitido si lo considera necesario.
- La prueba experimental consta de 3 situaciones a resolver.
- La prueba experimental es de carácter **grupal**, por ello es indispensable que adopte una actitud proactiva y se integre a cabalidad en el trabajo del grupo, aportando así lo que más pueda en favor del grupo.
- Antes de iniciar el trabajo conjunto, en cada situación es preciso que aborden la pregunta *¿Qué es lo que se les pide hacer?*. Para ello, es preciso aclarar en su totalidad qué van a hacer antes de ponerse a trabajar.
- Tenga en cuenta que cada actividad tiene en su encabezado el tiempo máximo que tendrán para solucionarla. Los monitores de sala les anunciarán el término de cada actividad y la necesidad de cambiar a la siguiente de inmediato.
- No está permitido interactuar con otros grupos de trabajo, solo con sus compañeros y compañeras de grupo.
- Todas las respuestas deben ser entregadas en el cuadernillo de respuestas en el espacio dedicado a cada ítem. No se corregirá nada que venga fuera de dichos espacios.
- Para facilitar la corrección traten de ser lo más ordenados posible, además les pedimos emplear una letra que sea legible y sus respuestas deben venir con lápiz pasta azul o negro, por ningún motivo con lápiz grafito.
- Como los espacios dejados para sus respuestas tienen un tamaño acotado, sugerimos que redacten primero su respuesta como grupo en una hoja aparte, para luego transcribirlas en la hoja de respuesta.
- No olviden llenar sus datos en los espacios indicados en la hoja de respuestas.

# Situación 1. Determinación del tamaño del átomo de carbono.

## Duración: 60 minutos

Las moléculas y los átomos son tan pequeños que no podemos verlos ni con el mejor de los microscopios. Para poder medir su tamaño será preciso echar mano a métodos indirectos.

Desde hace ya muchos años, los químicos disponían de evidencia circunstancial que apuntaba a la existencia de moléculas, sin que con sus trabajos se pudiera satisfacer una curiosidad tan primaria como conocer su tamaño. Más o menos a comienzos del siglo XX Lord Rayleigh, al observar cómo se extiende una gota de aceite colocada en la superficie del agua, tuvo una brillante idea que de ser efectiva le permitiría determinar tamaños moleculares. Su hipótesis consistió en presumir que *si se coloca una gota de aceite sobre el agua, esta se extiende hasta constituir una capa molecular*, es decir, una capa cuyo grosor es del tamaño de una molécula.

Como se sabe, una hipótesis en ciencias es una suposición que puede resultar verdadera o falsa, de modo que si queremos determinar el tamaño de las moléculas de aceite será necesario realizar un experimento para poner a prueba la hipótesis de Rayleigh primero que nada.

Para preparar el crucial experimento es necesario disponer de una cubeta con agua. La superficie del agua la cubriremos con una delgada capa de talco con el objeto de visualizar la mancha de aceite. Al expandirse el aceite, este barrerá el talco hasta donde se expanda.

En la figura 1 se observa el montaje listo para hacer el experimento y el resultado de colocar una gotita de aceite en el centro de la cubeta.

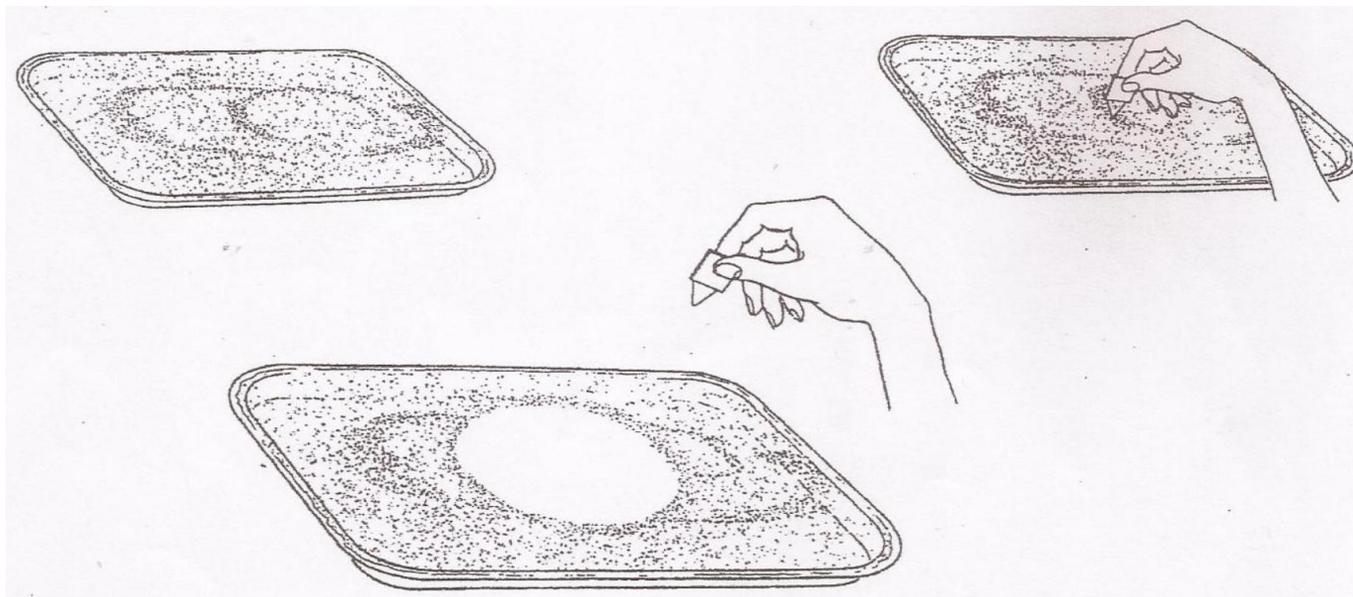


Figura 1: De izquierda a derecha y arriba a abajo: Montaje experimental. Aplicación de una gota de aceite. Resultado de la aplicación.

1.1) EL hecho que la mancha de aceite no se extienda indefinidamente, como se muestra en la figura ¿Apoya o contradice la hipótesis de Rayleigh? Justifique su respuesta.

Un alumno, para probar la hipótesis de Rayleigh, realizó el siguiente experimento. Colocó una gotita de aceite sobre el agua, esperó hasta que terminara de expandirse, midió el radio y determinó el área correspondiente; acto seguido colocó una segunda gota, esperó, volvió a medir el nuevo radio y determinó la nueva área de la mancha. Nuevamente, colocó una tercera gota y realizó el mismo procedimiento anterior. Los datos los llevó luego a un gráfico como el de la figura 2.

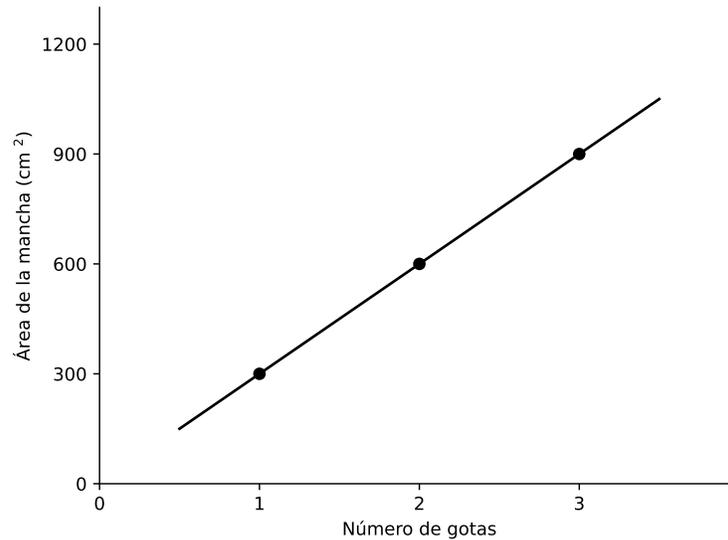


Figura 2: Gráfico realizado por un estudiante.

1.2) ¿Consideran que los resultados son convincentes para apoyar o rechazar la hipótesis? Fundamenten su respuesta.

Ahora que la hipótesis de Rayleigh parece ser verdadera, es posible entonces poder llegar a determinar el espesor de la molécula de aceite, para lo cual un alumno encontró que al colocar en medio de una cubeta con agua y recubierta con talco una gotita de aceite de  $d = 0,5$  mm de diámetro, esta se expandió hasta dejar una mancha circular de diámetro  $D = 20$  cm. Esta situación se expresa en la figura 3

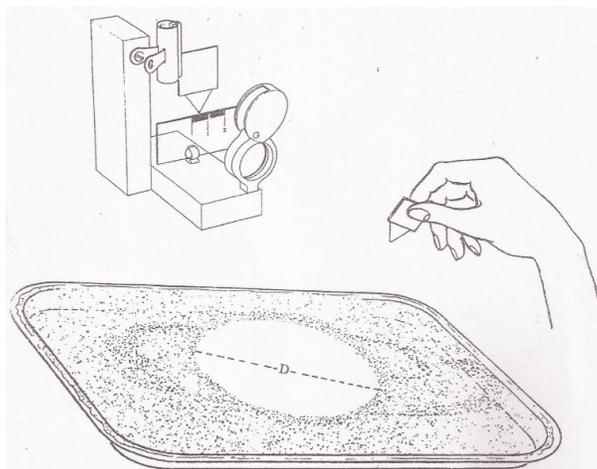
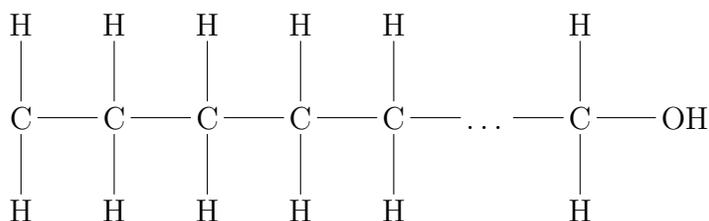


Figura 3: Aplicación de una gota de aceite sobre un volumen de agua con talco en su superficie.

- 1.3) A partir de esta información, determinen el espesor  $h$  de la capa de aceite, es decir, el tamaño de la molécula de aceite si
- Suponemos que la gotita es una esfera ( $V = \frac{4\pi}{3}(\frac{d}{2})^3$ ) y el área un círculo ( $A = \pi(\frac{D}{2})^2$ ). Considere para todos los efectos que  $\pi = 3,14$ .
  - Suponemos que la gotita se puede aproximar a un cubo de lado  $d$ , siendo entonces su volumen  $V = d^3$  y que la mancha se puede aproximar a un cuadrado de lado  $D$ , con área  $A = D^2$ .
- 1.4) ¿En cuánto difiere el espesor calculado para  $h$  de la molécula de aceite al hacer las consideraciones I. y II.?
- 1.5) ¿Qué seguridad tienen que los valores calculados en 1.3.I y 1.3.II corresponden al espesor del tamaño de la molécula de aceite? Justifiquen.

Nuestros amigos los químicos nos cuentan que la familia de los aceites (ácidos grasos) están constituidos por una familia de moléculas alargadas de estructura similar y compuestos por elementos tales como carbono (C), hidrógeno (H) y oxígeno (O). Todas estas cadenas son del tipo



En general, los distintos miembros de la familia de los aceites solo se distinguen entre sí por el número de eslabones del tipo  $\text{H} - \text{C} - \text{H}$  que contienen.

Algo que nos debe interesar especialmente es el extremo que poseen todas las moléculas. Este extremo, por la disposición especial de las cargas eléctricas de sus componentes, es atraído por las moléculas de agua, de modo que un grupo de moléculas de aceite depositadas sobre el agua no se parecen a un montón de fósforos desparramados en el suelo, sino a un grupo de personas paradas y juntas entre sí, similar a la figura 4.

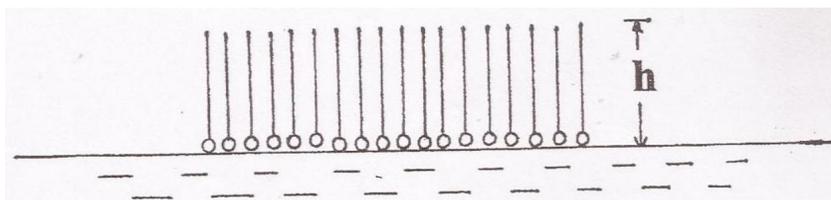


Figura 4: Disposición de las moléculas de aceite en presencia de agua.

Cuando medimos entonces el espesor de la monocapa de aceite, lo que estamos midiendo es el largo de la molécula.

- Si la molécula de aceite con la que trabajaron tiene 12 eslabones (12 átomos de carbono), determinen el tamaño aproximado del átomo de carbono.
- Comparen el valor del tamaño del átomo de carbono que ustedes han determinado en la pregunta anterior con el hallado en la literatura científica de  $2\text{Å}$ , esto es,  $2 \times 10^{-10}$  m.

## Situación 2

### Duración: 30 minutos

En la mesa disponen de un montaje construido sobre un tablón, que tiene en un extremo un par de ganchos y un elástico atado a ellos. El elástico puede estirarse mediante un dinamómetro (véase figura 5).

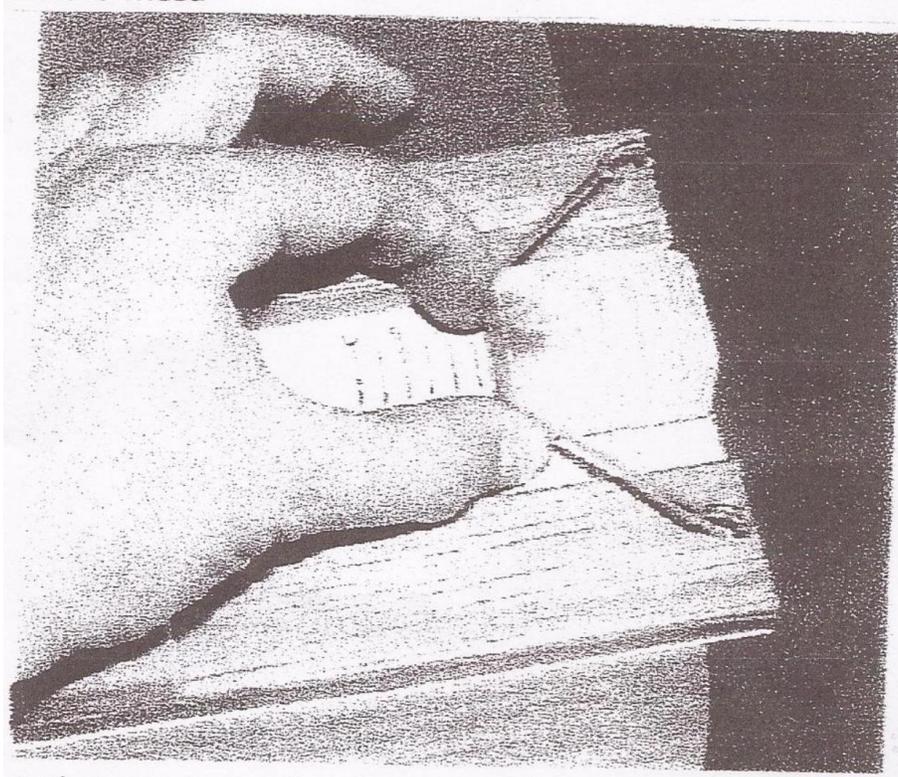


Figura 5: Montaje experimental de la Situación 2.

- 2.1) Inicien su trabajo estudiando cómo depende el estiramiento del elástico en función de la fuerza ejercida sobre él por un dinamómetro (trabajen en el rango de estiramientos comprendido entre 0 y 7 cm). Comuniquen sus resultados mediante una tabla de valores y el gráfico correspondiente.
- 2.2) A partir de los datos obtenidos en el ítem anterior, determinen el trabajo realizado por ustedes para producir un estiramiento determinado. Comuniquen sus resultados mediante una tabla de valores.
- 2.3) Determinen para cada estiramiento el valor de la energía elástica almacenada en el elástico. Comuniquen sus resultados mediante una tabla de valores.
- 2.4) Mediante el dispositivo con el cual ha estado trabajando, planeen un experimento para poder determinar el coeficiente de roce cinético entre un pequeño bloque de madera lanzado por el dispositivo sobre el tablón, hasta que este se detenga.

Empiecen haciendo un planteamiento teórico de la situación planteada a fin de poder determinar qué variables necesitan conocer para obtener el coeficiente pedido.

- 2.5) Analicen el trabajo realizado para determinar el coeficiente de roce cinético e identifiquen cuáles son las principales fuentes de error que afectan a la determinación del coeficiente de roce recién calculado por el grupo.

## Situación 3

### Duración: 30 minutos

En el borde de la mesa tienen un plano inclinado sobre el cual se encuentra un carro pegado al tope inferior del plano. El carro posee en su interior un resorte comprimido, el cual se puede disparar golpeando un pequeño vástago que se encuentra en la parte delantera del carro, mediante un pequeño martillo. **No está permitido hacer ningún cambio en el montaje.**

- 3.1) Su primera tarea consiste en poder observar en forma completa el movimiento del carro tanto en la subida como en la bajada. Si es necesario repetir el procedimiento, háganlo las veces que sea necesario y dejen constancia de sus observaciones.
- 3.2) Hagan un análisis dinámico detallado de la situación tanto del movimiento de subida como de bajada.
- 3.3) Realicen un esbozo conjunto de los gráficos  $y$  vs  $t$ ,  $v$  vs  $t$  y  $a$  vs  $t$  para el movimiento del carro en su movimiento de ida y vuelta, considerando que se trata de un movimiento rectilíneo a lo largo del eje  $y$ , orientado positivamente hacia arriba del plano y con origen en el punto de partida.

# IV Olimpiada Interregional de Física

## Regiones de Biobío y Ñuble

Prueba teórica

IV Medio

Duración total: 120 minutos

Primer Apellido	Segundo Apellido	Nombres	Liceo

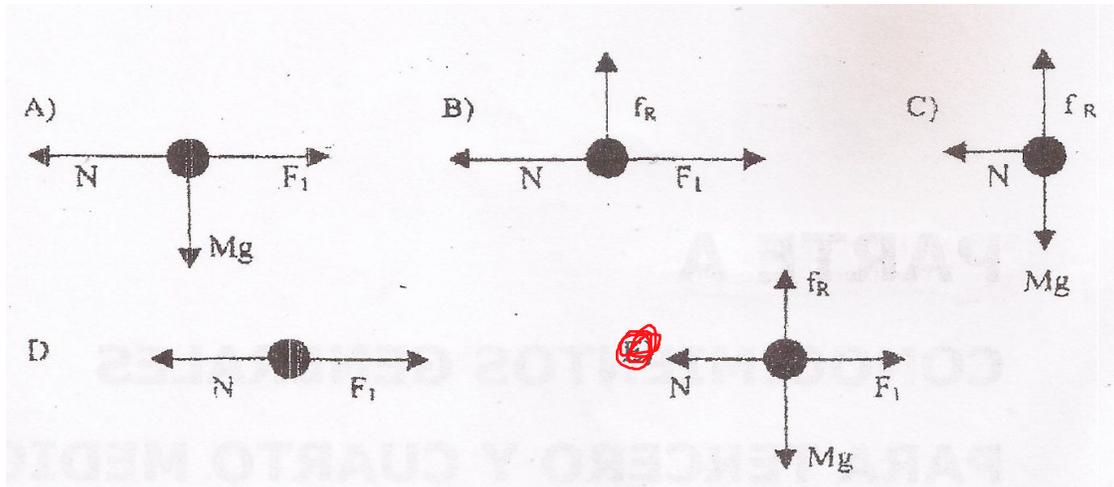
### Instrucciones

- Al entrar a la prueba teórica apague su teléfono celular.
- Puede hacer uso de calculadora si lo considera necesario.
- Para facilitar la corrección trate de ser lo más ordenado posible. Además, le pedimos emplear una letra que sea legible y sus respuestas deben venir con lápiz pasta, por ningún motivo con lápiz grafito.
- Esta prueba posee dos tipos de ejercicios: las *preguntas*, que son de respuesta breve y que se responden en el espacio que haya disponible, ya sea marcando la alternativa, dibujando donde se indica o respondiendo a un lado de la pregunta; y los *problemas*, que se responden en el espacio asignado para cada uno en la página.
- Recuerde dejar claramente establecidos sus razonamientos.

# Preguntas

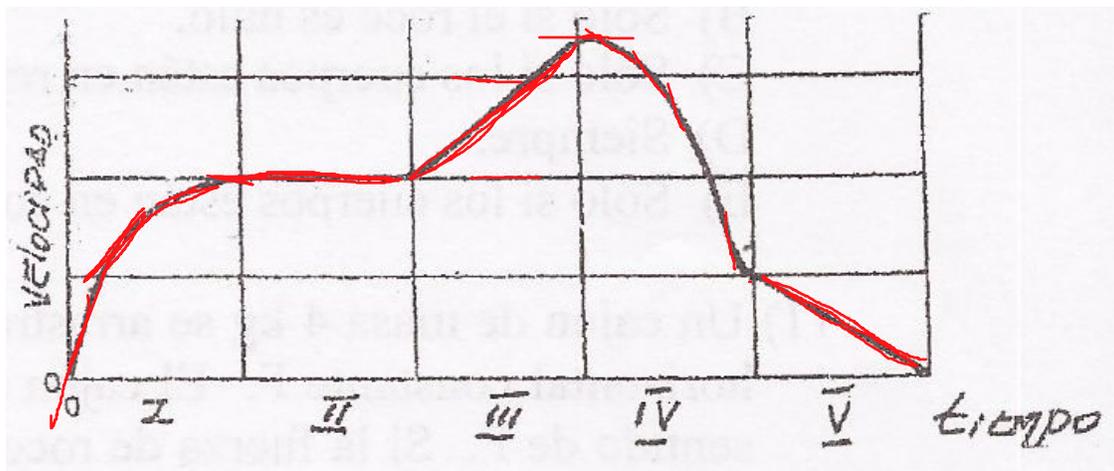
## Pregunta 1

Un bloque de masa  $M$  es comprimido contra una pared por la fuerza  $F_1$  y el bloque queda en reposo. El diagrama de cuerpo libre para  $M$  que mejor representa la situación física es



## Pregunta 2

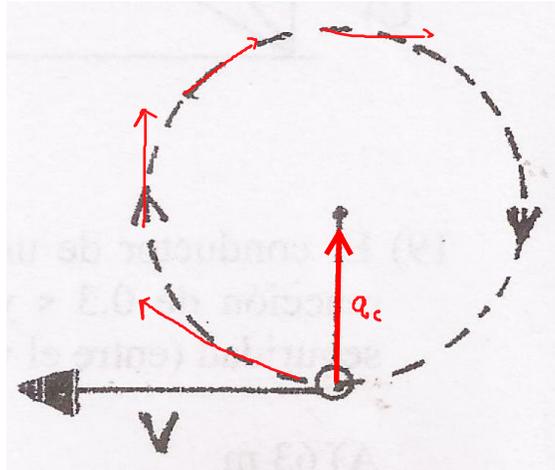
Un objeto se mueve a lo largo de una trayectoria rectilínea. En el gráfico se muestra cómo la velocidad del movimiento de este objeto varía con el tiempo. Varias secciones del gráfico son identificadas con los numerales romanos I, II, III, IV y V.



- ¿En cuál sección del gráfico la fuerza neta actuando sobre el objeto es cero? II
- ¿En cuál sección del gráfico actúa la mayor fuerza constante sobre el objeto? III
- ¿En cuál sección del gráfico actúa sobre el objeto una fuerza que va decreciendo en magnitud? I

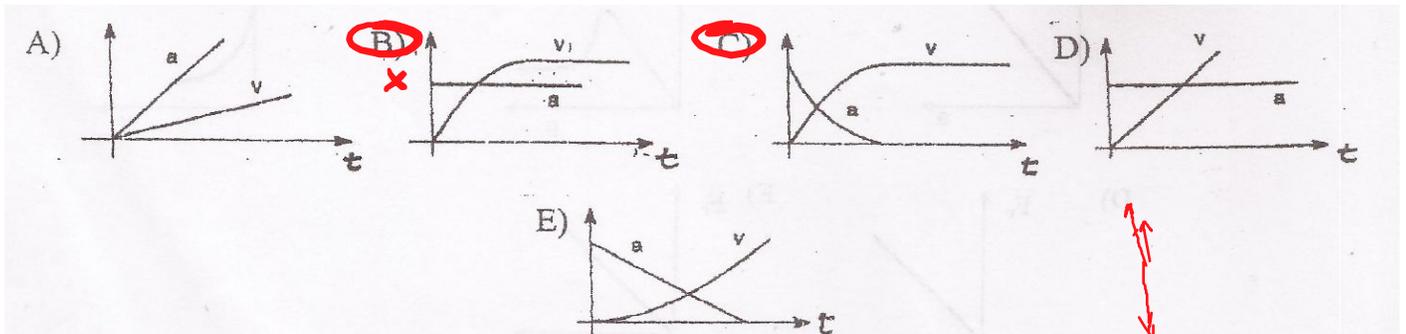
### Pregunta 3

Una esfera viaja a lo largo de una trayectoria circular con rapidez constante, como se muestra en la figura. Dibuje una flecha comenzando en la esfera, que indique la dirección de la aceleración en el momento considerado en la figura.



### Pregunta 4

Una gota de lluvia parte del reposo desde una gran altura y cae verticalmente. Se sabe que sobre ella actúan la resistencia del aire y la fuerza de gravedad. Si representáramos en un mismo gráfico la aceleración  $a$  y la velocidad  $v$  de la gota en función del tiempo, ¿Cuál de los siguientes gráficos indicados describe correctamente el movimiento de la gota?



$$\begin{aligned}
 v &= 72 \text{ km/h} = 20 \text{ m/s} \\
 t_v &= 0.3 \text{ s} \\
 a_f &= -5 \text{ m/s}^2
 \end{aligned}
 \left| \begin{aligned}
 d_1 &= v \cdot t_v = 20 \text{ m/s} \cdot 0.3 \text{ s} = 6 \text{ m} \\
 d_2 &= ? \quad v^2 = v_0^2 + 2a \Delta x \\
 \Delta x &= \frac{-v_0^2}{2a} = \frac{-(20 \text{ m/s})^2}{2 \cdot -5 \text{ m/s}^2} = 40 \text{ m} \\
 d &= 46 \text{ m}
 \end{aligned}
 \right.$$

### Pregunta 5

El conductor de un vehículo que circula en una caravana a  $72 \text{ [km/h]}$  tiene un tiempo de reacción de  $0,3 \text{ [s]}$  y es capaz de frenar a razón de  $-5 \text{ [m/s}^2]$ . Entonces, la distancia de seguridad entre el vehículo que le antecede y el suyo, en  $\text{[m]}$ , es de

- A)  $63 \text{ [m]}$       B)  $48 \text{ [m]}$       C)  $52 \text{ [m]}$       D)  $56 \text{ [m]}$       E)  $46 \text{ [m]}$

### Pregunta 6

Dos esferas de acero A y B de igual masa están sobre una superficie horizontal lisa. La esfera B, inicialmente en reposo, es alcanzada en forma oblicua por la esfera A, que se movía con velocidad  $\vec{v} = 2\hat{i} \text{ [m/s]}$ . Después del choque, A se mueve con una velocidad de  $1,5 \text{ [m/s]}$ , formando un ángulo de  $30^\circ$  respecto del eje  $x$ , tal como se muestra en la figura. ¿Cuál es la velocidad de la esfera B después del choque? Recuerde indicar la magnitud y dirección.

Handwritten notes for Pregunta 6:

$$p_i = p_f$$

$$x: (m_A \cdot v_{Ax})_i = (m_A \cdot v_{Ax})_f + (m_B \cdot v_{Bx})_f$$

$$y: 0 = (m_A \cdot v_{Ay})_f + (m_B \cdot v_{By})_f$$

$$v_{Ax} = 1,5 \cdot \cos 30$$

$$v_{Ay} = \sqrt{v_{Ax}^2 + v_{By}^2}$$

$$v_{By} = v_{Ay}$$

$$v_{Bx} = 0,7 \text{ m/s}$$

$$v_{By} = 0,75 \text{ m/s}$$

$$v_B = 1,026$$

$$\theta = 46,97^\circ$$

### Pregunta 7

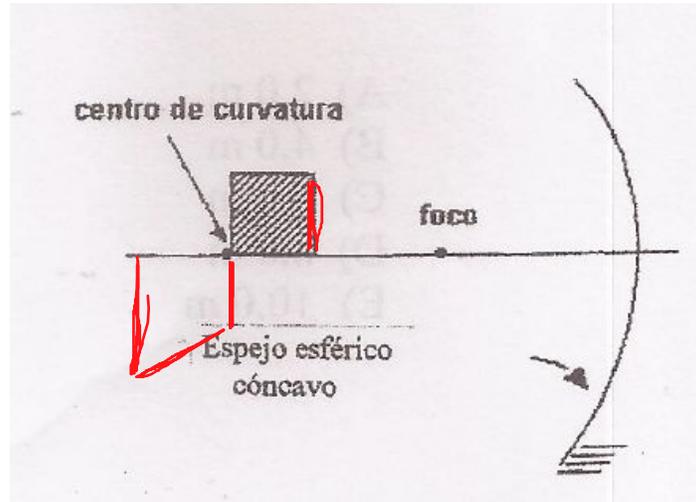
Una pelota que es lanzada horizontalmente entre un par de paredes paralelas experimenta una serie de rebotes en una y otra pared, cayendo una distancia aproximada de  $4,9 \text{ [m]}$  en un segundo en el campo gravitacional. Si las murallas fueran espejos ideales y un haz horizontal de luz fuera enviado de una pared a otra, la luz se reflejaría en una y otra pared, cayendo en  $1 \text{ [s]}$  una distancia de (explique brevemente su razonamiento)

Options for Pregunta 7:

A)  $0 \text{ m}$   
 B) Entre  $0$  y  $4,9 \text{ m}$   
 C)  $4,9 \text{ m}$   
 D) Más de  $4,9 \text{ m}$   
 E) No caería

### Pregunta 8

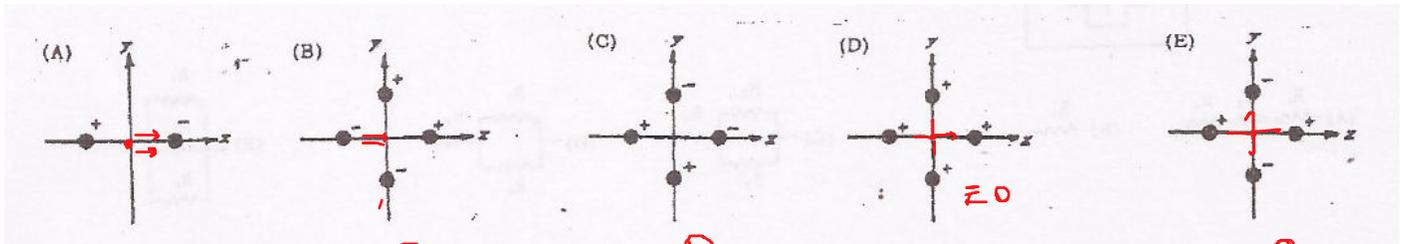
Un cuadrado está localizado sobre el eje principal de un espejo esférico cóncavo, como se muestra en la figura. El vértice inferior izquierdo del cuadrado está localizado exactamente sobre el centro de curvatura. La imagen del cuadrado dada por el espejo tendrá la forma de un:



- A) Cuadrado      B) Triángulo      C) Rectángulo      ~~D) Trapecio~~      E) Indefinido

### Pregunta 9

Dadas las cinco configuraciones de cargas localizadas en el plano  $(x, y)$ , considere que todas las cargas son de igual magnitud, están a la misma distancia del origen y tienen el signo que se indica en cada caso. El potencial eléctrico en el infinito, respecto del origen, es definido como cero.



$q = -q$       0      0       $q = 4q$       ~~0~~  
 D, E      E C B A

- ¿En cuál configuración tanto el campo eléctrico como el potencial eléctrico son cero en el origen? E
- ¿En cuál configuración el campo eléctrico es cero en el origen, pero el potencial eléctrico es distinto de cero? D
- Si cada una de las cargas tiene valor absoluto  $q$  ¿Cuál es el valor de la carga neta en cada caso?

# Problemas

$$\underline{E}_{\text{TOTAL}} = 0 \Rightarrow K_i + U_f = 0$$

## Problema 1

Considere un planeta de radio  $R$  y masa  $M$ . Recuerde que la energía potencial gravitacional de un cuerpo de masa  $m$ , en presencia del campo gravitacional de un planeta de masa  $M$ , a una distancia  $r$  del centro de este último, está dada por  $U(r) = -\frac{GMm}{r}$ , donde  $G$  es la constante de Newton. Calcule la velocidad mínima que debe tener un cuerpo para escapar radialmente desde la superficie del planeta, hasta infinito. Estime el valor de la velocidad de escape para la Tierra, donde  $M_T = 5,97 \times 10^{24}$  [kg] y  $R_T = 6371$  [km]. La constante de Newton es  $G = 6,67 \times 10^{-11}$  [m<sup>3</sup>kg<sup>-1</sup>s<sup>-2</sup>]. Elabore acerca de las propiedades de un cuerpo celeste para el que la velocidad de escape es mayor que la velocidad de la luz en el vacío.

$$U = K$$

$$\frac{GMm}{r} = \frac{1}{2}mv^2 \Rightarrow v = \sqrt{\frac{2GM}{r}}$$

$$v = \sqrt{\frac{2 \cdot 6,67 \times 10^{-11} \cdot 5,97 \times 10^{24}}{6,371 \times 10^6}} = 1,12 \times 10^4 \text{ m/s} = 11,2 \text{ km/s}$$

$$c = \sqrt{\frac{2GM}{r}} \Rightarrow c^2 = \frac{2GM}{r} \Rightarrow M = \frac{rc^2}{2G}$$

$$M = \frac{r(3 \times 10^8)^2}{2 \cdot 6,67 \times 10^{-11}}$$

$$M = 6,75 \times 10^{26} \text{ kg}$$

$$M = 4,3 \times 10^{33} \text{ kg}$$

$$\approx 10^9 M_{\odot}$$

## Problema 2

Un átomo de hidrógeno, compuesto por un protón y un electrón, puede ser entendido a partir de una representación denominada modelo planetario. En este modelo el protón (de carga positiva  $+e$  y masa  $m_p$ ) permanece en reposo y el electrón (de carga  $-e$  y masa  $m_e$ ) realiza un movimiento circular alrededor del protón.

Consideremos para simplificar el modelo que cuando el electrón se encuentra en una órbita estable, éste no emite radiación y por tanto no pierde energía. Considerando que un electrón del átomo de hidrógeno, permanece en una órbita estable de radio  $r_e$  con velocidad  $v$ , responda las siguientes preguntas relacionadas con el modelo atómico propuesto.

- Enumere los tipos de energía que posee un electrón en órbita y determine sus magnitudes.
- Muestre que la energía total de un electrón, en una órbita determinada, es la mitad del valor de la energía potencial eléctrica en esa órbita y con signo negativo.
- Suponga que se aplica un campo magnético  $B$ , perpendicular al plano de la órbita del electrón. Determine en este caso la fuerza total que actuará sobre el electrón.
- ¿Cuál es el criterio de Bohr para decidir las órbitas estables?

$$a) \quad K = \frac{1}{2} m_e v^2 \quad ; \quad U_e = -\frac{k_e e^2}{r} \quad \Rightarrow \quad E_{\text{Total}} = K + U$$

$$b) \quad \vec{F}_e = F_c \quad \frac{k_e e^2}{r^2} = \frac{m_e v^2}{r} \quad \Rightarrow \quad m_e v^2 = \frac{k_e e^2}{r}$$

$$K = \frac{1}{2} m_e v^2 = \frac{1}{2} \frac{k_e e^2}{r} \quad \Rightarrow \quad E_{\text{Total}} = \frac{1}{2} \frac{k_e e^2}{r} - \frac{k_e e^2}{r} = -\frac{1}{2} \frac{k_e e^2}{r}$$

$$E_{\text{Total}} = -\frac{1}{2} U$$

$$c) \quad \vec{F}_B = q \vec{v} \times \vec{B} \\ = e v B$$

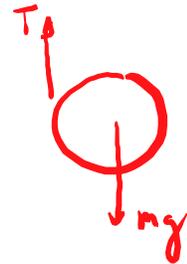
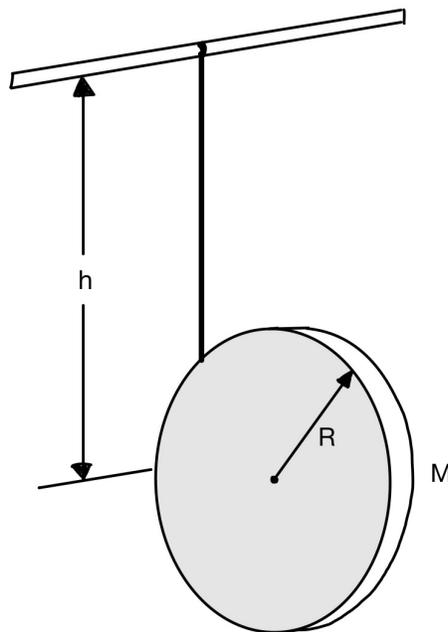
$$d) \quad L = m \hbar \quad ; \quad m \in \mathbb{N} \\ L = m_e v r_e \\ m_e v r_e = m \hbar$$

$$h = 6.626 \times 10^{-34} \quad E = h \nu \\ \hbar = 1.054 \times 10^{-34} \\ \hbar = \frac{h}{2\pi}$$

### Problema 3

Una cuerda se enrolla alrededor de un disco uniforme de radio  $R$  y masa  $M$ . El disco se suelta desde el reposo cuando la cuerda esta vertical y su extremo superior está amarrado a una varilla fija.

- Haga un diagrama de todas las fuerzas actuando sobre este sistema mientras baja.
- Plantee las ecuaciones dinámicas que permitan determinar la aceleración del centro de masa, con que baja el disco.
- Determine la tensión de la cuerda mientras baja el disco.
- ¿Cuál es la energía mecánica total cuando el disco ha bajado una altura  $h$ ?
- Explique qué sucede en el punto más bajo, cuando toda la cuerda se ha desenrollado y el dispositivo empieza ahora a subir.



$$b) \quad T - mg = m \cdot a$$

$$I = \frac{1}{2} m r^2$$

$$\tau = I \cdot \alpha$$

$$\tau = -T \cdot r \Rightarrow I \cdot \alpha = -T \cdot r \Rightarrow \frac{1}{2} m r^2 \cdot \alpha = -T \cdot r$$

$$\alpha = \frac{-2T}{mr}$$

$$a = \alpha \cdot r \Rightarrow a = \frac{-2T}{m} = \frac{-2 \cdot (mg/3)}{m} = -\frac{2}{3}g$$

$$c) \quad T - mg = m \left( \frac{2T}{m} \right)$$

$$3T = mg$$

$$T = \frac{mg}{3}$$

$$d) \quad U_i = mgh$$

$$K_{\text{Total}} = \frac{1}{2} m v^2 + \frac{1}{2} I \omega^2$$

$$= \frac{1}{2} m v^2 + \frac{1}{2} \left( \frac{1}{2} m r^2 \right) \left( \frac{v}{r} \right)^2$$

$$= \frac{1}{2} m v^2 + \frac{1}{4} m v^2 = \frac{3}{4} m v^2$$

$$I = \frac{1}{2} m r^2 \quad \omega = \frac{v}{r}$$