Olimpíada Argentina de Física

Pruebas Preparatorias
Segunda Prueba
Parte Teórica

Nombre: ....

DNI: ....

Escuela: ....

- Antes de comenzar a resolver la prueba lea cuidadosamente TODO el enunciado de la misma.

- Escriba su nombre y su número de DNI en el sitio indicado. No escriba su nombre en ningún otro sitio de la prueba.

- No escriba respuestas en las hojas del enunciado pues no serán consideradas.

- Escriba en un solo lado de las hojas.

Problema 1

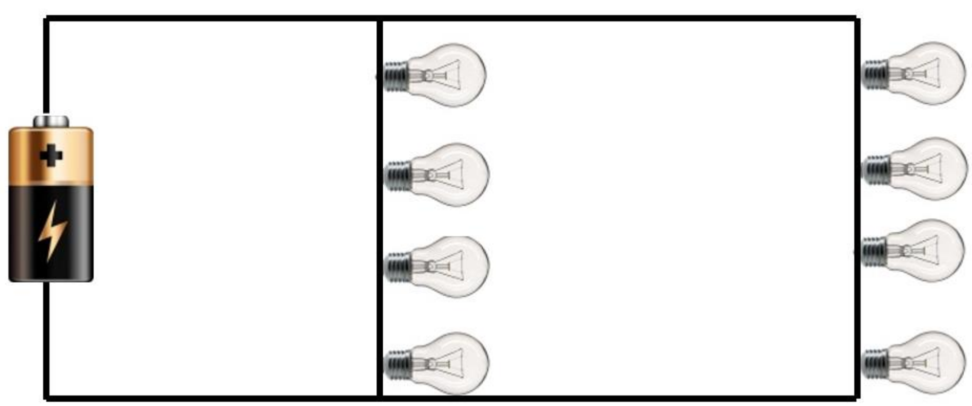
Se desea armar una incubadora de huevos casera. La bibliografía dice que la temperatura óptima a la cual se deben mantener los huevos es de 37,8 °C. Para armarla se utiliza una caja de un material cuyo largo y profundidad es de 1 m y su altura de 20 cm y un control de temperatura rudimentario. El control de temperatura está armado con 8 lámparas idénticas de 10 V y 40 W las cuales son alimentadas por una batería de 24 V como se muestra en la figura. El control de temperatura está programado para que las lámparas se enciendan cuando la temperatura en el interior de la caja es de 35 °C y se apaguen cuando llegue a 40 °C.

a) Calcule la potencia que entregará el control de temperatura cuando las lámparas estén encendidas.
b) Suponiendo que la caja es perfectamente adiabática ¿cuánto tiempo estarán encendidas las lámparas en cada ciclo de calentamiento?
c) Si se mide que el tiempo de encendido es de 12 s ¿cuál es la potencia que se pierde por las paredes de la caja?
d) Luego que las lámparas se apagan, suponiendo que la potencia que se pierde es constante, ¿cuánto tiempo transcurrirá hasta que vuelva a encenderse el control de temperatura?

Datos

Densidad del aire = 1,225 kg m^{-3}

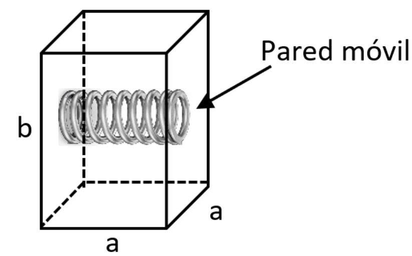
Calor específico del aire = 1,012 J g^{-1} °C^{-1}.



Problema 2

Se construye una capsula para sumergirla en el océano a grandes profundidades. Las dimensiones internas de la capsula, de base cuadrada, son de 1 m de lado y 2 m de alto. Está construida con un metal de alta conductividad térmica que permite que la temperatura interna sea la misma que la del medio externo en la que se encuentra. La cápsula tiene una pared móvil que permite que varíe el volumen interno y en la mitad de la cara móvil se coloca un resorte, de constante elástica K = 10^8 N/m y 1 m de longitud natural, con el objetivo de minimizar la reducción del volumen como se muestra en la figura. Inicialmente la cápsula se cierra en la superficie donde la temperatura es de 27 °C y la presión es de 1 atmósfera y luego se la sumerge hasta los 3000 m de profundidad donde la temperatura del agua es de 2 °C.

a) Determinar el número de moles de aire que hay dentro de la cápsula.
b) Calcule la presión la presión que ejerce el agua sobre la cara lateral de la cápsula, a mitad de altura, cuando está sumergida a la máxima profundidad.
c) Suponiendo que la presión calculada en el punto b), calcule cuál sería el desplazamiento de la cara lateral si no estuviera el resorte.
d) Calcule cuál será el desplazamiento de la cara lateral cuando está presente el resorte.



Datos

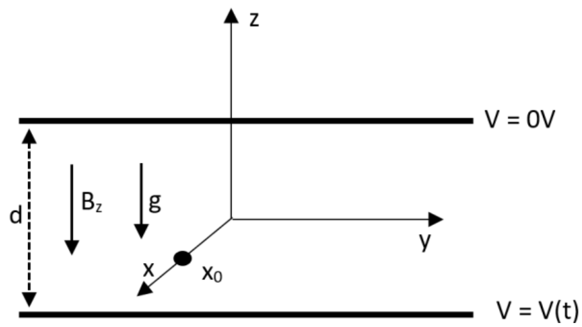
Densidad del agua de mar = 1,027 g cm^{-3}
Constante de los gases = 8,314 J mol^{-1} K^{-1}
Aceleración de la gravedad = 10 m s^{-2}
1 atm = 1,01325 x 10^5 Pa

Problema 3

Entre las placas de un condensador de caras planas paralelas, separadas por una distancia d, se mueve una pequeña gota de aceite cargada eléctricamente. La placa superior del condensador se mantiene conectada a tierra mientras que el potencial de la placa inferior varía con el tiempo de acuerdo a la siguiente forma funcional:

$$V(t) = \begin{cases} 200\,\dfrac{V}{s}\,t & 0\,s \leq t \leq t_1 \\ V_f = cte & t_1 < t \end{cases}$$

Dentro del condensador hay aplicado un campo magnético de módulo $|B_z|= 1$ T como se indica en la figura. En t = 0 s la posición de la partícula, referida al sistema de coordenadas mostrada en la figura y cuyo origen está en el centro del condensador, es $x(0) = x_0$, $y(0) = z(0) = 0$ y su velocidad $v_x(0) = 0$, $v_y(0) = 0.1$ m/s, y $v_z(0) = -1$ m/s.



a) Grafique cualitativamente el potencial de la placa inferior.
b) Describa cualitativamente el movimiento de la partícula.
c) Calcule la aceleración de la partícula en el plano (x,y) y en el eje z en el intervalo $[0, t_1]$.
d) Si la proyección del movimiento sobre el plano (x,y) está centrado en el eje z, determine el valor de x_0.
e) Escriba las coordenadas de la partícula, en función del tiempo, para el intervalo $[0, t_1]$.
f) Determine en qué instantes de tiempo la velocidad de la partícula en la dirección vertical es nula ($v_z = 0$). ¿Cuál es la posición vertical de la partícula y el potencial aplicado en el condensador en esos instantes de tiempo?
g) Si deseamos que finalmente la partícula permanezca realizando un movimiento circular uniforme sobre el plano (x,y), sin desplazarse en la dirección vertical, determine los valores que deben tener t_1 y V_f para que esto ocurra.
h) Calcule el trabajo realizado por el campo eléctrico en el intervalo $[0, t_1]$.

Datos

Masa de la partícula = 1×10^{-15} kg
Carga de la partícula = 6×10^{-16} C
Aceleración de la gravedad = 10 m/s^2
Distancia entre las placas del condensador = 4 cm

Ayuda: Si en alguna dirección r la aceleración es de la forma $a_r(t) = a_0 + a_1\, t$, las correspondientes funciones velocidad y posición serán:

$$v_r(T) = v_r(0) + a_0\, t + \frac{1}{2}\, a_1\, t^2$$

$$r(T) = r(0) + v_r(0)\, t + \frac{1}{2} a_0\, t^2 + \frac{1}{6}\, a_1\, t^3$$

Donde *r(0)* y $v_r(0)$ son la posición y velocidad para *t = 0.*

Problema Teórico 1

Hoja de Respuesta

Inciso		Puntaje
a)		
b)		
c)		
d)		

Problema Teórico 2

Hoja de Respuesta

Inciso		Puntaje
a)		
b)		
c)		
d)		

Problema Teórico 3

Hoja de Respuesta

Inciso		Puntaje
a)		
b)		
c)		
d)		
e)		
f)		
g)		
h)		

Olimpíada Argentina de Física

Pruebas Preparatorias
Segunda Prueba
Parte Experimental

Nombre: ....

DNI: ....

Escuela: ....

- Antes de comenzar a resolver la prueba lea cuidadosamente TODO el enunciado de la misma.

- Escriba su nombre y su número de DNI en el sitio indicado. No escriba su nombre en ningún otro sitio de la prueba.

- No escriba respuestas en las hojas del enunciado pues no serán consideradas.

- Escriba en un solo lado de las hojas.

Objetivos

- Construir un electroimán.
- Construir una brújula.
- Verificar si el comportamiento del módulo del campo de inducción magnética producido por un dipolo magnético sobre el eje del mismo, responde a una ley del tipo $1/x^3$.

Breve descripción

Un **electroimán** es un dispositivo mediante el cual se obtiene un campo de inducción magnética $\vec{B}$. Una configuración usual consiste en un clavo de hierro (o algún otro material ferromagnético) sobre el cual se ha bobinado algún número de vueltas de alambre de cobre, como se muestra en la figura 1.

Cuando la bobina se conecta a una fuente de tensión continua, la corriente eléctrica que circula por ella produce un campo de inducción magnética. El campo $\vec{B}$ que se consigue mediante un electroimán depende de la configuración geométrica utilizada. En el caso descripto (clavo y bobina), el campo $\vec{B}$ es similar al de un dipolo magnético.

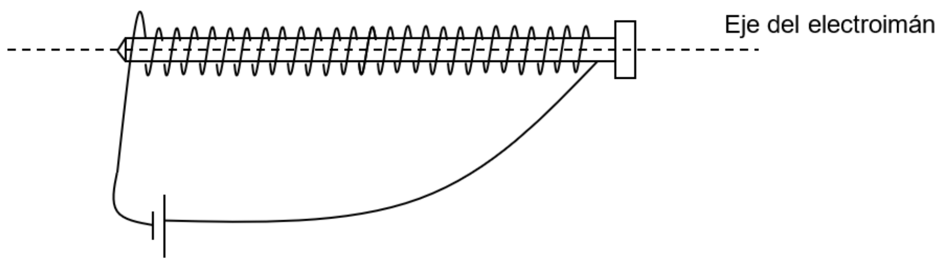


Figura 1

Electroimán formado por un clavo de hierro sobre el cual se ha bobinado un número de vueltas de alambre de cobre, y se conectó a una fuente de tensión continua.

El módulo del campo de inducción magnética, B, producido por un dipolo magnético de módulo P_m a lo largo de la dirección de eje del dipolo y a una distancia x, está dado por:

$$B = \frac{\mu_0 \, P_m}{2 \, \pi} \, \frac{1}{x^3}$$

En este caso, se eligió como la dirección del vector campo de inducción magnética al eje x.

Una **brújula** es un instrumento mediante el cual se puede determinar la dirección norte-sur (N-S) sobre la superficie terrestre; en general, se puede usar para determinar la dirección, en un punto determinado, de un campo de inducción magnética cualquiera. Consiste de una aguja imantada que puede girar libremente, por lo que se orienta en la dirección del campo de inducción magnética.

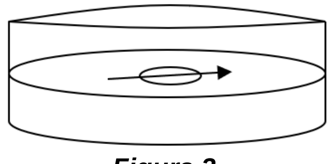


Figura 2

Esquema de una brújula construida con una aguja imantada.

<u>Consigna 1</u>

a) Realizar la construcción de un electroimán similar al de la figura 1, con una bobina de al menos 30 vueltas de alambre.
b) ¡Verificar su funcionamiento! Describir el procedimiento utilizado.

Elementos disponibles

- Un clavo de unos 5cm de largo.
- Alambre fino de cobre (hilos de cables de electricidad, alambre esmaltado de bobinas, etc.), aproximadamente 1m.
- Cinta adhesiva de papel.
- Cables conductores para conexiones eléctricas.
- Pila de 1,5 V (en lo posible tipo A y nueva).

Nota: Es importante que las vueltas de alambre que se bobinan no se cortocircuiten entre sí ni con el clavo. Para esto, en caso de no usar alambre esmaltado, se recomienda cubrir el clavo con un aislante (cinta de papel o papel) y cuidar de que las vueltas de alambre estén y permanezcan separadas entre sí.

<u>Consigna 2</u>

a) Realizar la construcción de una brújula similar a la de la figura 2.
b) ¡Verificar su funcionamiento! Describir el procedimiento utilizado.

Elementos disponibles

- Una tapa o recipiente de poca profundidad y no metálico (por ejemplo, tapa de frasco estéril para análisis).
- Un alfiler magnetizado.
- Un trocito de papel
- Agua.

Notas

- Magnetice el alfiler utilizando el electroimán. Para esta tarea debe apoyar la cabeza del alfiler sobre la cabeza del clavo/núcleo del electroimán (con este último en funcionamiento).
- Es importante que la aguja pueda rotar libremente; para esto, utilice un trocito de papel para asentarla, el mismo flotará sobre una superficie de agua. Ni la aguja ni el barquito (papelito) deben tocar el borde de la cubeta.

<u>Consigna 3</u>

Verificar que el módulo del campo de inducción magnética B a lo largo del eje del electroimán varía con la distancia como el de un dipolo magnético, esto es:

$$B \propto \frac{1}{x^3}$$

Elementos disponibles

- Brújula construida.
- Electroimán construido.
- Hojas en blanco.
- Papel milimetrado.
- Regla.
- Lápiz.

Para realizar la verificación, ubique el eje del electroimán perpendicular al campo magnético terrestre y sobre un plano paralelo a la superficie terrestre. De esta manera, la presencia del campo del electroimán sumado vectorialmente al terrestre producirá una desviación de la aguja respecto de la dirección norte-sur (N-S). La tangente trigonométrica del ángulo (α) entre la aguja y la dirección norte-sur es proporcional al campo de inducción magnética producido por el electroimán. Determine la tangente de α para diferentes distancias x entre el electroimán y la aguja de la brújula.

Procedimiento sugerido

a) Apoye la "brújula" sobre un extremo de una hoja de papel de tal manera que el lado corto de la hoja quede alineado con la dirección N-S como se muestra en la figura 3. Pegue, con cinta adhesiva, la hoja a la mesa y marque sobre la hoja el contorno de la cubeta de la brújula.

b) Marque una recta que "contenga" a la aguja y una recta perpendicular que pase por el centro de la aguja y sea paralela al lado largo de la hoja (dirección E-O). El punto de intersección es el origen del sistema de coordenadas que se utilizará.

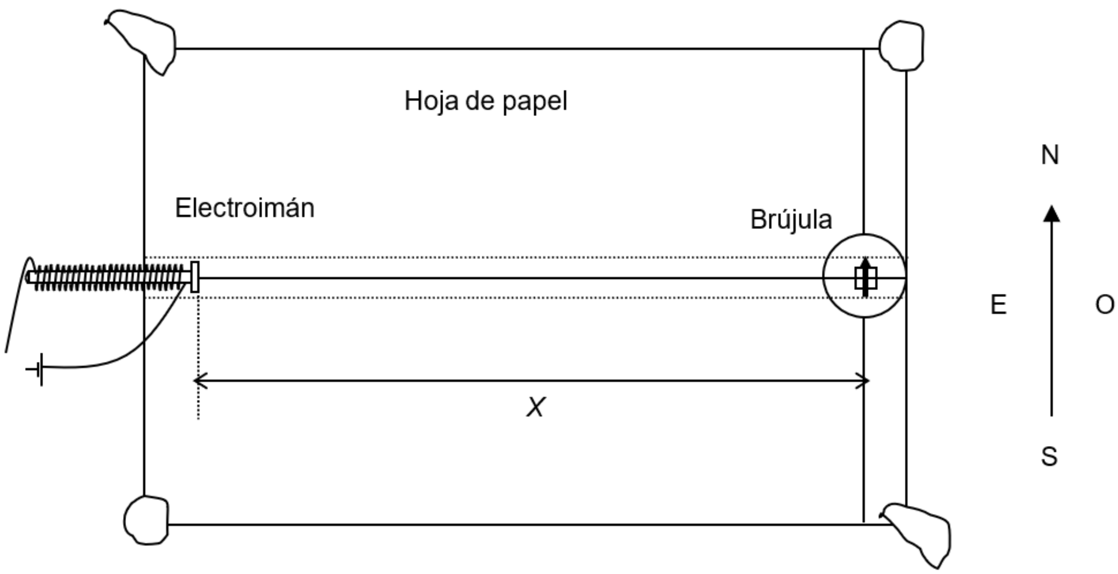


Figura 3
Esquema del montaje experimental.

c) Apoye el electroimán sobre la línea E-O, a una distancia x del centro de la aguja y enciéndalo. Verifique que la aguja se reorienta y marque la posición del electroimán.

d) Trace una recta que "contenga" a la aguja. Para esto apoye la regla sobre la cubeta en la dirección de la aguja (no cometa errores de paralaje), desconecte el electroimán, marque la recta sobre el papel.

e) A partir de los catetos (h y h^*) del triángulo determinado por la recta trazada en b) y por la trazada en d) y un borde de la hoja, que se muestran en la figura 4, determine la tangente del ángulo entre la dirección de la aguja en presencia del electroimán y la dirección N-S.

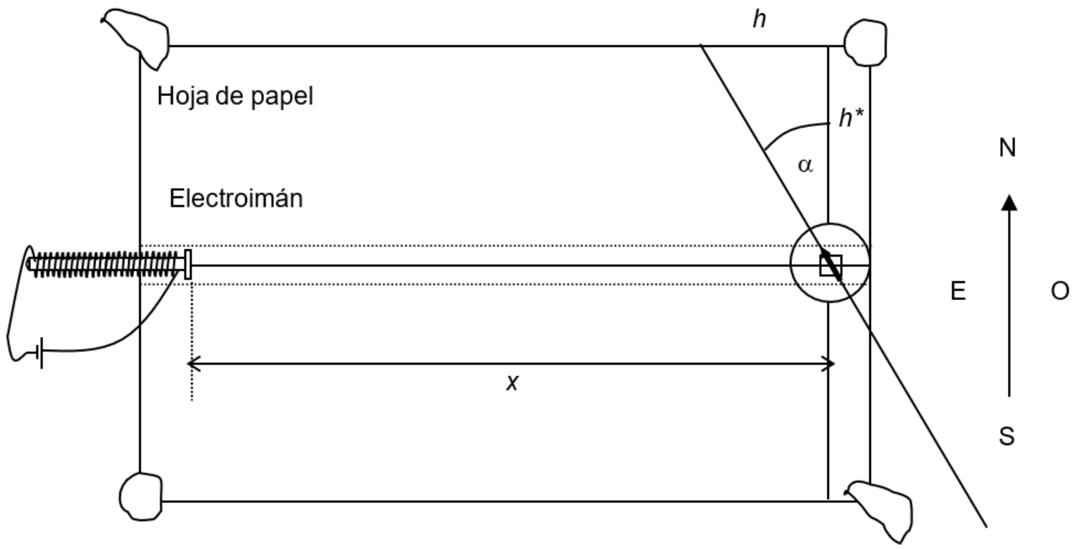


Figura 4
Esquema de una medición realizada con el electroimán y la brújula.

f) Consigne en una tabla los valores de $tg(\alpha)$ y de x correspondientes.

Repita el procedimiento de c), d), e) y f), para diferentes posiciones (x) del electroimán.

g) Haga un gráfico (x^{-3} vs $tg(\alpha)$). Verifique si el comportamiento es lineal, en tal caso ajuste una recta.

Recomendaciones

- Utilice en la brújula un nivel de agua del orden de 5 mm por sobre el nivel de la hoja de papel, para considerar que la aguja imantada y el eje del electroimán están en el mismo plano.
- Ni la aguja ni el barquillo (papelito) deben tocar el borde de la cubeta.
- Para determinar la dirección de la aguja utilice la regla como guía y trace la recta que "contiene" a la aguja sobre el papel base.
- Mida las distancias desde la cabeza del clavo hasta el centro del alfiler y déjelas asentadas en el papel base.
- Mantenga la pila alejada de la brújula durante todo el experimento.
- Utilice cables de conexión al electroimán suficientemente largos.
- Desconecte la pila luego de cada medición.
- Trabaje sobre una mesa que no tenga partes ferromagnéticas, o con el electroimán y la brújula suficientemente alejados de dichas partes.
- Luego de cada medición verifique que la aguja de la brújula esté ubicada en la posición original (con el centro en el origen de coordenadas).

Problema Experimental
Hoja de respuestas.

Consigna 1

inciso		puntaje
a)	**Electroimán construido**	
b)		

Consigna 2

inciso		puntaje
a)	**Brújula construida**	
b)		

Consigna 3

inciso		puntaje
a)		
b)		
c)		
d)		
e)		
f)		
g)		

Problema 1

a)
Primero calculamos la resistencia R_l de cada lámpara

$$R_l = \frac{V^2}{P_l} = \frac{(10\,V)^2}{40\,W} = 2{,}5\,\Omega$$

La resistencia equivalente de cada rama del circuito, que tiene 4 lámparas en serie, es de $10\,\Omega$. Por lo tanto, la resistencia equivalente total del circuito (dos resistencias de $10\,\Omega$ en paralelo) será de $R_e = 5\,\Omega$. La potencia entregada por la batería, que es la disipada por las lámparas, es:

$$P_B = \frac{V^2}{R_e} = \frac{(24\,V)^2}{5\,\Omega} = 115{,}2\,W$$

b)
Cuando las lámparas se encienden la temperatura del aire dentro de la caja es de *35 °C*, y seguirán prendidas hasta que la temperatura en su interior sea de *40 °C*. La masa de aire encerrado dentro de la caja, cuyo volumen es $V_C = 0{,}2\,m^3$, será:

$$m_a = V_C\,\delta_a = 0{,}2\,m^3\;1{,}225\,\frac{kg}{m^3} = 0{,}245\,kg$$

El calor necesario para incrementar en *5 °C* la masa de aire es:

$$Q = m_a\,c_a\,\Delta T = 0{,}245\,kg\;1{,}012\,\frac{J}{g\,°C}\;5\,°C = 1239{,}7\,J$$

Entonces, el tiempo que estará encendido el control de temperatura t_e es:

$$t_e = \frac{Q}{P_B} = \frac{1239{,}7\,J}{115{,}2\,W} = 10{,}76\,s$$

c)
Si el tiempo de encendido del control de temperatura es $t_{ef} = 12\,s$, la energía entregada por el control de temperatura será.

$$E_B = P_B\,t_{ef} = 115{,}2\,W\;12\,s = 1382{,}4\,J$$

Por lo tanto, la energía perdida por las paredes de la caja será:

$$\Delta E = E_B - Q = 142{,}7\,J$$

Como esta energía se ha perdido durante los *12s* que estuvo encendido el control de temperatura la potencia que se pierde P_P es:

$$P_P = \frac{\Delta E}{t_{ef}} = \frac{142{,}7\,J}{12\,s} = 11{,}89\,W$$

d)
Suponiendo que la potencia con la cual se pierde energía a través de las paredes es constante, el control de temperatura permanecerá apagado hasta que la temperatura del aire en el interior de la caja haya descendido 5 °C. Para que esto ocurra el aire tiene que perder la misma energía que se le había entregado. Por lo tanto, el tiempo que insumirá este proceso será:

$$t_{off} = \frac{Q}{P_P} = \frac{1239{,}7\,J}{11{,}89\,W} = 104{,}25\,s$$

Ítem	*Puntaje*	*Solución*
a	2,5	115,2 W
b	2,5	10,76 s
c	2,5	11,89 W
d	2,5	104,25 s

Problema 2

a)
Utilizando la ecuación de estado para los gases ideales tenemos que:

$$n = \frac{P_i\,V_i}{R\,T_i} = \frac{1\,atm\;2\,m^3}{8{,}314\,\frac{J}{mol\,K}\;300{,}15\,K} = 81{,}208\,moles$$

b)
La presión P_S que ejerce el agua a 2999 m de profundidad es:

$$P_S = \delta_a\,g\,h = 1027\frac{kg}{m^3}\;10\;\frac{m}{s^2}\;2999\,m = 3{,}080\times 10^7\,Pa$$

La presión sobre la mitad de la cara será $P_{ac} = P_{atm} + P_S = 3{,}090 \times 10^7$ *Pa.*

c)
Nuevamente, utilizando la ecuación de estado para los gases ideales

$$V_{f1} = \frac{n\,R\,T_f}{P_a} = \frac{81{,}208\,mol\;8{,}314\,\frac{J}{mol\,K}\;275{,}15\,K}{3{,}080\times 10^7\,Pa} = 6{,}012\times 10^{-3}\,m^3$$

Sabemos que el volumen será $V_{f1} = a\,a_m\,b$, donde a_m es la longitud del lado variable de la cápsula. Entonces

$$a_m = \frac{V_{f1}}{a\,b} = \frac{6{,}012\times 10^{-3}\,m^3}{2\,m^2} = 3{,}006\times 10^{-3}\,m$$

Por lo tanto, el desplazamiento de la cara móvil será $\Delta x_1 = a - a_m = 0{,}997\,m$.

d)
Al estar colocado el resorte sobre la cara móvil este ejercerá una fuerza, y por lo tanto una presión, hacia fuera de la cápsula en sentido contrario a la presión que ejerce el agua. Entonces las expresiones de la presión y volumen final, en función del desplazamiento del resorte Δx_2 será:

$$P_{f2} = P_a - \frac{K\,\Delta x_2}{a\,b}$$

$$V_{f2} = a\ b\ (a - \Delta x_2)$$

Planteando la ecuación de estado tenemos:

$$P_{f2}\ V_{f2} = n\ R\ T_f$$

Reemplazando nos queda una ecuación de segundo grado en Δx_2 de la forma $a_2\ (\Delta x_2)^2 + a_1\ \Delta x_2 + a_0 = 0$, donde los coeficientes son:

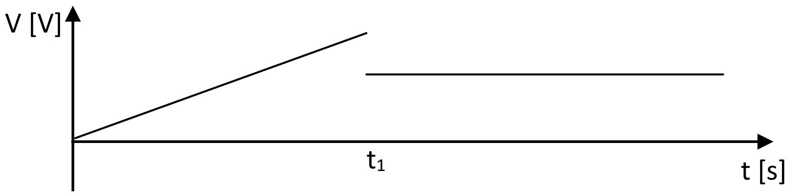
$a_2 = K$
$a_1 = -\ (P_a\ a\ b + K\ a)$
$a_0 = P_a\ a^2\ b - n\ R\ T_f$

y las dos soluciones a esta ecuación son *0,613 m* y *1,005 m*. La segunda solución no es físicamente válida pues es mayor a la longitud del lado. Por lo tanto, cuando el resorte está en el interior de la cápsula la pared se habrá desplazado una longitud $\Delta x_2 = 0,613$ *m*.

Ítem	***Puntaje***	***Solución***
a	2	81,208 moles
b	3	$3,090 \times 10^7$ Pa
c	2	0,997 m
d	3	0,613 m

Problema 3

a)



b)
Debido a la presencia del campo magnético en la dirección del eje z y que existe una componente de la velocidad en el plano (x,y), entonces la proyección de la trayectoria de la partícula sobre este plano será una circunferencia. Como a lo largo del eje z hay una componente de la velocidad entonces el movimiento será un helicoide, pero como existen fuerzas en esta dirección el paso del helicoide no será constante.

c)
Las componentes de la trayectoria en la dirección horizontal describen un movimiento circular uniforme y la aceleración presente es la aceleración centrípeta y es generada por la fuerza que ejerce el campo magnético sobre la partícula. Como esta aceleración es siempre perpendicular a la velocidad sólo cambiará su dirección y no su módulo y por lo tanto igual al valor que tenía para t = 0.

$$m\ a_c = q\ B\ v_y(0)$$

Entonces el módulo de la aceleración en el plano horizontal es:

$$a_c = \frac{q\ B\ v_y(0)}{m} = 0{,}06\ \frac{m}{s^2}$$

En el eje z la fuerza aplicada es la del campo eléctrico y el peso

$$m\ a_z(t) = q\ E - mg = q\ \frac{V(t)}{d} - m\ g$$

$$a_z(t) = \frac{q}{m\ d}\ 200\frac{V}{s}\ t - g$$

d)
Si la proyección en el plano horizontal es una circunferencia y queremos que esté centrada en el eje z, entonces el valor de x_0 será el del radio del círculo.

$$a_c = \frac{v_y(0)^2}{R}$$

$$R = x_0 = \frac{v_y(0)^2}{a_c} = 16{,}67\ cm$$

e)
En el plano (x,y) el movimiento será un movimiento circular uniforme y la partícula estará sobre el eje x en t = 0. La velocidad angular será

$$\omega = \frac{v_y(0)}{R} = 0{,}6\ s^{-1}$$

Entonces las coordenadas x e y en función del tiempo serán

$$x(t) = R\cos(\omega\ t)$$
$$y(t) = R\ \mathrm{sen}\ (\omega\ t)$$

En la coordenada z el movimiento es acelerado, donde la aceleración es:.

$$a_z(t) = \frac{q}{m\ d}\ 200\frac{V}{s}\ t - g$$

Entonces, de acuerdo a la ayuda

$$v_z(t) = -1\ \frac{m}{s} + \frac{q}{m\ d}\ 100\frac{V}{s}\ t^2 - g\ t$$

y la coordenada z en función del tiempo será:

$$z(t) = -1\ \frac{m}{s}\ t + \frac{q}{m\ d}\ \frac{100}{3}\frac{V}{s}\ t^3 - \frac{1}{2}\ g\ t^2$$

a)
Igualando la expresión de la componente vertical de la velocidad a cero y resolviendo esa ecuación obtenemos.

$$t_a = -2{,}270 \times 10^{-2}\, s \qquad y \qquad t_b = 2{,}937 \times 10^{-2}\, s$$

Evaluando z(t) para estos tiempos se obtiene:

$$z(t_a) = 1{,}685\, cm \qquad y \qquad z(t_b) = -1{,}670\, cm$$

Y el potencial aplicado al condensador es:

$$V(t_a) = -4{,}540\, V \qquad y \qquad V(t_b) = 5{,}8735\, V$$

Aclaración: sólo es válido el tiempo t_b pues es mayor a cero que es cuando está aplicado el potencial.

g)
Para que la partícula permanezca realizando un movimiento circular uniforme en un plano horizontal, sin desplazarse en la dirección vertical, es necesario que la velocidad vertical y la aceleración sean nulas. Por lo tanto, el instante en que debe variar el valor de potencial debe ser t_b. Para que la aceleración sea nula es necesario que en esa dirección la suma de las fuerzas se anule.

$$q\, E - mg = 0$$

Entonces

$$E = \frac{mg}{q} = \frac{V_f}{d}$$

Por lo tanto

$$V_f = \frac{m\, g\, d}{q} = 0{,}667\, V$$

h)
No es simple calcular el trabajo del campo eléctrico pues varía con el tiempo. Sin embargo, sabemos que el trabajo de las fuerzas externas es igual a la variación de la energía cinética. La variación de la energía cinética se debe sólo a la variación de la componente z de la velocidad, pues el módulo de la velocidad en el plano (x,y) se mantiene constante.

$$W = W_P + W_E = \frac{1}{2}\, m\, v_z(t_b)^2 - \frac{1}{2}\, m\, v_z(0)^2 = 5 \times 10^{-16}\, J$$

El trabajo que realiza la fuerza peso es:

$$W_P = -m\, g\, [z(t_b) - z(0)] = 1{,}670 \times 10^{-16}\, J$$

Entonces el trabajo que realiza el campo eléctrico será:

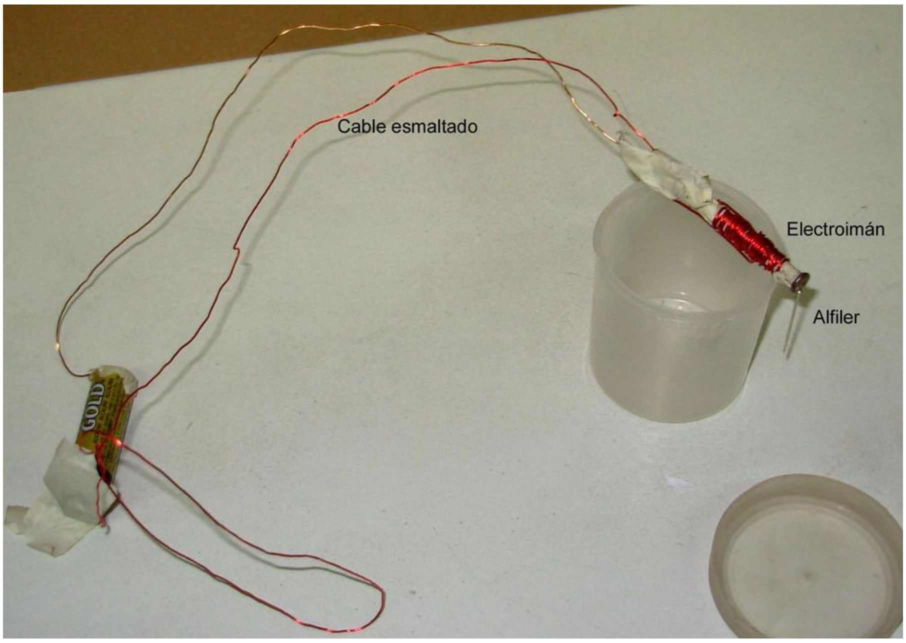
$$W_E = W - W_P = 3{,}330 \times 10^{-16}\, J$$

Ítem	***Puntaje***	***Solución***
a	0,5	Ver solución
b	0,5	Ver solución
c	2	$a_c = \frac{q\, B\, v_y(0)}{m} = 0{,}06\, \frac{m}{s^2}$

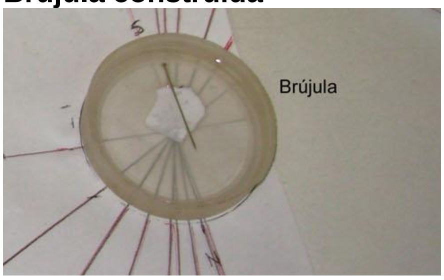
		$a_z(t) = \frac{q}{m\,d}\,200\frac{V}{s}\,t - g$
d	1	16,67 cm
e	1	$x(t) = R\cos(\omega\,t)$ $y(t) = R\,\mathrm{sen}\,(\omega\,t)$ $z(t) = -1\,\frac{m}{s}\,t + \frac{q}{m\,d}\,\frac{100}{3}\frac{V}{s}\,t^3 - \frac{1}{2}\,g\,t^2$
f	1	$t_b = 2{,}937\ \times 10^{-2}\,s$ $z(t_b) = -1{,}670\,cm$ $V(t_b) = 5{,}8735\,V$
g	2	$t_1 = 2{,}937\ \times 10^{-2}\,s$ $V_f = \ 0{,}667\,V$
h	2	$W_E = \ 3{,}330\ \times 10^{-16}\,J$

<u>Problema Experimental - Solución</u>
Hoja de respuestas.

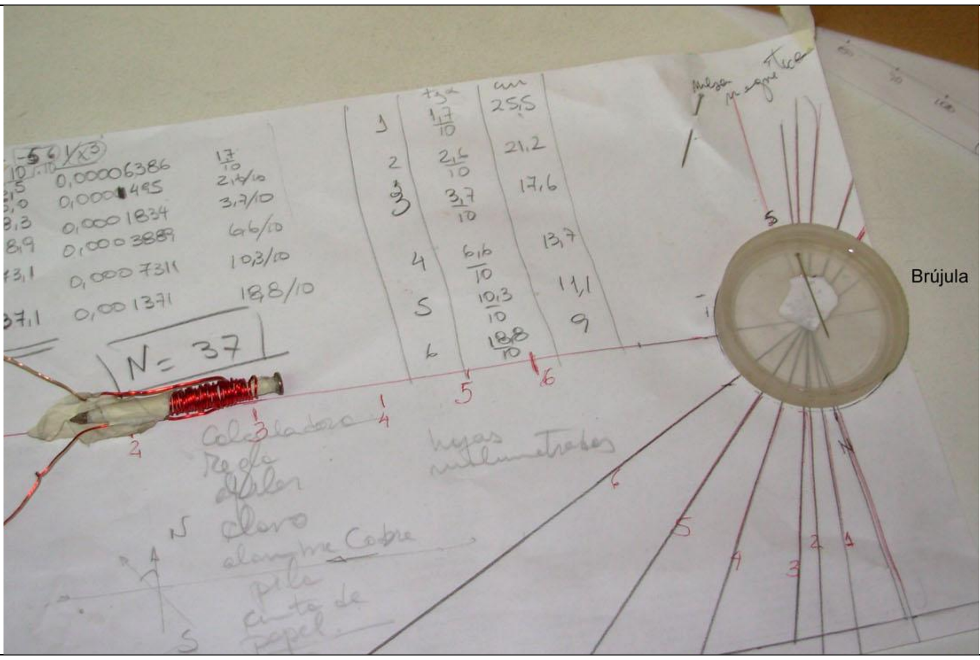
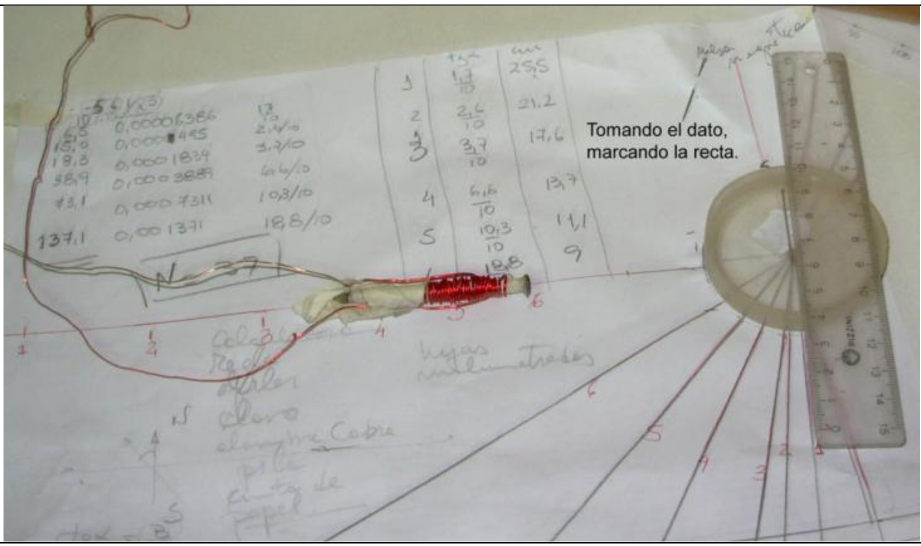
<u>Consigna 1</u>

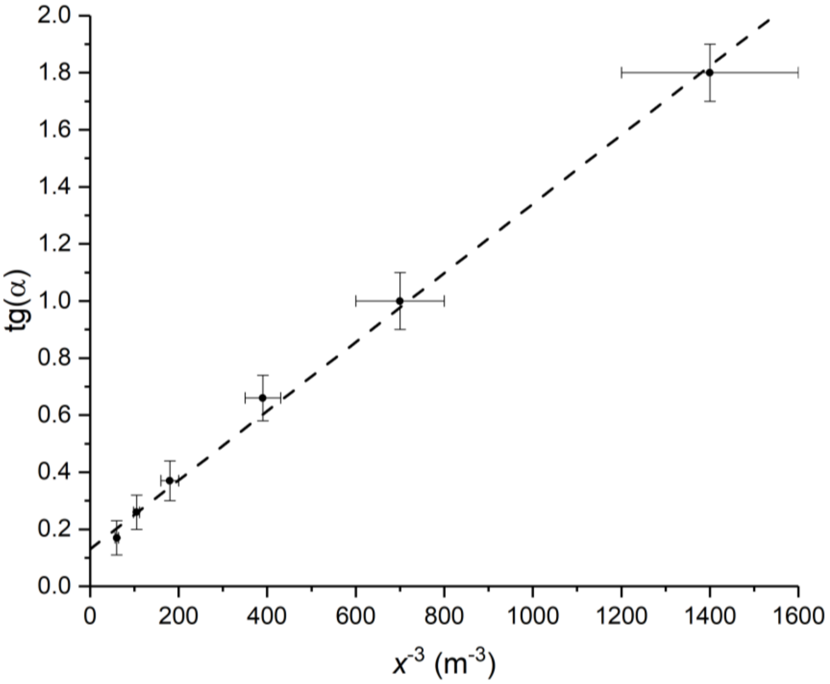
inciso		puntaje
a)	**Electroimán construido** 	3 ptos
b)	**Alfiler pegado.** **Ver figura de Consigna 1 – inciso a)**	1 pto

<u>Consigna 2</u>

inciso		puntaje
a)	**Brújula construida** 	3 ptos
b)	**La brújula indica la dirección geográfica Norte-Sur.** **Ver figura de Consigna 2 – inciso a)**	1 pto

Consigna 3

inciso		puntaje
a)		1 pto
b)	**Ver figura de Consigna 3 – inciso a)**	1 pto
c)	**Ver figura de Consigna 3 – inciso a)**	1 pto
d)		1 pto
e)	**Ver figura de Consigna 3 – inciso d)**	1 pto

f)	<table><tr><td>#</td><td>$x(cm)$ $(\pm 0,5\ cm)$</td><td>$h(cm)$ $(\pm 0,5\ cm)$</td><td>$x^{-3}(m^{-3})$</td><td>$\sigma x^{-3}(m^{-3})$</td><td>$tg(\alpha)$</td><td>$\sigma tg(\alpha)$</td></tr><tr><td>1</td><td>25,5</td><td>1,7</td><td>60</td><td>4</td><td>0,17</td><td>0,06</td></tr><tr><td>2</td><td>21,2</td><td>2,6</td><td>105</td><td>7</td><td>0,26</td><td>0,06</td></tr><tr><td>3</td><td>17,6</td><td>3,7</td><td>180</td><td>20</td><td>0,37</td><td>0,07</td></tr><tr><td>4</td><td>13,7</td><td>6,6</td><td>390</td><td>40</td><td>0,66</td><td>0,08</td></tr><tr><td>5</td><td>11,1</td><td>10,3</td><td>700</td><td>100</td><td>1,0</td><td>0,1</td></tr><tr><td>6</td><td>9,0</td><td>18,3</td><td>1400</td><td>200</td><td>1,8</td><td>0,1</td></tr></table> Para todas las mediciones: $h^* = (10,0 \pm 0,5)cm$	**5 ptos**
g)		**2 ptos**