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

La figura 1 muestra un cilindro, de 20 cm de altura y una base de 40 cm^2, construido con un material conductor térmico perfecto. Uno de los extremos del cilindro está sellado y en su interior hay 0,1 g de He encerrado por un pistón de 10 kg de masa que se puede desplazar sin rozamiento. La temperatura ambiente es de 27 °C.

Datos: $g = 10\ m/s^2$; 1 at = 101325 Pa; R = 8,314 J/(mol.K); masa atómica del He = 4 uma; 1 uma = $1{,}6605 \times 10^{-27}$ kg; constante de Avogadro = $6{,}022 \times 10^{23}\ mol^{-1}$.

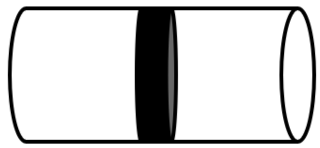


Figura 1

a) Determine el número de moles de He encerrado dentro del cilindro.
b) Calcule el volumen que ocupa el He dentro del cilindro.
c) Se coloca el cilindro vertical con la base abierta hacia arriba como se muestra en la figura 2. ¿Cuánto se desplazará el pistón?
d) Determine la energía perdida por el sistema.

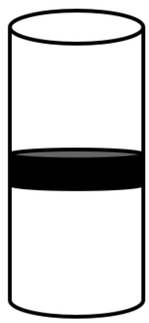


Figura 2

e) Ahora se invierte el pistón (ver figura 3) con la base abierta hacia abajo. ¿Saldrá el pistón fuera del cilindro?

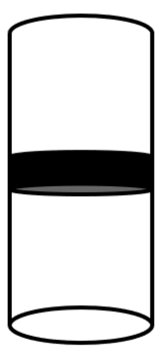


Figura 3

Problema 2

Se desea generar un campo magnético de 0,3 T en el centro de una bobina. Para ello se utilizará una bobina de 5 cm de diámetro construida con 1000 vueltas de alambre de cobre de 0,5 mm de diámetro.

Datos: resistividad del cobre = 1,7 x 10^{-8} Ω m; coeficiente térmico de la resistividad del cobre = 0,0039 $°C^{-1}$; resistividad del carbón = 3,5 x10^{-5} Ω m; coeficiente térmico de la resistividad del carbón = -0,005 $°C^{-1}$, permeabilidad del vacío = 4 π x 10^{-7} T m A^{-1}.

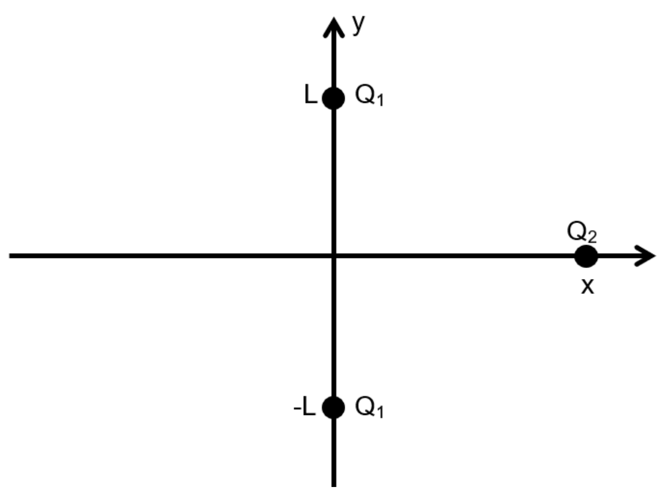
a) Determine la resistencia de la bobina.
b) Calcule cuál debe ser la intensidad de la corriente eléctrica que circulará por la bobina para generar el campo magnético deseado.
c) Determine el voltaje que se debe aplicar para que por la bobina circule la corriente deseada.
d) Si se alimenta la bobina con una fuente de 200 V, ¿cuál será la corriente que circulará por la bobina?
e) ¿Cuál es la potencia entregada por la fuente de voltaje?
f) ¿Cuál será la intensidad del campo magnético en el centro de la bobina?
g) Debido a la potencia disipada la temperatura de bobina se incrementa en 100 °C. ¿Cuál será ahora la corriente que circula por la bobina?
h) Aunque varíe la corriente que circula por la bobina, pero priorizando tener un valor constante de la resistencia total ante cambios de temperatura, a la resistencia de cobre se le coloca en serie una resistencia de carbón para compensar la variación de la resistencia con la temperatura. ¿Cuál debe ser el valor de la resistencia de carbón?

Problema 3

Sobre un plano se colocan 3 partículas cargadas como se muestra en la figura. Las partículas de carga positiva Q_1 están fijas en las posiciones (0, L) y (0,-L), mientras que la partícula de carga negativa Q_2 se puede mover libremente. En el instante mostrado en la figura la partícula de carga Q_2 se encuentra en reposo en la posición (x,0).

Nota: $k = 9 \times 10^9$ N m^2 C^{-2}.

a) Utilizando el sistema de coordenadas mostrado en la figura, dé la expresión de la fuerza resultante que las partículas de carga Q_1 ejercen sobre la partícula de carga Q_2 en función de Q_1, Q_2, L y x.
b) Describa cualitativamente cómo será el movimiento que tendrá la partícula de masa Q_2
c) Si Q_1 = 5 nC, Q_2 = -2 nC, M_2 = 1 mg, L = 0,6 m y x = 0,8 m calcule cuál será la máxima velocidad que alcanzará la partícula de carga Q_2.
d) Si se aparta la partícula de carga Q_2 muy poco de la posición de equilibrio (x << L), calcule el valor de su periodo de oscilación.



Problema Teórico 1

Hoja de Respuesta

Inciso		Puntaje
a)		
b)		
c)		
d)		
e)		

Problema Teórico 2

Hoja de Respuesta

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

Problema Teórico 3

Hoja de Respuesta

Inciso		Puntaje
a)		
b)		
c)		
d)		

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.

Medida de la densidad del aceite con un tubo en U.

Introducción

La densidad de un líquido (esto es, la relación entre su masa y su volumen) se puede medir de varias formas. Una de estas formas es usando lo aprendido sobre fluidos.

Como bien saben los buzos, la presión en el mar o en un lago aumenta cuando se sumergen a grandes profundidades. De hecho, la presión en un líquido (de densidad δ □ aumenta linealmente con la profundidad de tal manera que la presión a una profundidad h (ver figura 1) está dada por:

$$P = P_o + \delta g h$$

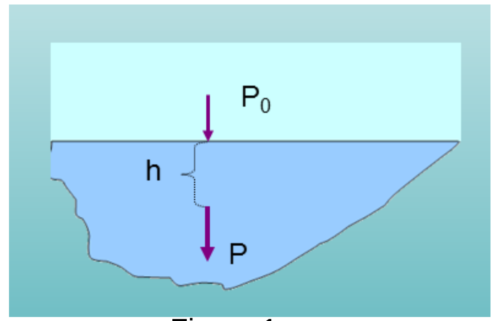


Figura 1

donde P_o es la presión atmosférica.

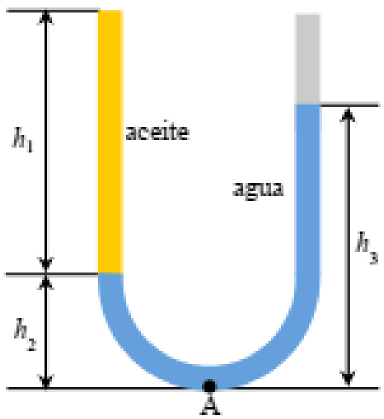


Figura 2

Si tomamos un tubo con forma de U en el que se colocan dos líquidos que no se pueden mezclar, como el agua y el aceite (figura 2), se obtendrá una situación como la mostrada en la figura.

OBJETIVO: Determinar la densidad del aceite de oliva o girasol δ_a

Materiales

- Un tubo en U que se construye con unos 55 cm de manguera flexible de plástico transparente de 5 mm de diámetro (como las que se usan en los acuarios domésticos).
- Una tabla que contenga agujeros para sujetar la manguera en forma de U como se indica en la figura 3. Para sujetarla se recomienda usar, por ejemplo, alambre de fardo.
- Papel blanco o milimetrado pegado a la tabla por debajo de la manguera para poder medir las alturas.
- Una regla
- 2 jeringas de 10 ml/cc.
- Aproximadamente 10 cc de aceite de oliva o girasol
- Aproximadamente 20 cc de agua
- Sal de cocina (ClNa)

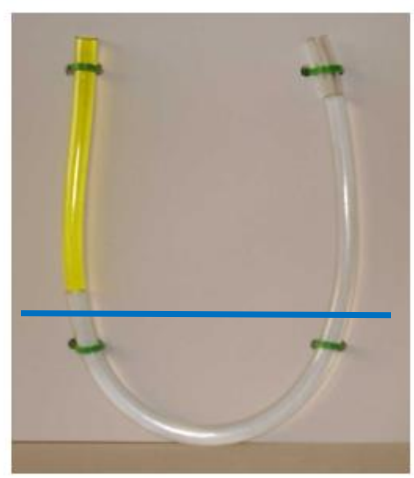


Figura 3

Procedimiento

1. Arme con la tabla, la manguera y el papel el sistema mostrado en la Figura 3
2. Prepare una disolución saturada de sal de densidad δ = (1,2 ± 0,1) g/cm^3. Para ello, a los 20 cc de agua, agregue 3 cucharadas de té de sal de cocina. Agita la sal y el agua durante varios minutos asegurándose que quede sal sin disolver en el fondo del recipiente. Coloque el tubo en U vertical (sujétalo para que permanezca así) y, usando las jeringas, llene el tubo hasta aproximadamente donde indica la línea azul de la figura 3 con la disolución saturada de sal (aproximadamente 6 ml).
3. Con la otra jeringa introduzca el aceite en una de las ramas de la U (aproximadamente 3 ml).
4. Mida las alturas h_i y determine δ_a
5. Variando la cantidad de disolución repita las medidas unas 10 veces.

Tarea

a) Escriba una expresión para la densidad del aceite δ_a en función de las variables que se pueden medir.
b) Reporte las mediciones en una tabla.
c) Grafique h_3 en función de h_2
d) Del ajuste determine el valor de δ_a

Problema Experimental
Hoja de respuestas.

inciso		**puntaje**
a)		
b)		
c)		
d)		

Olimpíada Argentina de Física

Pruebas Preparatorias
Segunda Prueba
Soluciones y puntajes

Problema Teórico 1

Hoja de Respuesta

Inciso		Puntaje
a)	0,025 moles	**1 pto.**
b)	$615{,}70\ cm^3$	**2 ptos.**
c)	$3{,}05\ cm$	**2 ptos.**
d)	$-3{,}05\ J$	**3 ptos.**
e)	Sí.	**2 ptos.**

Solución Problema Teórico 1:

a) El peso molecular del He es de 4 g/mol, por lo tanto, dentro del cilindro hay 0,025 moles.

b) La presión que soporta el gas es la presión atmosférica, entonces:

$$V = \frac{nRT}{P} = 615{,}70\ cm^3$$

c) Al estar en posición vertical la presión sobre el gas es la atmosférica más la que le ejerce el pistón. Entonces el volumen que ocupa es gas será

$$V_1 = \frac{nRT}{Pa + \frac{mg}{A}} = 493{,}86\ cm^3$$

Entonces la longitud del volumen que ocupaba el gas era V/A y ahora será V_1/A por lo tanto el pistón se habrá desplazado

$$\Delta h = \frac{615{,}74\ cm^3}{40\ cm^2} - \frac{493{,}86\ cm^3}{40\ cm^2} = 3{,}05\ cm$$

d) Como el proceso es isotérmico el gas no pierde energía. La única energía perdida es la variación de la energía potencial del pistón.

$$\Delta E = -m\ g\ \Delta h = -3{,}05\ J$$

e) Al invertir el sistema el pistón hace que se expanda el gas, por tanto, la presión que le ejerce el pistón cambia de signo.

$$V_2 = \frac{nRT}{Pa - \frac{mg}{A}} = 817{,}37\ cm^3$$

Entonces la altura del volumen que ocupa el gas será V_2/A = 20,43 cm. Como el cilindro tiene una altura de 20 cm el pistón se caerá.

Problema Teórico 2

Hoja de Respuesta

Inciso		Puntaje
a)	$13{,}6\ \Omega$	**1 pto.**
b)	$11{,}94\ A$	**2 ptos.**
c)	162,34 V	**1 pto.**
d)	14,71 A	**1 pto.**
e)	2941,18 W	**1 pto.**
f)	$0{,}370\ T$	**1 pto.**
g)	$18{,}904\ \Omega$	**1 pto.**
h)	$10{,}61\ \Omega$	**2 ptos.**

Solución Problema Teórico 2:

.

a) La resistencia de la bobina es

$$R = \frac{L\,\rho}{A} = \frac{N\,2\,\pi\,R_B}{\pi\,R_a^2} = 13{,}6\;\Omega$$

b) El campo generado por una bobina es

$$B = \frac{\mu\,N\,I}{2\,R_B}$$

Entonces

$$I = \frac{2\,R_B\,B}{\mu\,N} = 11{,}94\;A$$

c) El voltaje será V = I R = 162.34 V

d) La corriente que circulará por la bobina será I = V/R = 14,71 A

e) La potencia entregada por la fuente será P = V I = 2941,18 W

f)

$$B = \frac{\mu\,N\,I}{2\,R_B} = 0{,}370\;T$$

g) La resistencia será

$$R' = R(1 + \alpha_{Cu}\Delta T) = 18{,}904\;\Omega$$

Entonces la corriente será I = V / R' =18,51 A

h) Al estar en serie la resistencia de carbón la resistencia total, teniendo en cuenta la variación de la temperatura, será $R_T = R_{Cu} + R_C$

$$R_T = R_{Cu}(1 + \alpha_{Cu}\Delta T) + R_C(1 + \alpha_C\Delta T)$$

Para que no varíe con la temperatura se debe cumplir que

$$\Delta R_T = R_{Cu}\alpha_{Cu}\Delta T + R_C\alpha_C\Delta T = 0$$

Entonces

$$R_C = -\frac{R_{Cu}\alpha_{Cu}}{\alpha_C} = 10{,}61\;\Omega$$

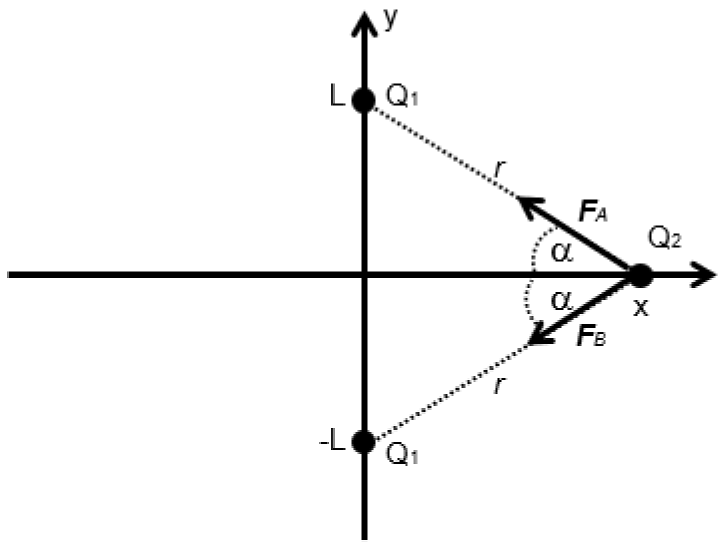
Problema Teórico 3

Hoja de Respuesta

Inciso		Puntaje
a)	$F_x = -\dfrac{2\,k\,\lvert Q_1\rvert \lvert Q_2\rvert}{(L^2 + x^2)^{\frac{3}{2}}}\,x \qquad F_y = 0$	**3 ptos.**
b)	Movimiento oscilatorio.	**2 ptos.**
c)	0,49 m/s	**3 ptos.**
d)	6,88 s	**2 ptos.**

Solución Problema Teórico 3:

a)



Las fuerzas que le ejercen las cargas Q_1 a la carga Q_2 tienen igual módulo, pues ambas cargas Q_1 están a la misma distancia de la carga Q_2. El módulo de cada una de estas fuerzas es

$$F = \frac{k\,|Q_1||Q_2|}{r^2}$$

Si la carga Q_2 está en una posición *x,* entonces

$$r = \sqrt{x^2 + L^2}$$

Descomponiendo en las direcciones *x* e *y* las fuerzas sobre la carga Q_2 se puede notar que las componentes horizontales son iguales en módulo y sentido, mientras que las componentes verticales serán de igual módulo, pero de sentido contrario. Por lo tanto, la resultante, $\boldsymbol{F}_A$+$\boldsymbol{F}_B$, tendrá sólo componente horizontal, pues la suma de las componentes verticales se anula. La resultante tendrá las siguientes componentes:

$$F_x = -\frac{2\,k\,|Q_1||Q_2|}{x^2 + L^2}\cos(\alpha) \qquad F_y = 0$$

A partir del dibujo se puede observar que

$$\cos(\alpha) = \frac{x}{r} = \frac{x}{\sqrt{x^2 + L^2}}$$

Por lo tanto, resulta

$$F_x = -\frac{2\,k\,|Q_1||Q_2|}{(x^2+L^2)^{\frac{3}{2}}}\,x \qquad F_y = 0$$

b) Como la carga Q_2 está inicialmente en reposo y la fuerza aplicada sólo tiene componente horizontal, solo tendrá una aceleración en esta dirección y siempre se moverá sobre el eje *x*. Para valores positivos de x la aceleración será negativa, en la posición x = 0 la fuerza será nula (posición de equilibrio), y para valores de x negativos la aceleración será positiva. Por lo tanto, la carga Q_2 tendrá un movimiento oscilatorio alrededor del punto de equilibrio (x = 0).

c) Como la energía se conserva la máxima velocidad se conseguirá cuando la energía potencial electrostática sea mínima, y esto ocurre cuando la partícula Q_2 se encuentra en la posición de equilibrio

$$E = \frac{2\,k\,Q_1Q_2}{\sqrt{L^2+x^2}} = \frac{2\,k\,Q_1Q_2}{L} + \frac{1}{2}\,m\,v^2$$

Resolviendo obtenemos: v = 0,49 m/s

d) Si x >> L en la expresión de la fuerza podemos considerar que $L^2 + x^2 \sim L^2$, entonces resulta

$$F_x = -\frac{2\,k\,|Q_1||Q_2|}{L^3}\,x$$

Que es equivalente a la fuerza de un resorte de constante equivalente

$$K_e = \frac{2\,k\,|Q_1||Q_2|}{L^3}$$

Entonces el periodo será $T = 2\pi/\omega$ donde $\omega = (K_e/m)^{1/2}$. Calculando resulta T = 6,88 s.

Problema Experimental
Hoja de respuestas.

inciso		**puntaje**
a)	$\delta_a = \delta \frac{h_3 - h_2}{h_1}$	**2 ptos.**
b)	Ver tabla 1.	**6 ptos.**
c)	Ver Figura 4.	**5 ptos por el gráfico + 5 ptos. Ajuste**
d)	$\delta_a = (0{,}9 \pm 0{,}1) g/cm^3$	**2 ptos.**

Solución Parte Experimental:

a- Considerando el lado derecho de la imagen donde solo hay agua salada se cumple que la presión en el punto A es:

$P_A = P_o + \delta g h_3$

Si consideramos la rama izquierda:

$P_A = P_o + \delta_a g h_1 + \delta g h_2$

Igualando ambas expresiones resulta:

$$\delta_a = \delta \frac{h_3 - h_2}{h_1} \qquad (1)$$

b- El valor de h_1 es fijo

Tabla 1: Mediciones realizadas

h_1[cm]	h_2±0.1[cm]	h_3±0.1[cm]
8,5 ±0.1	7,0	13,5
	8,7	14,9
	9,2	15,5
	9,7	16,0
	10,8	17,3
	11,5	18,0
	12,2	18,5
	13,0	19,1
	13,2	19,5
	14,8	21,3

c- De la ec. (1) resulta:

$$h_3 = h_2 + \frac{h_1 \delta_a}{\delta} \qquad (2)$$

Es decir que al graficar h_3 en función de h_2 se obtiene una recta de pendiente uno y de su ordenada al origen es posible determinar δ_a

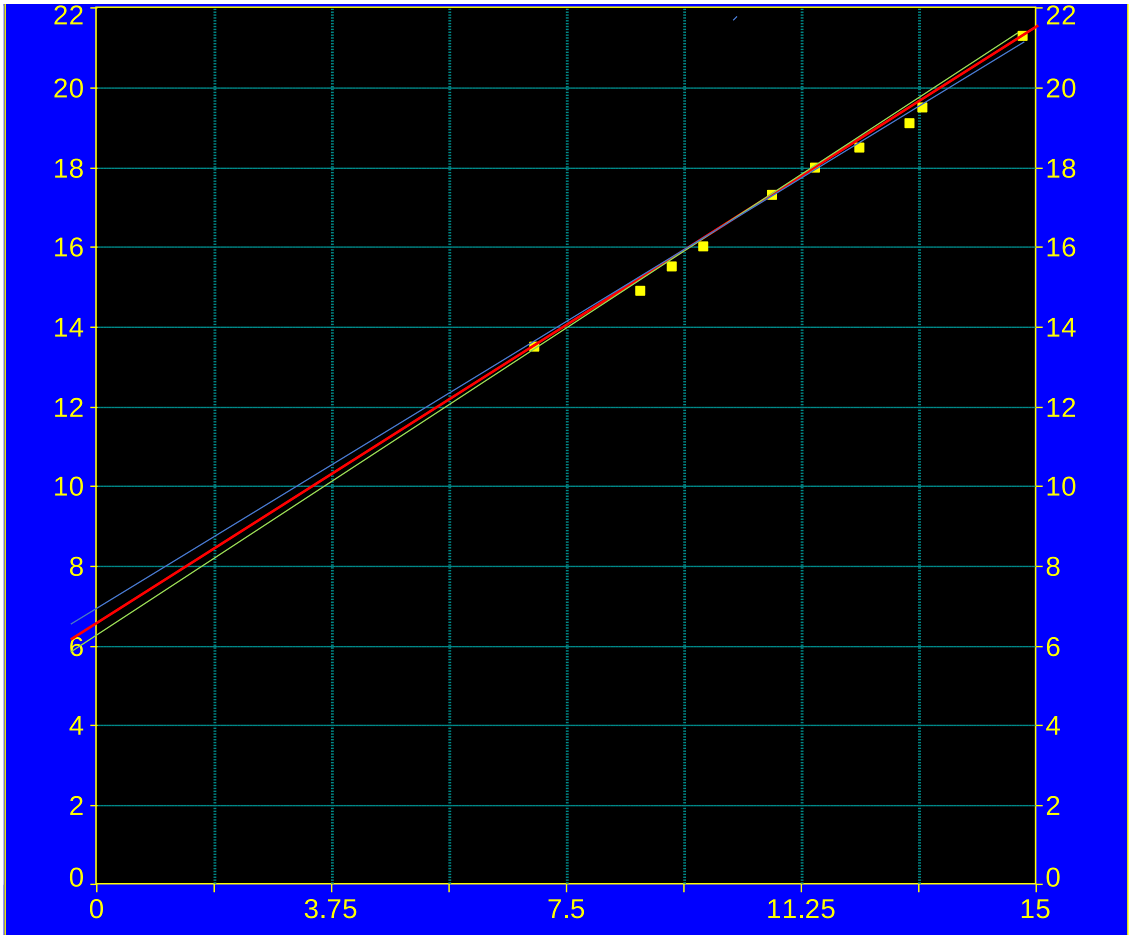


Figura 4. Gráfico de los puntos y el ajuste de los mismos según la ecuación 2.

La ordenada al origen es b = (6,4± 0,2) cm

d- $b = \frac{h_1 \delta_a}{\delta}$, entonces $\delta_a = \frac{b\delta}{h_1} = 0{,}9035\ g/cm^3$

Además

$$\frac{\Delta\delta_a}{\delta_a} = \frac{\Delta b}{b} + \frac{\Delta\delta}{\delta} + \frac{\Delta h_1}{h_1} = \frac{0{,}2}{6{,}4} + \frac{0{,}1}{1{,}2} + \frac{0.1}{8.5} = 0{,}1263$$

Entonces $\Delta\delta_a = 0{,}1$, finalmente

$$\delta_a = (0{,}9 \pm 0{,}1) g/cm^3$$