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

Un LED ideal está conectado en serie con una resistencia R y una f.e.m. ε, cuya resistencia interna es cero, como se muestra en la Figura 1. Las características de la corriente I en función del voltaje V, aplicado al LED se muestran en la Figura 2, siendo la conducción del LED infinita cuando el voltaje aplicado a él es igual a V_C.

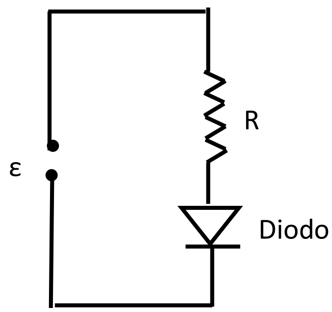


Figura 1

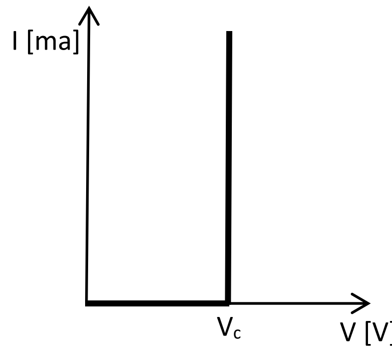


Figura 2

a) Si $V_C = 2\,V$, $\varepsilon = 5{,}0\,V$ y la resistencia limita la corriente que circula por el LED a $30\,mA$, ¿cuál es el valor de la resistencia R conectada en serie?
b) Calcule la potencia disipada por la fuente.
c) Calcule la fracción de la potencia de la fuente que se disipa en el LED.

Se reemplaza la f.e.m. por una fuente cuyo voltaje varía en el tiempo como se muestra en la Figura 3. Dicha señal de voltaje se conoce como diente de sierra, con una subida de tensión lineal y una caída vertical (que se puede considerar instantánea), con un período de 50 ms.

d) ¿A qué tiempo se enciende el LED por primera vez?
e) Calcule la fracción de tiempo durante la cual el LED está encendido.
f) Grafique la corriente que circula por el LED en función del tiempo durante dos ciclos indicando valores numéricos en ambos ejes.

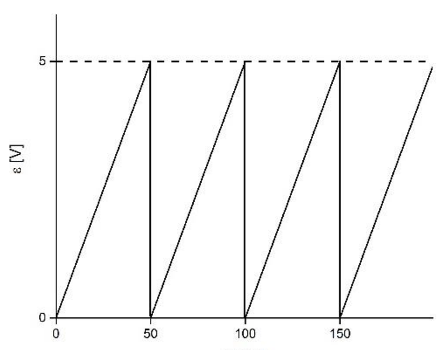


Figura 3.

Problema 2

Un conductor decide derretir la nieve de su parabrisas usando agua caliente a $72\,°C$.

Se sabe que $1\,l$ de nieve se puede comprimir en $1/5\,l$ de hielo, la densidad del agua es $\rho_a = 1000\,kg/m^3$, la densidad del hielo es $\rho_h = 920\,kg/m^3$, el calor latente de fusión del hielo es $\lambda_h = 334\,kJ/kg$, la capacidad calorífica del agua y del hielo $c_a = 4200\,J/Kg\,°C$ y $c_h = 2090\,J/Kg\,°C$

Si la temperatura exterior es $-10°C$, y suponiendo que no se pierde energía al ambiente,

a) Calcule la energía necesaria para fundir $1\,l$ de nieve
b) Calcule la masa mínima de agua necesaria para fundir $2\,l$ de nieve.
c) Si para fundir $2\,l$ de nieve se utiliza $1/2\,\,l$ de agua a $72°C$, determine la temperatura final del sistema.

Problema 3

El volumen de un neumático de automóvil es $20\,l$ cuando está correctamente inflado. Cuando está desinflado, de modo que el borde de la rueda se asienta sobre el asfalto, todavía tiene $16\,l$ de aire a presión atmosférica. Si el neumático se llena con aire a una atmósfera de presión, no levantará la llanta del suelo. Para lograrlo se requiere una sobrepresión.

Una Renault Capture tiene una masa de 1320 Kg y cada uno de sus neumáticos tiene, cuando está inflado, aproximadamente $150\ cm^2$ de área en contacto con el suelo.

a) ¿Cuál es el exceso de presión en el neumático de un automóvil que se necesita para levantar el peso del automóvil?
b) ¿Cuál es el volumen de aire tomado de la atmósfera que proporciona el exceso de presión en el neumático? Suponga que la temperatura permanece constante.

Una bomba de aire eléctrica está disponible y puede bombear aire de la atmósfera a una razón de $4\ l/minuto$.

c) ¿Cuánto tiempo le tomaría a la bomba inflar correctamente la llanta cuando está desinflada y apoyada en la llanta con solo $16\,l$ de aire?
d) Si se observa que la presión de los neumáticos aumenta un 10% cuando el automóvil se encuentra en marcha, determine el cambio en la temperatura de los neumáticos si el volumen de los mismos no cambia.

Datos:

$1\,atm\ =\ 1\ x\ 10^5\ Pa$

$g = 10\ m\ s^{-2}$

<u>Problema Teórico 1</u>
Hoja de Respuesta

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

Problema Teórico 2

Hoja de Respuesta

Inciso		Puntaje
a)		
b)		
c)		

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.

<u>Determinación de la densidad del aire</u>

Cuando un cuerpo cae en un fluido, el mismo sufre una fuerza de fricción F_D que se opone al movimiento y que depende de la velocidad del cuerpo. Si el cuerpo cae por acción de la gravedad, esta fuerza puede igualar al peso del cuerpo, y éste alcanza una velocidad constante (hemos despreciado a la fuerza debido al empuje) denominada *velocidad terminal.* Esta situación se puede describir mediante la siguiente ecuación:

$$F_D = \frac{1}{2} C_D \rho_a A v^2 = Mg \tag{1}$$

donde ρ_a es la densidad del aire, A y M son el área que el cuerpo le ofrece al fluido (sección máxima del cuerpo transversal al movimiento) y su masa, respectivamente, C_D el coeficiente de arrastre, v es la velocidad terminal y g la aceleración de la gravedad.

Objetivo: Determinar la densidad del aire (ρ_a)

Elementos:

- Hojas de papel A4 de gramaje conocido.
- Cronómetro
- Regla
- Transportador
- Compás
- Cinta adhesiva
- Tijera
- Cinta métrica (uso común)

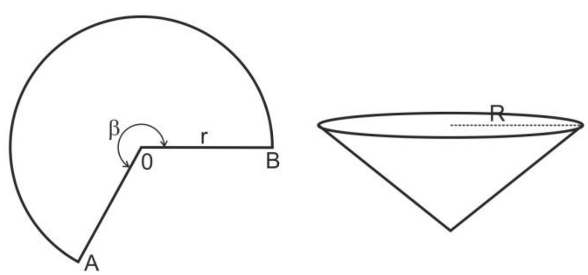
Procedimiento

Armado de los conos de papel:

En una hoja de papel de gramaje conocido, dibuje un círculo de radio $r = 10\,cm$. Sobre este círculo, dibuje un ángulo β como se muestra en el panel izquierdo de la figura.

Corte el dibujo realizado y pegue con cinta adhesiva los segmentos OA con OB para formar un cono como el mostrado en el panel derecho de la figura. Ponga atención al unir los extremos para que no queden espacios abiertos.

Arme **dos conos** para cada uno de los siguientes ángulos, $\beta = 330°, 300°, 270°\ y\ 240°$.



Mediciones:
Coloque los conos de igual β uno dentro del otro, ubicándolos de manera tal que las uniones estén contrapuestas. Deje caer los conos desde la altura máxima que alcance su brazo y mida el tiempo t_β que tardan los conos en caer desde la altura de sus ojos hasta el piso. Trate de dejar caer el cono siempre de la misma altura y mantenga la cabeza lo más derecha posible.
Repita esta medición al menos 10 veces para cada par de conos.
Determine la altura h de sus ojos utilizando la cinta métrica de uso común.

Análisis teórico
La masa de cada cono puede determinarse a partir del gramaje de las hojas (ρ_p, densidad superficial) y del área que se usó para formar el cono (A_p),

$$m = \rho_p A_p = \rho_p \beta \frac{r^2}{2}$$

donde β es el ángulo expresado en radianes.

El área que el cuerpo le ofrece al fluido (aire) es

$$A = \pi R^2$$

Como se puede ver en las figuras, se cumple:

$$2\pi R = \beta r$$

Luego,

$$A = \frac{r^2}{4\pi}\beta^2$$

De la ecuación (1), podemos escribir

$$C_D v^2 = 2\frac{g}{\rho_a}\frac{M}{A} = 2\frac{g}{\rho_a}\frac{2m}{A} = 4\frac{g}{\rho_a}\frac{2\pi\rho_p}{\beta}$$

Para las condiciones de medición $C_D = \frac{B}{v}$ donde $B = 1\,\frac{m}{s}$ y $v = \frac{h}{t_\beta}$

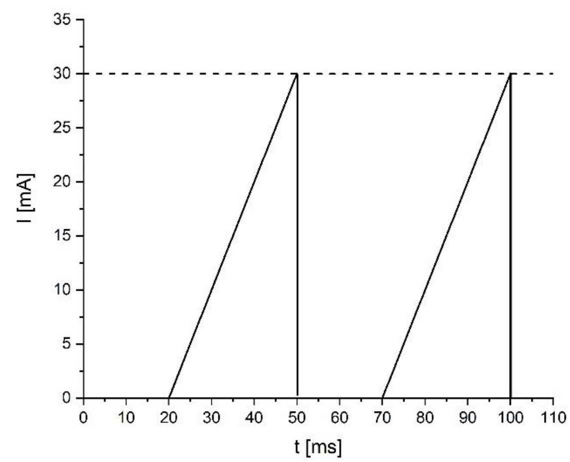
Reescribiendo,

$$\overline{t_\beta} = \frac{\rho_a h B}{8\pi g \rho_p}\beta \tag{2}$$

A partir de las mediciones realizadas, confeccione un gráfico de $\overline{t_\beta}$ en función de β y ajuste los puntos graficados con una recta. Determine la pendiente y la ordenada de la recta de ajuste.
A partir de los resultados anteriores y utilizando la ecuación (2), determine la densidad del aire ρ_a.

Considere $g = 10\,\frac{m}{s^2}$.

Problema Teórico 1
Hoja de Respuestas

		Puntaje
a)	$R = 100\,\Omega$	1 pto
b)	$P_{fem} = 150\,mW$	1 pto
c)	$P_{LED} = 60\,mW$	1 pto
d)	$t_e = 20\,ms$	2 ptos
e)	$f = \frac{\Delta t_{ON}}{\Delta t_T}$	2 ptos
f)		3 ptos

Solución Problema Teórico 1

a)

$$\varepsilon = V_C - iR$$

$$R = \frac{\varepsilon - V_C}{i} = \frac{5\ V - 2\ V}{30\ mA} = 100\ \Omega$$

b)

$$P_{fem} = i\ \varepsilon = 30\ mA \times 5\ V = 150\ mW$$

c)

$$P_{LED} = i\ V_C = 30\ mA \times 2\ V = 60\ mW$$

$$P_{LED} = P_{fem} - R\ i^2 = 150\ mW - 100\ \Omega\ (30\ mA)^2 = 150\ mW - 90\ mW = 60\ mW$$

d) La señal de voltaje $V(t)$ diente de sierra se puede escribir para $0\ ms \leq t < 50\ ms$ como

$$V(T) = 0{,}1\ V\ ms^{-1} t$$

Para que se encienda en LED. el voltaje aplicado debe ser igual a $V(t_e) = V_C = 2\ V$, luego

$$t_e = 20\ ms$$

e) Dado que la señal de voltaje es periódica, la fracción de tiempo f es el tiempo que está encendido el LED, Δt_{ON}, para un período dividido el período de la señal $\Delta t_T = 50\ ms$.

$$f = \frac{\Delta t_{ON}}{\Delta t_T}$$

El LED está encendido para los tiempos t para los cuales el voltaje aplicado es mayor o igual a V_C,

$$\Delta t_{ON} = 30\ ms$$

$$f = \frac{30\ ms}{50\ ms} = \frac{3}{5}$$

f)

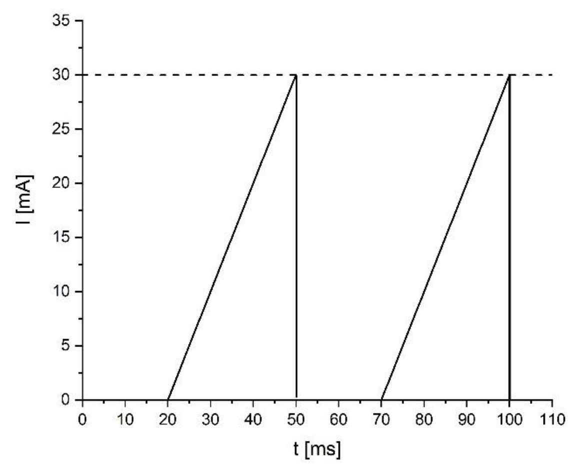


Figura: Grafico de la corriente en función del tiempo

Problema Teórico 2
Hoja de Respuestas

		Puntaje
a)	$Q = 65301{,}6\,J$	2 ptos
b)	$m_a = 0{,}432\ kg$	4 ptos
c)	$T_f = 5{,}65°C$	4 ptos

Solución Problema Teórico 2

a) Como $1\,l$ de nieve se puede comprimir en $1/5\,l$ de hielo, $1\,l$ de nieve equivale a una masa de hielo m_h

$$m_h = \frac{1}{5} l \times \rho_h = \frac{1}{5} \times 10^{-3}\, m^3 \times 920 \frac{kg}{m^3} = 0{,}184\, kg$$

La energía necesaria para derretir $1\,l$ de nieve equivale a la energía necesaria para que una masa de $0{,}184\, kg$ de hielo a $T_0 = -10°C$ alcance una temperatura de $T_f = 0°C$ y se derrita.

$$Q = m_h\, c_h \left(T_f - T_0\right) + m_h \lambda_h$$

$$Q = 0{,}184\, kg \times 2090 \frac{J}{Kg}\, °C (0°C + 10°C) + 0{,}184\, kg \times 334 \times 10^3\, J/kg$$

$$Q = 65301{,}6\, J$$

b) La masa de agua mínima m_a corresponde a la masa de agua a $72°C$ necesaria para derretir $2\,l$ de nieve. La energía necesaria para derretir $2\,l$ de nieve es igual a $2Q$, donde Q es la energía calculada en el punto anterior, dado que se duplico la masa de nieve.

$$2Q = -Q_a$$

Donde Q_a es la energía que entrega una masa de agua m_a cuando disminuye su temperatura de $T_i = 72°C$ a $T_0 = 0°C$

$$2Q = -\, m_a\, c_a (T_0 - T_i)$$

$$m_a = \frac{2Q}{-\, c_a (T_0 - T_i)} = \frac{2 \times 65301{,}6\, J}{-4200\, J/Kg\, °C \times (0°C - 72°C)} = 0{,}432\, kg$$

c) La nueva masa de agua a una temperatura $T_i = 72°C$ es

$$m'_a = 0{,}5 \times 10^{-3}\, m^3 \times \rho_a = 0{,}5\, kg$$

La masa de hielo a una temperatura $T_0 = -10°C$ es $m'_h = 2 \times 0{,}184\, kg = 0{,}368\, kg$

$$m'_h c_h (0°C - T_0) + m'_h \lambda_h + m'_h c_a \left(T_f - 0°C\right) + m'_a c_a \left(T_f - T_i\right) = 0$$

$$-m'_h c_h T_0 + m'_h \lambda_h - m'_a c_a T_i + (m'_h + m'_a) c_a T_f = 0$$

$$T_f = \frac{m'_h c_h T_0 - m'_h \lambda_h + m'_a c_a T_i}{(m'_h + m'_a) c_a} = 5{,}65°C$$

Problema Teórico 3
Hoja de Respuestas

		Puntaje
a)	$P = 2{,}2\ atm$	2 ptos
b)	$V'' = 48\ l$	4 ptos
c)	$\Delta t = 12\ minutos$	2 ptos
d)	$T^* = 1{,}1\ T$ La temperatura aumentó un 10%.	2 ptos

Solución Problema Teórico 3

a) El peso del automóvil debe estar soportado por la fuerza que realiza cada llanta,

$$M_A\, g = 4\, P\, A$$

$$P = \frac{M_A\, g}{4\, A} = \frac{1320\, kg\ \times 10\, m\, s^{-2}}{4 \times 15 \times 10^{-3}\, m^3} = 220000\, Pa \sim 2{,}2\, atm$$

b) Cuando el neumático está inflado tiene una presión $P = 3{,}2\, atm$ y un volumen $V = 20\, l$, y cuando está desinflado, tiene una presión $P' = 1\, atm$ y un volumen $V' = 16\, l$.
Como la temperatura T permanece constante, el número de moles de aire (n y n') dentro del neumático, en cada caso, está dado por,

$$n = \frac{P\, V}{R\, T}$$

$$n' = \frac{P'\, V'}{R\, T}$$

La cantidad de moles de aire para inflar el neumático Δn es,

$$\Delta n = n - n' = \frac{1}{R\, T}(P\, V - P'V')$$

La atmósfera está a una presión $P' = 1\, atm$ y a una temperatura T, luego Δn moles de aire ocupan un volumen V'' dado por

$$V'' = \frac{\Delta n\, R\, T}{P'}$$

Combinando estas dos ecuaciones

$$V'' = \frac{P}{P'}V - V' = 48\, l$$

c) La bomba debe bombear un volumen $V'' = 48\, l$ de aire.

$$\Delta t = \frac{V''}{4\, l\, minutos^{-1}} = 12\, minutos$$

d) La nueva presión es $P^* = 1{,}1\, P$. Como el volumen y la cantidad de aires se mantienen constantes

$$\frac{P^*}{T^*} = \frac{P}{T}$$

Donde T^* es la temperatura del neumático.

$$T^* = \frac{P^*}{P}T = \frac{1{,}1\, P}{P}T = 1{,}1\, T$$

La temperatura aumentó un 10%.

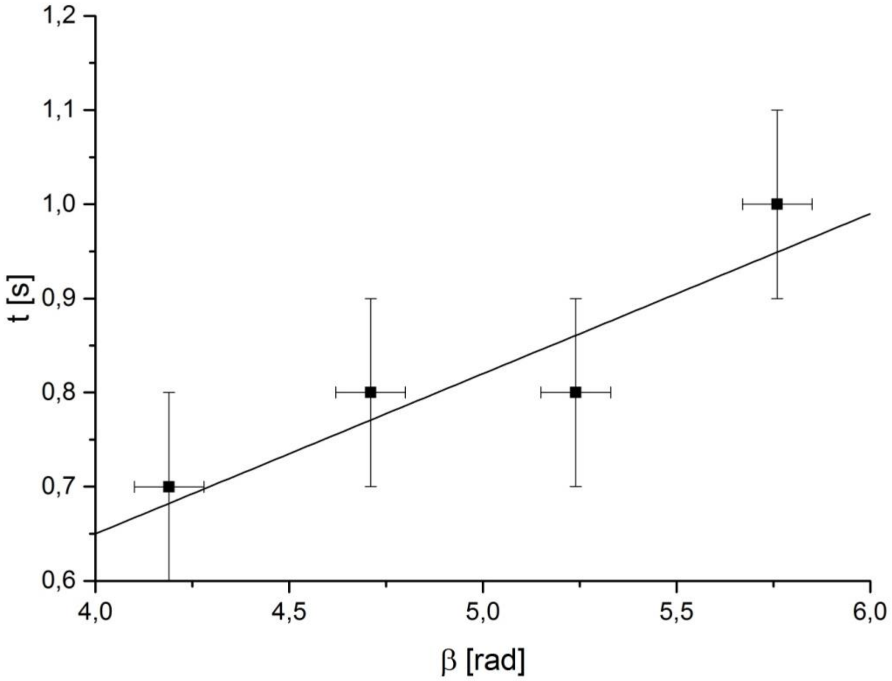
Solución Prueba Experimental

El tiempo se midió para una altura $h = (1{,}70 \pm 0{,}05)m$ **(Medición de la altura: 1 pto)**

(Mediciones: 10 ptos)

$\#$	$\beta[º] \ \pm\ 5º$	$\beta\ [rad] \pm\ 0.09rad$	$t[s]\ \pm 0{,}1s$	$\bar{t}[s]\ \pm 0{,}1s$
1	240	4,19	0,8	0,7
2			0,7	
3			0,8	
4			0,7	
5			0,7	
6			0,7	
7			0,6	
8			0,8	
9			0,7	
10			0,7	
1	270	4,71	0,8	0,8
2			0,8	
3			0,8	
4			0,8	
5			0,8	
6			0,8	
7			0,8	
8			0,9	
9			0,8	
10			0,8	
1	300	5,24	0,8	0,8
2			0,8	
3			0,8	
4			0,8	
5			0,8	
6			0,8	
7			0,8	
8			0,9	
9			0,8	
10			0,8	
1	330	5,76	0,8	1,0
2			1,0	
3			1,0	
4			1,0	
5			0,9	
6			0,9	
7			1,0	
8			1,0	
9			0,9	
10			1,0	

(Gráfico: 5 ptos)



(Ajuste: 2 ptos)
Del ajuste $t = c + b\,\beta$ se obtiene

$$c = (0\ \pm 0{,}3)s$$
$$b = (0{,}17\ \pm 0{,}05)s$$

(Valor de ρ_a: 2 ptos)
De la ecuación (2) se obtiene,

$$\rho_a = b\,\frac{8\pi g \rho_p B}{h}$$

$$\frac{\Delta\rho_a}{\rho_a} = \frac{\Delta b}{b} + \frac{\Delta g}{g} + \frac{\Delta\rho_p}{\rho_p} + \frac{\Delta h}{h}$$

$$\rho_a = (2{,}0 \pm 0{,}8)\ kg\ m^{-3}$$