Olimpíada Argentina de Física 2019

Instancia Nacional

Prueba Experimental – NIVEL 1

Nombre y apellido: ________________________________

DNI: ___________________

Reglas a tener en cuenta

<u>Antes de comenzar la prueba</u>:

- Escriba su nombre y su número de DNI **en el sitio indicado.** No los consigne **en ningún otro sitio de la prueba, de hacerlo, será causal de descalificación.**
- Lea cuidadosamente **TODO** el enunciado de la prueba.

<u>Durante la prueba</u>:

- Sólo puede utilizar sus útiles de escritura y geometría, las hojas provistas y una calculadora científica no programable. **Escriba con lapicera azul o negra,** resaltados o uso de otros colores serán plausibles de descalificación.
- Si necesita más hojas pídalas al Bedel.
- Cualquier **duda o consulta** que quiera realizar la debe hacer **únicamente por escrito** y entregársela al Bedel.
- Escriba la solución en las hojas provistas y numérelas. **No enumere las hojas del enunciado y no escriba respuestas en ellas pues no serán consideradas.**
- **Escriba de un solo lado de las hojas.**

<u>Al finalizar la prueba:</u>

- Abroche las hojas en el orden que desea entregarlas, **siempre debe estar, primero, la hoja de respuestas provista.**
- Entregue la prueba en el sobre provisto. **No escriba nada en el sobre.**
- Antes de retirarse **acomode y deje el equipo como lo encontró.**

No encienda el equipo hasta haber leído todo el enunciado y esté listo para realizar las mediciones requeridas.

Introducción

El aire es una mezcla homogénea de gases que constituye la atmósfera terrestre, la cual permanece alrededor del planeta Tierra por acción de la fuerza de gravedad. Esta mezcla está compuesta por nitrógeno (N_2), oxígeno (O_2), argón (Ar), dióxido de carbono (CO_2) y pequeñas cantidades de otros gases. Además, el aire contiene una cantidad variable de vapor de agua.

El aire se puede considerar un gas ideal y, por lo tanto, debe cumplir la ecuación de estado de los gases ideales. Es decir, si n moles de aire ocupan un volumen V y tienen una temperatura T, estos ejercen una presión P dada por,

$$PV = nRT \tag{1}$$

Donde R es la constante universal de los gases.

Por otro lado, si este sistema experimenta una compresión o expansión adiabática, la presión y el volumen deben cumplir que,

$$PV^{\gamma} = cte \tag{2}$$

Donde $\gamma = \frac{c_P}{c_V}$

c_P es la capacidad calorífica molar a presión constante.

c_V es la capacidad calorífica molar a volumen constante del aire.

Objetivo: Determinar experimentalmente el valor de R y el valor de γ para el aire.

Dispositivo experimental

El dispositivo experimental, que se esquematiza en la figura 1, consta de una jeringa en cuyo interior se instaló un sensor de temperatura y presión. En la boquilla de la jeringa se puso una válvula mientras que el émbolo se conectó a un tornillo mediante el cual se puede variar el volumen del aire contenido en la jeringa de manera más controlada. En el extremo del tornillo se ubica un goniómetro.

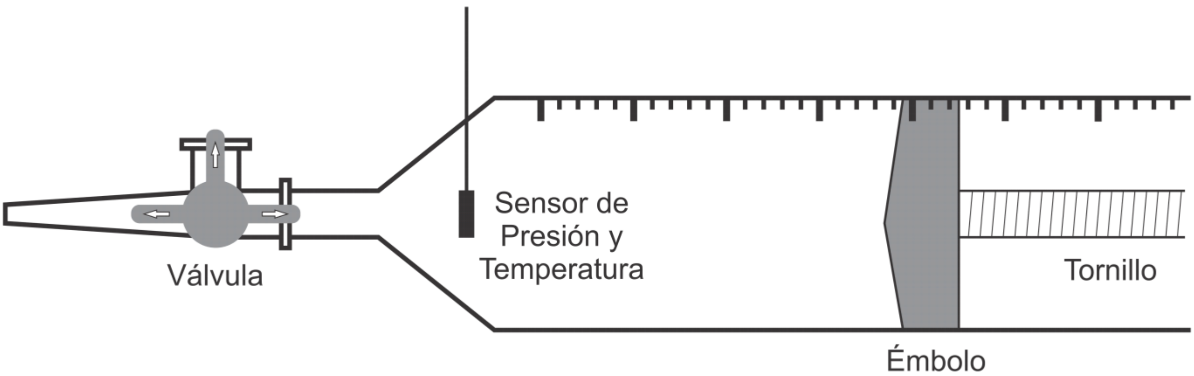


Figura 1. Esquema del dispositivo experimental

La válvula permite abrir o cerrar la jeringa. Así, con la válvula abierta se puede igualar la presión del aire dentro de la jeringa con la del aire exterior, es decir con la presión atmosférica. Con la válvula cerrada es posible mantener constante el número de moles de aire en el interior de la jeringa. La figura 2 esquematiza, en una vista desde arriba, la posición de la válvula abierta (izquierda) y cerrada (derecha).

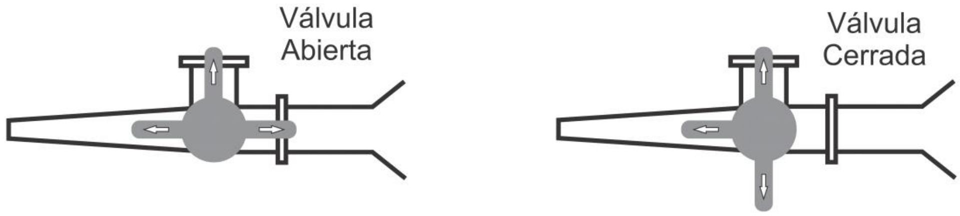


Figura 2. Vista desde arriba de la válvula: posición abierta (izquierda) y posición cerrada (derecha).

La jeringa tiene un volumen máximo de trabajo de $60\,ml$. Dada la ubicación del sensor, el volumen mínimo de trabajo de la jeringa es de aproximadamente $10\,ml$.
El sensor de temperatura tiene una apreciación de $0{,}1°C$ y el sensor de presión de $0{,}1\,hPa$.
El rango de trabajo del sensor de presión es $[300;\ 1100]\,hPa$.
El sensor se encuentra conectado a una placa arduino con su correspondiente pantalla, la cual tiene una tecla de encendido y apagado (On/Off). **Solo encienda la placa arduino cuando tenga que realizar las mediciones, y apague la misma cuando termine de hacerlas.**

Primera Parte.

Para determinar el valor de R se realizarán mediciones de la presión P y de la temperatura T de n moles de aire, contenidos en la jeringa, cuando se varía el volumen V que ocupan.
Para este caso, el volumen que ocupa el aire está dado por,

$$V = V_0 + v \tag{3}$$

Donde v es el volumen indicado en la escala de la jeringa y V_0 es el volumen de aire en el interior de la válvula.

Teniendo en cuenta la ecuación (3) y la ecuación (1) se obtiene,

$$\frac{T}{P} = \frac{V_0}{nR} + \frac{v}{nR} \tag{4}$$

Procedimiento:

1.1. Determinar la variación de volumen Δv de la jeringa para una vuelta del tornillo conectado al émbolo de la misma.
Para ello, con la válvula abierta, mida el número de vueltas del tornillo necesarias para obtener una variación de volumen de $30\,ml$. Repita esta medición, al menos, 5 veces

Con la válvula abierta, ubique el émbolo de la jeringa para un valor de $v = 20\,ml$. Una vez ubicado el émbolo en dicha posición, cierre la válvula.

1.2. Mida la presión P y la temperatura T del aire encerrado en la jeringa para distintos valores de v. Realice mediciones para $v < v_i$ (compresión) y para $v > v_i$ (expansión). Reporte los valores medidos en una tabla.

1.3. Grafique $\frac{T}{P}$ en función de v y realice un ajuste lineal de estas variables. Reporte el valor de la ordenada al origen y de la pendiente obtenida mediante el ajuste.

1.4. A partir de los valores de la ordenada al origen y de la pendiente obtenida mediante el ajuste, determine el valor de V_0.

1.5. Determine el número de moles n de aire utilizado en las mediciones, sabiendo que la densidad del aire (ρ_{aire}) para una presión de $1013{,}3\ hPa$ depende de la temperatura como se muestra en la figura 3 y que la masa molar del aire es $M_{aire} = (28{,}97 \pm 0{,}03) g\ mol^{-1}$. Reporte el valor de la densidad del aire utilizado para determinar el valor de n.

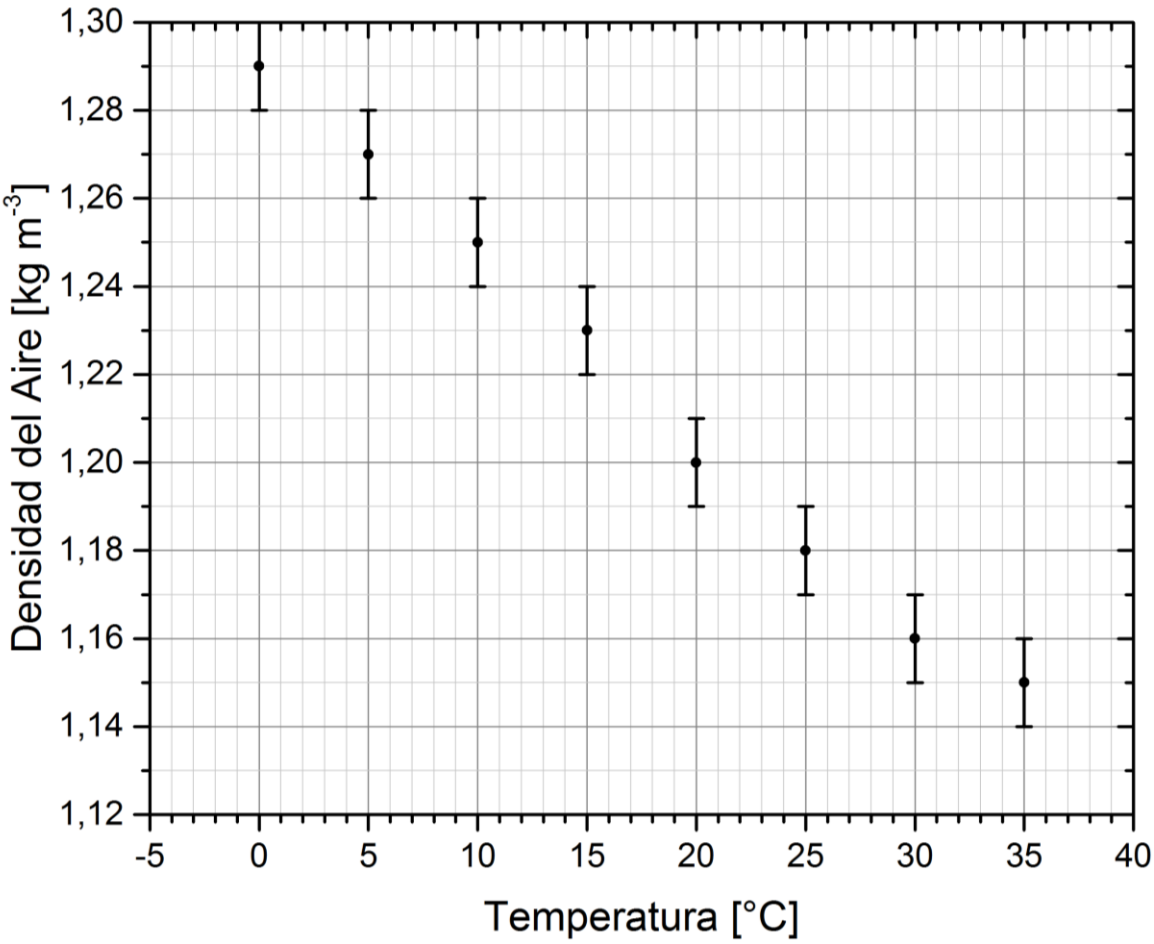


Figura 3. Densidad del aire en función de la temperatura para una presión de $1013{,}3\ hPa$.

1.6. Determine el valor de R con su correspondiente incertidumbre.

Segunda Parte.

Para determinar el valor de γ para el aire se someterá a un número n de moles de aire al proceso indicado por la línea continua en la figura 4. Las flechas indican el sentido en que se realizan los procesos. La línea que unen los estados $(V_A;\ P_A)$ y $(V_B;\ P_{atm})$ corresponde a un proceso adiabático mientras que la línea a trazos que unen los estados $(V_A;\ P_A)$ y $(V_B;\ P_B)$ corresponde a una isoterma de temperatura T_{amb}.

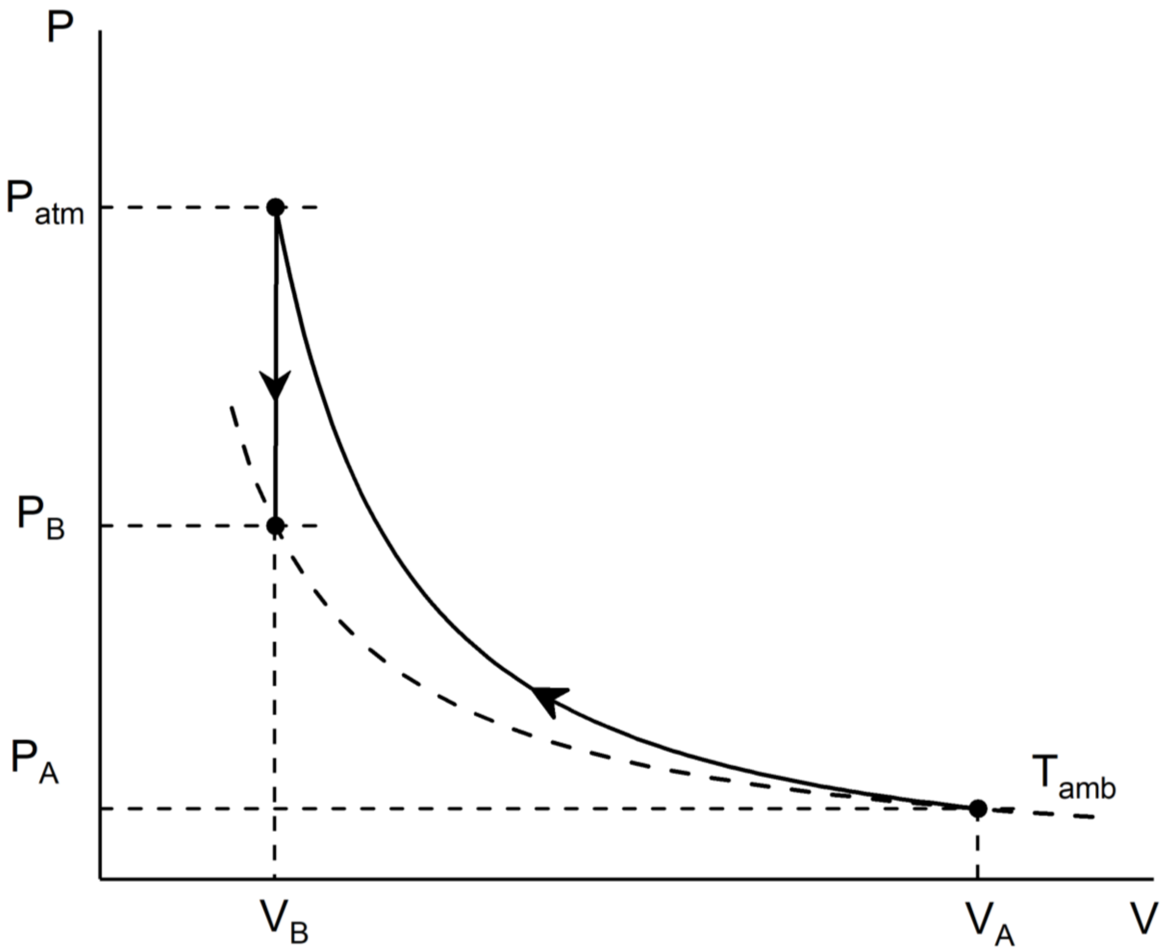


Figura 4.

Se puede demostrar que si n de moles de aire realizan los procesos termodinámicos indicados en la figura 4, el valor de γ se puede obtener de la siguiente relación,

$$\gamma = \frac{ln(P_{atm}) - ln(P_A)}{ln(P_B) - ln(P_A)} \tag{5}$$

Donde $ln(x)$ indica el logaritmo natural de x.

Procedimiento

a. Con la válvula abierta, ubique el émbolo en la posición de la escala correspondiente a $40\ ml$.

b. Reporte el valor de P_{atm}.

c. Cierre la válvula.

d. Expanda el aire contenido dentro de la jeringa en un volumen **menor** a $5\,ml$. Reporte el valor de la presión del aire P_A luego de la expansión.

e. Abra y cierre la válvula para que el aire en el interior de la jeringa se comprima adiabáticamente alcanzando la presión atmosférica. **Este paso debe realizarse lo más rápidamente posible pero permitiendo que el sistema alcance la presión atmosférica.**

f. Espere a que el valor de la presión del aire alcance un valor de equilibrio y reporte dicho valor P_B.

g. Repita los pasos anteriores para obtener al menos cinco (5) mediciones.

2.1 Reporte las mediciones de P_{atm}, P_A y P_B en una Tabla.

Nota: Para el cálculo de incertidumbre del logaritmo natural tenga en cuenta que si $x = (\bar{x} \pm \Delta x)$ y $g = \ln(x)$, la incertidumbre Δg puede determinarse mediante,

$$\Delta g = \frac{1}{2}[\ln(\bar{x} + \Delta x) - \ln(\bar{x} - \Delta x)]$$

2.2. Reporte el valor de γ obtenido en cada medición y reporte su valor medio y la incertidumbre estimada.

Olimpíada Argentina de Física 2019

Instancia Nacional

Prueba Experimental – NIVEL 2

Nombre y apellido: ________________________________

DNI: ___________________

Reglas a tener en cuenta

<u>Antes de comenzar la prueba</u>:

- Escriba su nombre y su número de DNI **en el sitio indicado.** No los consigne **en ningún otro sitio de la prueba, de hacerlo, será causal de descalificación.**
- Lea cuidadosamente **TODO** el enunciado de la prueba.

<u>Durante la prueba</u>:

- Sólo puede utilizar sus útiles de escritura y geometría, las hojas provistas y una calculadora científica no programable. **Escriba con lapicera azul o negra,** resaltados o uso de otros colores serán plausibles de descalificación.
- Si necesita más hojas pídalas al Bedel.
- Cualquier **duda o consulta** que quiera realizar la debe hacer **únicamente por escrito** y entregársela al Bedel.
- Escriba la solución en las hojas provistas y numérelas. **No enumere las hojas del enunciado y no escriba respuestas en ellas pues no serán consideradas.**
- **Escriba de un solo lado de las hojas.**

<u>Al finalizar la prueba:</u>

- Abroche las hojas en el orden que desea entregarlas, **siempre debe estar, primero, la hoja de respuestas provista.**
- Entregue la prueba en el sobre provisto. **No escriba nada en el sobre.**
- Antes de retirarse **acomode y deje el equipo como lo encontró.**

No encienda el equipo hasta haber leído todo el enunciado y esté listo para realizar las mediciones requeridas.

Introducción

El aire es una mezcla homogénea de gases que constituye la atmósfera terrestre, la cual permanece alrededor del planeta Tierra por acción de la fuerza de gravedad. Esta mezcla está compuesta por nitrógeno (N_2), oxígeno (O_2), argón (Ar), dióxido de carbono (CO_2) y pequeñas cantidades de otros gases. Además, el aire contiene una cantidad variable de vapor de agua.

El aire se puede considerar un gas ideal y, por lo tanto, debe cumplir la ecuación de estado de los gases ideales. Es decir, si n moles de aire ocupan un volumen V y tienen una temperatura T, estos ejercen una presión P dada por,

$$PV = nRT \tag{1}$$

Donde R es la constante universal de los gases.
Por otro lado, si este sistema experimenta una compresión o expansión adiabática, la presión y el volumen deben cumplir que,

$$PV^{\gamma} = cte \tag{2}$$

Donde $\gamma = \frac{c_P}{c_V}$
c_P es la capacidad calorífica molar a presión constante.
c_V es la capacidad calorífica molar a volumen constante del aire.

Objetivo: Determinar experimentalmente el valor de R y el valor de γ para el aire.

Dispositivo experimental

El dispositivo experimental, que se esquematiza en la figura 1, consta de una jeringa en cuyo interior se instaló un sensor de temperatura y presión. En la boquilla de la jeringa se puso una válvula, mientras que el émbolo se conectó a un tornillo mediante el cual se puede variar el volumen del aire contenido en la jeringa de manera más controlada. En el extremo del tornillo se ubica un goniómetro.

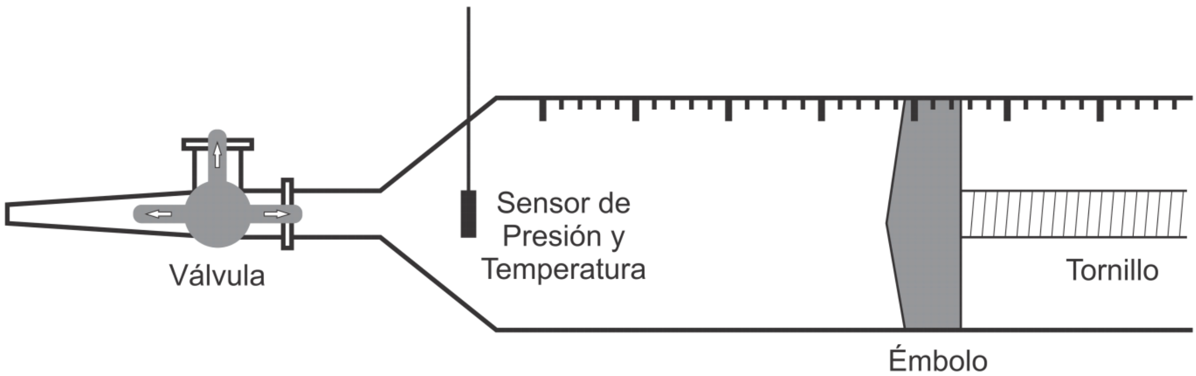


Figura 1. Esquema del dispositivo experimental

La válvula permite abrir o cerrar la jeringa. Así, con la válvula abierta se puede igualar la presión del aire dentro de la jeringa con la del aire exterior, es decir con la presión atmosférica. Con la válvula cerrada es posible mantener constante el número de moles de aire en el interior de la jeringa. La figura 2 esquematiza, en una vista desde arriba, la posición de la válvula abierta (izquierda) y cerrada (derecha).

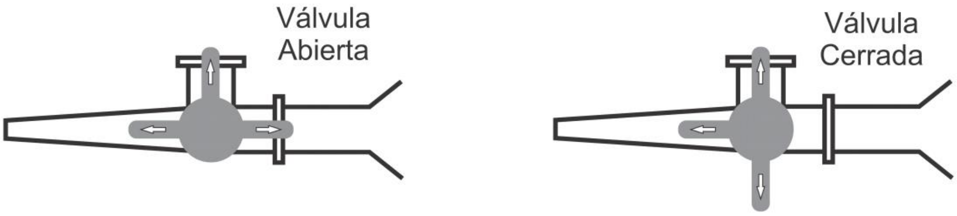


Figura 2. Vista desde arriba de la válvula: posición abierta (izquierda) y posición cerrada (derecha).

La jeringa tiene un volumen máximo de trabajo de $60\,ml$. Dada la ubicación del sensor, el volumen mínimo de trabajo de la jeringa es de aproximadamente $10\,ml$.
El sensor de temperatura tiene una apreciación de $0{,}1°C$ y el sensor de presión de $0{,}1\,hPa$.
El rango de trabajo del sensor de presión es $[300;\ 1100]\,hPa$.
El sensor se encuentra conectado a una placa arduino con su correspondiente pantalla, la cual tiene una tecla de encendido y apagado (On/Off). **Solo encienda la placa arduino cuando tenga que realizar las mediciones y apague la misma cuando termine de hacerlas.**

Primera Parte.

Para determinar el valor de R se realizarán mediciones de la presión P y de la temperatura T de n moles de aire, contenidos en la jeringa, cuando se varía el volumen V que ocupan.
Para este caso, el volumen que ocupa el aire está dado por,

$$V = V_0 + v \tag{3}$$

Donde v es el volumen indicado en la escala de la jeringa y V_0 es el volumen de aire en el interior de la válvula.

Procedimiento:

1.1. Determinar la variación de volumen Δv de la jeringa para una vuelta del tornillo conectado al émbolo de la misma.
Para ello, con la válvula abierta, mida el número de vueltas del tornillo necesarias para obtener una variación de volumen de $30\,ml$. Repita esta medición, al menos, 5 veces.

1.2. En base a los rangos de trabajo de la jeringa y del sensor de presión, estime el valor de v inicial (v_i) de manera tal que en las mediciones se cubra el mayor rango posible de valores de presión y de volumen. Para ello, suponga un proceso isotérmico.
Ubique el émbolo en el valor estimado de v_i y cierre la válvula. Reporte el valor de v_i utilizado.

1.3. Mida la presión P y la temperatura T del aire encerrado en la jeringa para distintos valores de v. Realice mediciones para $v < v_i$ (compresión) y para $v > v_i$ (expansión). Reporte los valores medidos en una tabla.

1.4. A partir de las ecuaciones (1) y (3), defina una variable dependiente (y) y una independiente (x) en función de las cantidades medidas, de manera tal de obtener una relación lineal entre x e y.

1.5. Grafique y en función de x y realice un ajuste lineal de éstas. Reporte el valor de la ordenada al origen y de la pendiente obtenida mediante el ajuste.

1.6. A partir de los valores de la ordenada al origen y de la pendiente obtenida mediante el ajuste, determine el valor de V_0.

1.7. Dada la composición química del aire (Tabla 1) y la masa atómica de los elementos que la componen (Tabla 2), determine la masa molar promedio del aire M_{aire}.

Tabla 1. Componentes principales del aire

Gases	Concentración [%]
N_2	78,08
O_2	20,94
Ar	0,93
CO_2	0,03

La incertidumbre asociada a los valores es $0{,}01\%$.

Tabla 2. Masa atómica.

Elemento	Masa atómica [$g\ mol^{-1}$]
N	14,01
O	16,00
Ar	39,95
C	12,01

La incertidumbre asociada a los valores es $0{,}01\ g\ mol^{-1}$.

1.8. Determine el número de moles n de aire utilizado en las mediciones, sabiendo que la densidad del aire (ρ_{aire}) para una presión de $1013{,}3\ hPa$ depende de la temperatura como se muestra en la figura 3. Reporte el valor de la densidad del aire utilizado para determinar el valor de n.

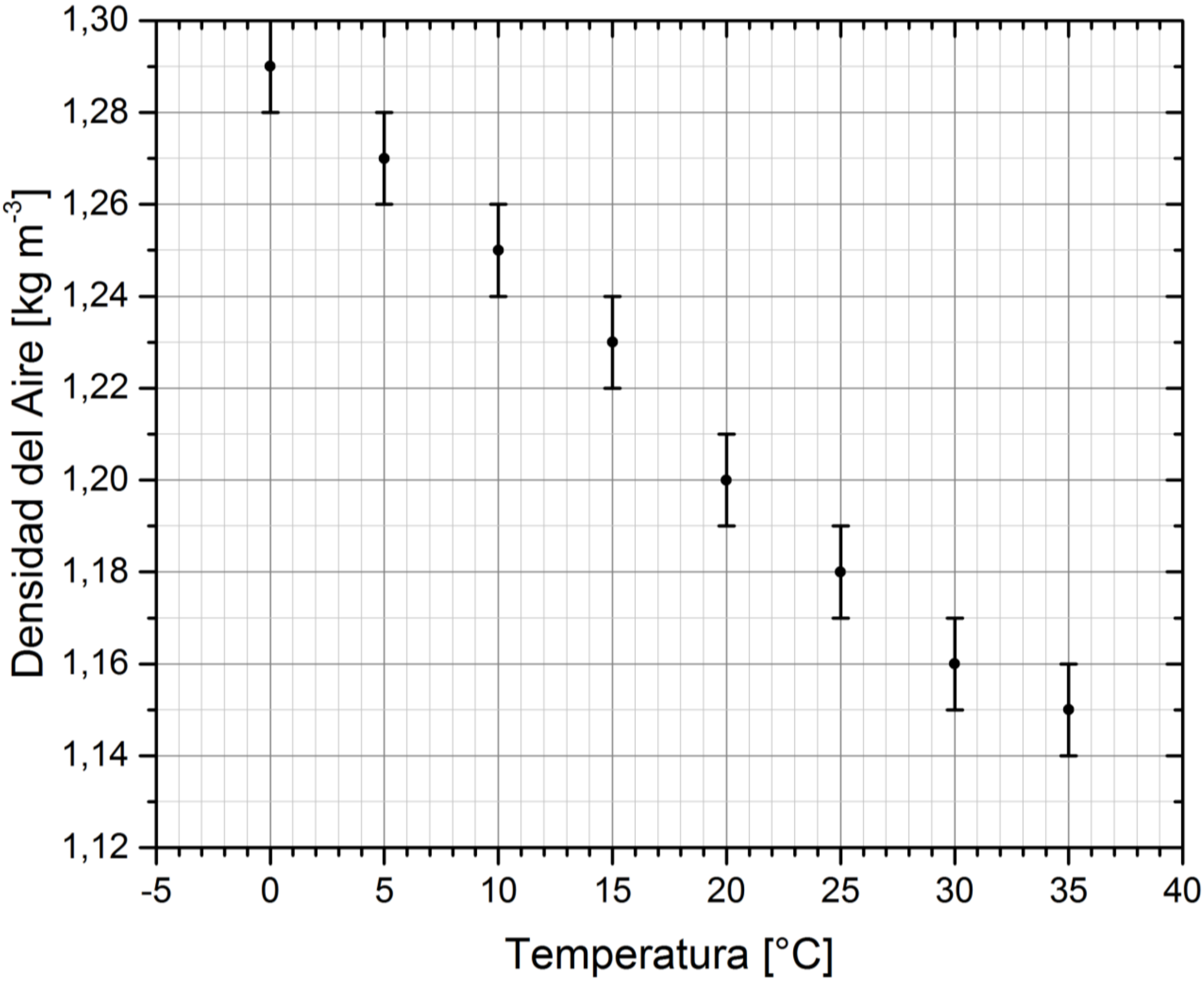


Figura 3. Densidad del aire en función de la temperatura para una presión de $1013{,}3\ hPa$.

1.9. Determine el valor de R con su correspondiente incertidumbre.

Segunda Parte.

Para determinar el valor de γ para el aire se someterá a un número n de moles de aire al proceso indicado por la línea continua en la figura 4. Las flechas indican el sentido en que se realizan los procesos. La línea que unen los estados $(V_A;\ P_A)$ y $(V_B;\ P_{atm})$ corresponde a un proceso adiabático mientras que la línea a trazos que unen los estados $(V_A;\ P_A)$ y $(V_B;\ P_B)$ corresponde a una isoterma de temperatura T_{amb}.

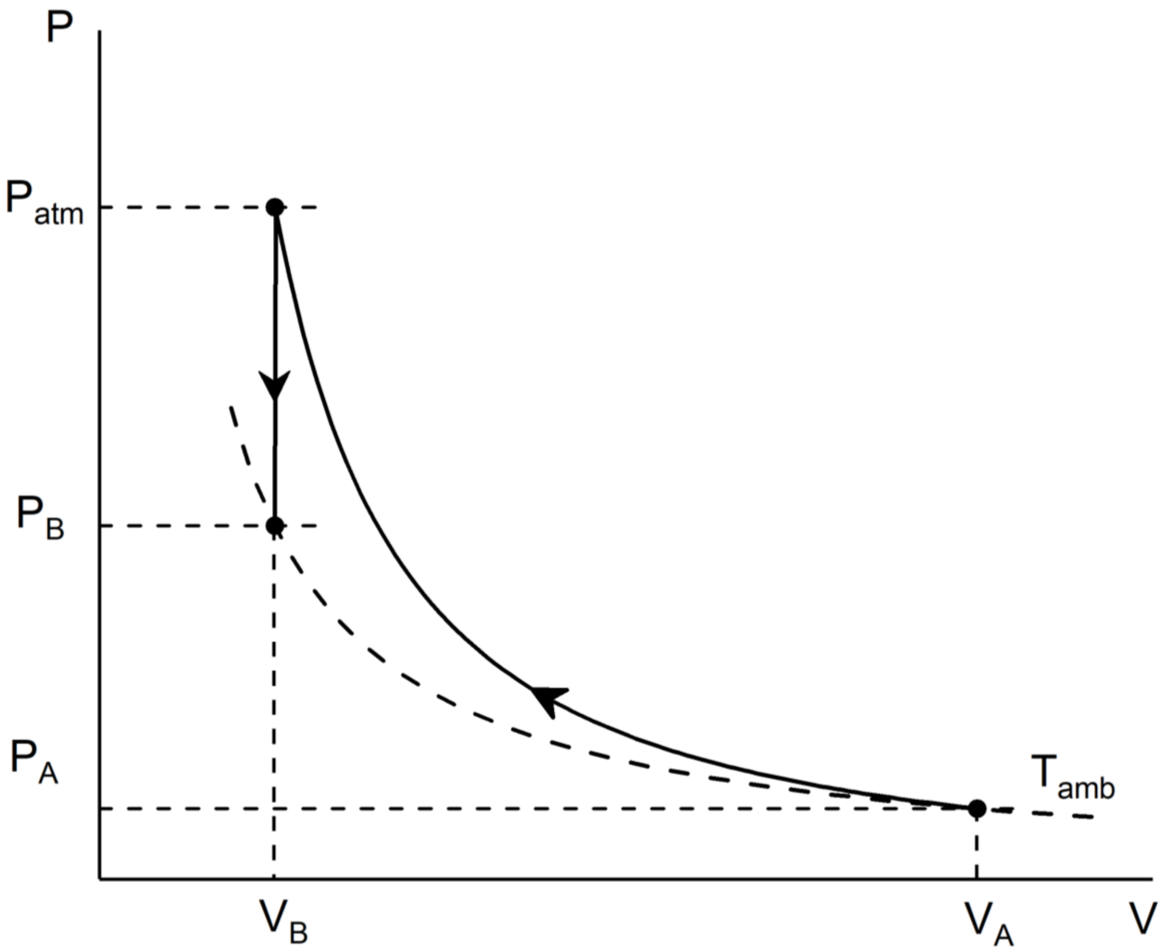


Figura 4.

2.1. Escriba una expresión para γ en función de las presiones P_{atm}, P_A y P_B.

2.2. Realice las mediciones necesarias para determinar el valor de γ y reporte los valores medidos en una tabla.

Para esto:

a. Con la válvula abierta, ubique el émbolo en la posición de la escala correspondiente a $40\ ml$.
b. Reporte el valor de P_{atm}.
c. Cierre la válvula.
d. Expanda el aire contenido dentro de la jeringa en un volumen **menor** a $5\ ml$. Reporte el valor de la presión del aire P_A luego de la expansión.
e. Abra y cierre la válvula para que el aire en el interior de la jeringa se comprima adiabáticamente alcanzando la presión atmosférica. **Este paso debe**

realizarse lo más rápidamente posible pero permitiendo que el sistema alcance la presión atmosférica.

f. Espere a que el valor de la presión del aire alcance un valor de equilibrio y reporte dicho valor P_B.

g. Repita los pasos anteriores para obtener al menos diez (10) mediciones.

2.3. Reporte el valor de γ obtenido en cada medición y reporte su valor medio y la incertidumbre estimada**.**

Nota: Para el cálculo de incertidumbre del logaritmo natural tenga en cuenta que si $x = (\bar{x} \pm \Delta x)$ y $g = \ln(x)$, la incertidumbre Δg puede determinarse mediante,

$$\Delta g = \frac{1}{2}[\ln(\bar{x} + \Delta x) - \ln(\bar{x} - \Delta x)]$$

Prueba Experimental – Olimpiada Argentina de Física – 2019 - NIVEL 1

Hoja de Respuestas

Primera Parte

			Puntaje
1.1	$\Delta v =$	$\Delta v = (0{,}85 \pm 0{,}01)\ ml$	1 pto
1.2	Tabla	Ver Tabla adjunta	5 ptos
1.3.	Gráfico Pendiente Ordenada al origen	Ver Gráfico Adjunto $a = (5 \pm 3) \times 10^{-5} \frac{K}{Pa}$ $b = (150\ \pm 1) \frac{K}{Pa} m^{-3}$	3 ptos 1 pto 1 pto
1.4	$V_0 =$	$V_0 = (3\ \pm 2) \times 10^{-7} m^{-3} = (0{,}3\ \pm 0{,}2)\ ml$	0,5 ptos
1.5	$\rho_{aire} =$ $n =$	$\rho_{aire} = (1{,}19 \pm 0{,}01)\ kg\ m^{-3}$ $n = (77\ \pm 4) \times 10^{-5}\ mol$	0,5 ptos 1 pto
1.6	$R =$	$R = (8{,}7 + 0{,}5) \frac{J}{mol\ K}$	2 ptos

Segunda Parte

			Puntaje
2.1	Tabla	Ver Tabla adjunta	2 ptos
2.2	Tabla $\bar{\gamma} =$	Ver Tabla adjunta $\bar{\gamma} = (1{,}1\ \pm 0{,}4)$	2 ptos 1 pto

Prueba Experimental – Olimpiada Argentina de Física – 2019 - NIVEL 2

Hola de Respuestas

Primera Parte

			Puntaje
1.1	$\Delta v =$	$\Delta v = (0{,}85 \pm 0{,}01)\ ml$	0,5 ptos
1.2	$v_i =$	$v_i = (20{,}0 \pm\ 0{,}1)\ ml$	0,5 ptos
1.3	Tabla	Ver Tabla adjunta	5 ptos
1.4	$x =$ $y =$	$x = v$ $y = \frac{T}{P}$	0,5 ptos 0,5 ptos
1.5.	Gráfico Pendiente (a) Ordenada al origen (b)	Ver Gráfico Adjunto $a = (5 \pm 3) \times 10^{-5}\,\frac{K}{Pa}$ $b = (150\ \pm 1)\,\frac{K}{Pa}m^{-3}$	3 ptos 0,5 ptos 0,5 ptos
1.6	$V_0 =$	$V_0 = (3\ \pm 2) \times 10^{-7} m^{-3} = (0{,}3\ \pm 0{,}2)\ ml$	0,5 ptos
1.7	$M_{aire} =$	$M_{aire} = (28{,}97\ \pm 0{,}03)\ g\ mol^{-1}$	1 pto
1.8	$\rho_{aire} =$ $n =$	$\rho_{aire} = (1{,}19 \pm 0{,}01)\ kg\ m^{-3}$ $n = (77\ \pm 4) \times 10^{-5}\ mol$	0,5 ptos 0,5 ptos
1.9	$R =$	$R = (8{,}7 + 0{,}5)\,\frac{J}{mol\ K}$	1,5 ptos

Segunda Parte

			Puntaje
2.1	$\gamma =$	$\gamma = \frac{ln(P_{atm}) - ln(P_A)}{ln(P_B) - ln(P_A)}$	1 pto
2.2	Tabla	Ver Tabla adjunta	1,5 ptos
2.3	Tabla	Ver Tabla adjunta	1 pto
	$\bar{\gamma} =$	$\bar{\gamma} = (1{,}1\ \pm 0{,}4)$	1,5 ptos

Solución
Primera Parte

1.1

Se midió el número de vueltas ($\#vueltas$) del tornillo para variar el volumen de la jeringa en $30\ ml$.

#vueltas $\pm 1/2$
35,0
35,3
35,5
35,3
35,3

La medición de volumen se la tomó como una medición exacta (sin incertidumbre) y la incertidumbre en el $\#vueltas$ es el número de vueltas mínimo para determinar un volumen de acuerdo a la escala de la jeringa.

$$\overline{\#vueltas} = (35{,}3 \pm 0{,}5)$$

$$\Delta v = (0{,}85 \pm 0{,}01)\ ml$$

1.2

Suponiendo un proceso isotérmico y un sistema cerrado ($n = cte$), se puede escribir que $PV = cte$. Luego,

$$P_{max}V_{min} = P_{atm}V_i = P_{min}V_{max}$$

Donde P_{max} y P_{min} son la presión máxima y mínima que puede medir el sensor de presión $[300;\ 1100]\ hPa$, y V_{min} y V_{max} son los volúmenes mínimo ($10\ ml$) y máximo de la jeringa ($60\ ml$) y V_i el volumen inicial (se desprecia en este caso V_0).
La presión atmosférica medida es $P_{atm} = (964\ \pm 1)\ hPa$
Luego,

$$V_i = \frac{P_{min}V_{max}}{P_{atm}} \sim 19\ ml$$

$$V_i = \frac{P_{max}V_{min}}{P_{atm}} \sim 11\ ml$$

Se elije como volumen inicial de la jeringa a $v_i = (20{,}0 \pm\ 0{,}4)\ ml$. La incertidumbre se toma como $1/2$ de vuelta.

1.3

#vueltas $\pm {}^{1}/_{8}$	$v\ [m^{-3}] \times 10^{-6}$	$\sigma v\ [m^{-3}] \times 10^{-6}$	$P\ [Pa]\ \times 100 \pm 100\ Pa$	$T\ [°C] \pm 0{,}1\ °C$	$\frac{T}{P}\ [\frac{K}{Pa}] \times 10^{-6}$	$\Delta \frac{T}{P}\ [\frac{K}{Pa}] \times 10^{-6}$
0	20,0	0,4	969	22,1	3046	7
-3	17,4	0,3	1109	22,1	2662	5
-2	18,3	0,3	1015	22,2	2909	6
0	20,0	0,4	975	22,2	3029	7
3	22,5	0,5	864	22,3	3419	9
6	25,1	0,6	776	22,3	3807	11
9	27,6	0,6	704	22,4	4198	13
12	30,2	0,6	644	22,4	4589	15
15	32,7	0,7	593	22,5	4985	18
18	35,3	0,7	550	22,5	5375	21
21	37,8	0,7	513	22,6	5765	24
24	40,4	0,7	480	22,6	6161	27
27	42,9	0,8	451	22,6	6557	31
30	45,5	0,8	425	22,7	6961	35
33	48,0	0,8	403	22,7	7341	38
36	50,6	0,9	382	22,8	7747	43
39	53,1	0,9	364	22,8	8130	47
36	50,6	0,9	383	22,8	7727	42
33	48,0	0,8	404	22,8	7325	38
30	45,5	0,8	427	22,8	6930	34
27	42,9	0,8	453	22,8	6533	31
24	40,4	0,8	482	22,8	6140	27
21	37,8	0,7	515	22,8	5746	24
18	35,3	0,7	553	22,7	5349	21
15	32,7	0,7	596	22,7	4963	18
12	30,2	0,6	648	22,7	4565	15
9	27,6	0,6	708	22,7	4178	13
6	25,1	0,6	780	22,6	3791	11
3	22,5	0,5	869	22,6	3403	8
0	20,0	0,4	975	22,6	3033	7
0	20,0	0,4	969	22,1	3046	7

El signo menos en el número de vueltas representa una compresión (el volumen disminuye),
Para determinar el valor de v se utilizó que $v = v_i + \Delta v\ \#vueltas$ y su incertidumbre se determino mediante,

$$\sigma v = \sigma v_i + \sigma(\Delta v\ \#vueltas)$$

$$\frac{\sigma(\Delta v\ \#vueltas)}{\Delta v\ \#vueltas} = \frac{{}^{1}/_{8}}{\#vueltas} + \frac{\sigma(\Delta v)}{\Delta v}$$

La incertidumbre de la presión representa las variaciones del valor de presión observado durante las mediciones,

La incertidumbre en la temperatura se tomó igual a la apreciación del sensor de temperatura,
La incertidumbre $\Delta \frac{T}{P}$ se determinó mediante,

$$\sigma \frac{T}{P} = \frac{T}{P}\left(\frac{\sigma T}{T} + \frac{\sigma P}{P}\right)$$

Para el cálculo de $\frac{T}{P}$, la temperatura se expresó en grados Kelvin.

1.4

Teniendo en cuenta la ecuación (3) y linealizando la ecuación (1) se puede obtener,

$$\frac{T}{P} = \frac{V_0}{nR} + \frac{v}{nR}$$

Eligiendo

$$x = v$$

$$y = \frac{T}{P}$$

Se obtiene una relación lineal de la forma

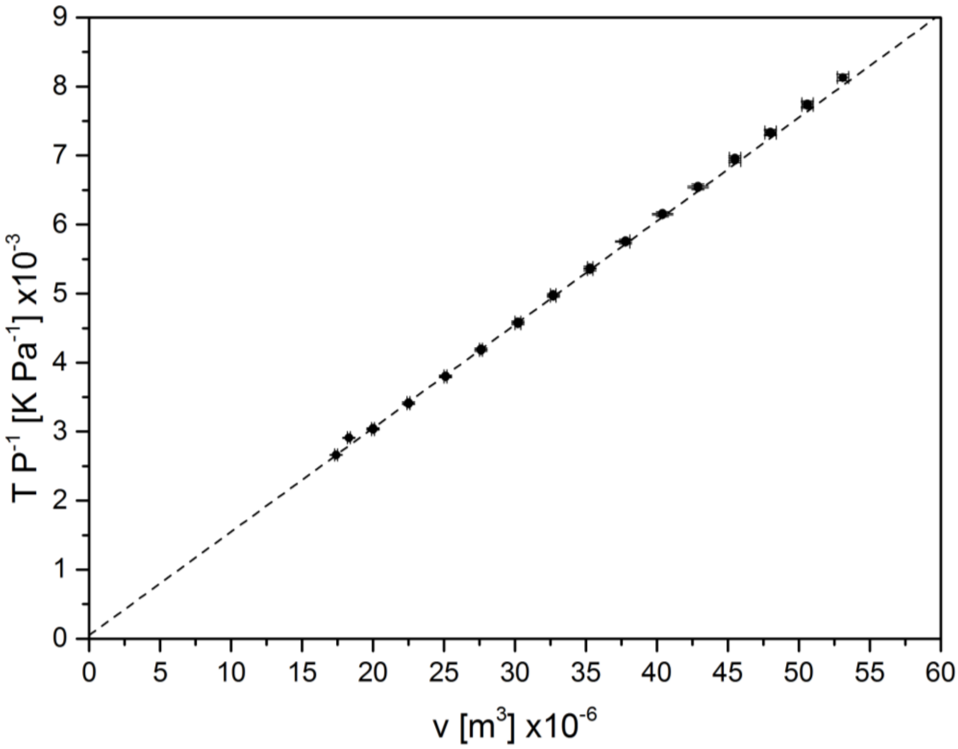
$$y = a + b\,x$$

con

$$a = \frac{V_0}{n\,R}$$

$$b = \frac{1}{n\,R}$$

1.5



Del ajuste se obtiene los siguientes valores para la ordenada al origen (a) y para la pendiente (b)

$$a = (5 \pm 3) \times 10^{-5} \frac{K}{Pa}$$

$$b = (150\ \pm 1) \frac{K}{Pa} m^{-3}$$

1.6

Como $a = \frac{V_0}{n\,R}$ y $b = \frac{1}{n\,R}$, se obtiene que

$$V_0 = \frac{a}{b}$$

$$\sigma V_0 = V_0 \left(\frac{\sigma a}{a} + \frac{\sigma b}{b} \right)$$

Luego,

$$V_0 = (3\ \pm 2) \times 10^{-7} m^{-3} = (0{,}3\ \pm 0{,}2)\ ml$$

1.7

La masa molar promedio del aire se determina mediante,

$$M_{aire} = \sum_i f_i M_i$$

Donde el subíndice i hace referencia a cada gas constituyente y M_i y $f_i = C_i 100^{-1}$ son la masa atómica y la fracción del constituyente $i - ésimo$, respectivamente. C_i es la concentración reportada en la Tabla 1.
Luego,

$$M_{aire} = (28{,}97 \ \pm 0{,}03) \ g \ mol^{-1}$$

La incertidumbre de M_{aire} se determino

$$\sigma M_{aire} = \sum_i \sigma(f_i M_i)$$

$$\sigma(f_i M_i) = f_i M_i \left(\frac{\sigma f_i}{f_i} + \frac{\sigma M_i}{M_i} \right)$$

1.8

Para determinar la densidad del aire, se elige el punto medido más cercano al valor de $1013{,}3 \ hPa$. En este caso, el punto medido correspondientes a $-2 \ vueltas$ tiene una presión medida de $1015{,}7 \ hPa$, la más cercana a la presión de interés. Luego se elige como temperatura del aire a $T = \ 22{,}2°C$. Para determinar la densidad del aire para esta temperatura se realiza una interpolación lineal con los puntos $(20ºC; 1{,}20 \ kg \ m^{-3})$ y $(25ºC; 1{,}18 \ kg \ m^{-3})$.
Dado las incertidumbres en la temperatura y en la densidad se toma como densidad del aire a

$$\rho_{aire} = (1{,}19 \pm 0{,}01) \ kg \ m^{-3}$$

Luego, el número de moles n utilizado en las mediciones es,

$$n = \frac{\rho_{aire}}{M_{aire}} V_{aire}$$

Donde V_{aire} es el volumen que ocupan n moles a $T = \ 22{,}2°C$ y a una presión de $1013{,}3 \ hPa$.
En este caso se toma $V_{aire} = v \ + V_0 = (18{,}6 \ \pm 0{,}7) \ ml$. Luego,

$$n = (77 \ \pm 4) \times 10^{-5} \ mol$$

Donde la incertidumbre se calculó como

$$\frac{\sigma n}{n} = \frac{\sigma \rho_{aire}}{\rho_{aire}} + \frac{\sigma V_{aire}}{V_{aire}} + \frac{\sigma M_{aire}}{M_{aire}}$$

1.9

De la pendiente del ajuste obtenemos,

$$R = \frac{1}{n\ b}$$

$$R = (8{,}7 + 0{,}5)\frac{J}{mol\ K}$$

Donde la incertidumbre se calculó como

$$\frac{\sigma R}{R} = \frac{\sigma n}{n} + \frac{\sigma b}{b}$$

Segunda Parte

2.1

Los estados $(V_A;\ P_A)$ y $(V_B;\ P_{atm})$ están relacionados mediante una adiabática, luego

$$P_A {V_A}^{\gamma} = P_{atm} {V_B}^{\gamma}$$

Por otro lado, los estados $(V_A;\ P_A)$ y $(V_B;\ P_B)$ están relacionados mediante la isoterma correspondiente a T_{amb}, luego

$$P_A V_A = P_B V_B$$

$$V_A = \frac{P_B}{P_A} V_B$$

Reemplazando en la primera ecuación y reordenado los términos,

$$\left(\frac{P_B}{P_A}\right)^{\gamma} = \frac{P_{atm}}{P_A}$$

Tomando logaritmo natural,

$$\gamma\ ln\left(\frac{P_B}{P_A}\right) = ln\left(\frac{P_{atm}}{P_A}\right)$$

Despejando γ y utilizando la propiedad de logaritmo $ln\left(\frac{y}{x}\right) = \ln(y) - \ln(x)$, se obtiene

$$\gamma = \frac{ln(P_{atm}) - ln(P_A)}{ln(P_B) - ln(P_A)}$$

2.2

Número de Medición	$P_{atm}\ [hPa]$ $\pm 1hPa$	$P_{atm}\ [hPa]$ $\pm 1hPa$	$P_B\ [hPa]$ $\pm 1hPa$	γ	$\Delta\gamma$
1	969	956	968	1,1	0,4
2	969	956	968	1,1	0,4
3	969	953	968	1,1	0,3
4	969	953	968	1,1	0,3
5	969	954	967	1,2	0,3
6	969	940	966	1,1	0,2
7	969	938	966	1,1	0,2
8	969	939	966	1,1	0,2
9	969	940	966	1,1	0,2
10	969	941	966	1,1	0,2

El valor de $\Delta\gamma$ se obtuvo mediante

$$\frac{\Delta\gamma}{\gamma} = \frac{\Delta[ln(P_{atm}) - ln(P_A)]}{ln(P_{atm}) - ln(P_A)} + \frac{\Delta[ln(P_B) - ln(P_A)]}{ln(P_B) - ln(P_A)}$$

$$\Delta[ln(P_{atm}) - ln(P_A)] = \Delta[ln(P_{atm})] + \Delta[ln(P_A)]$$

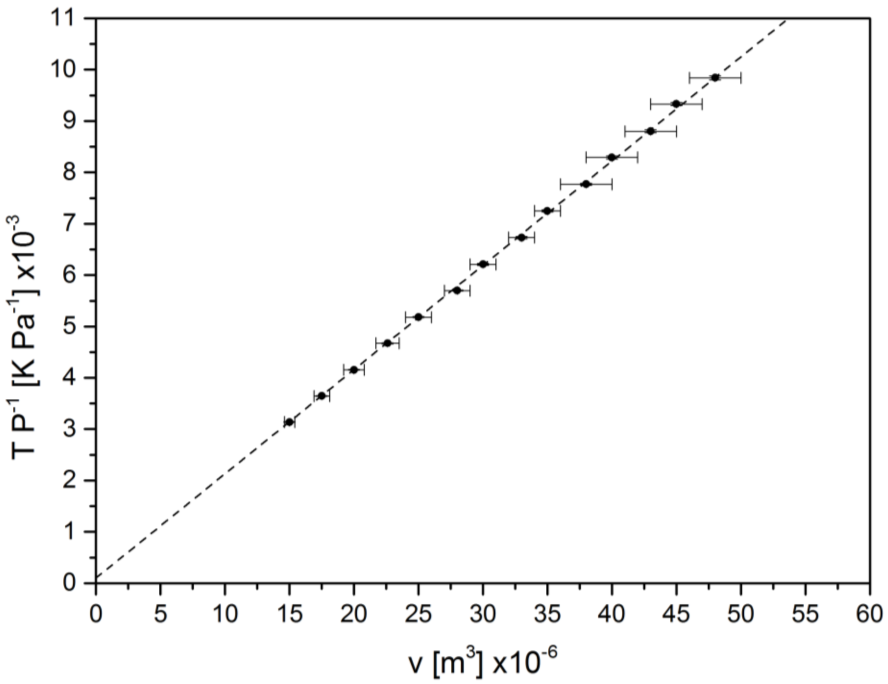
$$\Delta[ln(P_B) - ln(P_A)] = \Delta[ln(P_B)] + \Delta[ln(P_A)]$$

$$\Delta[ln(P_k)] = \frac{1}{2}[ln(P_k + \Delta P_k) - ln(P_k - \Delta P_k)]$$

2.3

$$\bar{\gamma} = (1{,}1\ \pm 0{,}4)$$

#vueltas $\pm {}^{1}/_{8}$	$v\ [m^{-3}] \times 10^{-6}$	$\sigma v\ [m^{-3}] \times 10^{-6}$	$P\ [Pa]\ \times 100 \pm 100\ Pa$	$T\ [°C] \pm 0{,}1\ °C$	$\frac{T}{P}\ [\frac{K}{Pa}] \times 10^{-6}$	$\Delta \frac{T}{P}\ [\frac{K}{Pa}] \times 10^{-6}$
0	15,0	0,4	956	26,7	3137	4
3	17,6	0,9	823	26,7	3643	6
6	20,1	0,9	722	26,7	4153	7
9	22,7	0,9	642	26,8	4672	9
12	25,2	0,9	579	26,9	5180	10
15	28	1	526	26,9	5700	10
18	30	1	483	26,9	6210	20
21	33	1	446	26,9	6730	20
24	35	1	414	26,9	7250	20
27	38	1	386	26,9	7770	20
30	41	1	362	27,0	8290	30
33	43	1	341	27,0	8800	30
36	46	1	322	27,1	9330	30
39	48	1	305	27,1	9840	40



$$a = (6 \pm 4) \times 10^{-5}\, \frac{K}{Pa}$$

$$b = (204\ \pm 1)\frac{K}{Pa} m^{-3}$$

$$V_0 = (3\ \pm 2) \times 10^{-7} m^{-3} = (0{,}3\ \pm 0{,}2)\ ml$$

La presión más cercana a $1013{,}3\ hPa$ es la medición correspondiente a $15\ ml$ ($956\ hPa$) a una temperatura de $26{,}7\ ºC$. Se toma

$$\rho_{aire} = (1{,}17 \pm 0{,}01)\ kg\ m^{-3}$$

$$n = (61\ \pm 6) \times 10^{-5}\ mol$$

$$R = (8{,}2 + 0{,}9)\frac{J}{mol\ K}$$

Parte 1

Un grupo de andinistas va caminando por un glaciar. En cierto momento, el que va primero, guiando, cae en una grieta oculta por la nieve. Como todos están unidos por cuerdas, sus compañeros logran detener la caída del guía luego de que hubo descendido4m en la grieta. El andinista accidentado pesa 73kg y en su mochilatiene15kg en equipo.

a) ¿Cuánta energía se disipó por rozamiento mediante la maniobra de detención realizada por los compañeros?

Nota: *Considere que el valor de la aceleración de la gravedad es 10m/s^2.*

Los compañeros, se acercan con sumo cuidado al borde de la grieta y se dan cuenta que para sacarlo deben izarlo. Para esto, arman un sistema formado por “una polea fija”, “una polea móvil” y un” sistema bloqueador de la cuerda”, como el que se muestra en la figura. Este dispositivo permite recuperar cuerda, pero no permite que descienda cuerda.

b) Copie el esquema de poleas en su hoja de soluciones e identifique la polea fija y la polea móvil.

c) Use el esquema anterior y determine la fuerza que deben hacerlos andinistas para sostener, usando este sistema, a su compañero. Suponga que todos los tramos de la cuerda que están involucrados en el rescate son paralelos; la cuerda es inextensible y su peso, como el de las poleas, es despreciable.

d) Si el ángulo que forman las cuerdas enganchadas a los tornillos es de 90º y el ángulo entre la cuerda unida al tornillo de la derecha y la vertical en el dibujo es de 60º, determine la fuerza que soporta cada uno de los tornillos. Esquematice.

e) Calcule la fuerza que deben hacer los andinistas para izar a su compañero con una aceleración constante de 0,05m/s^2.

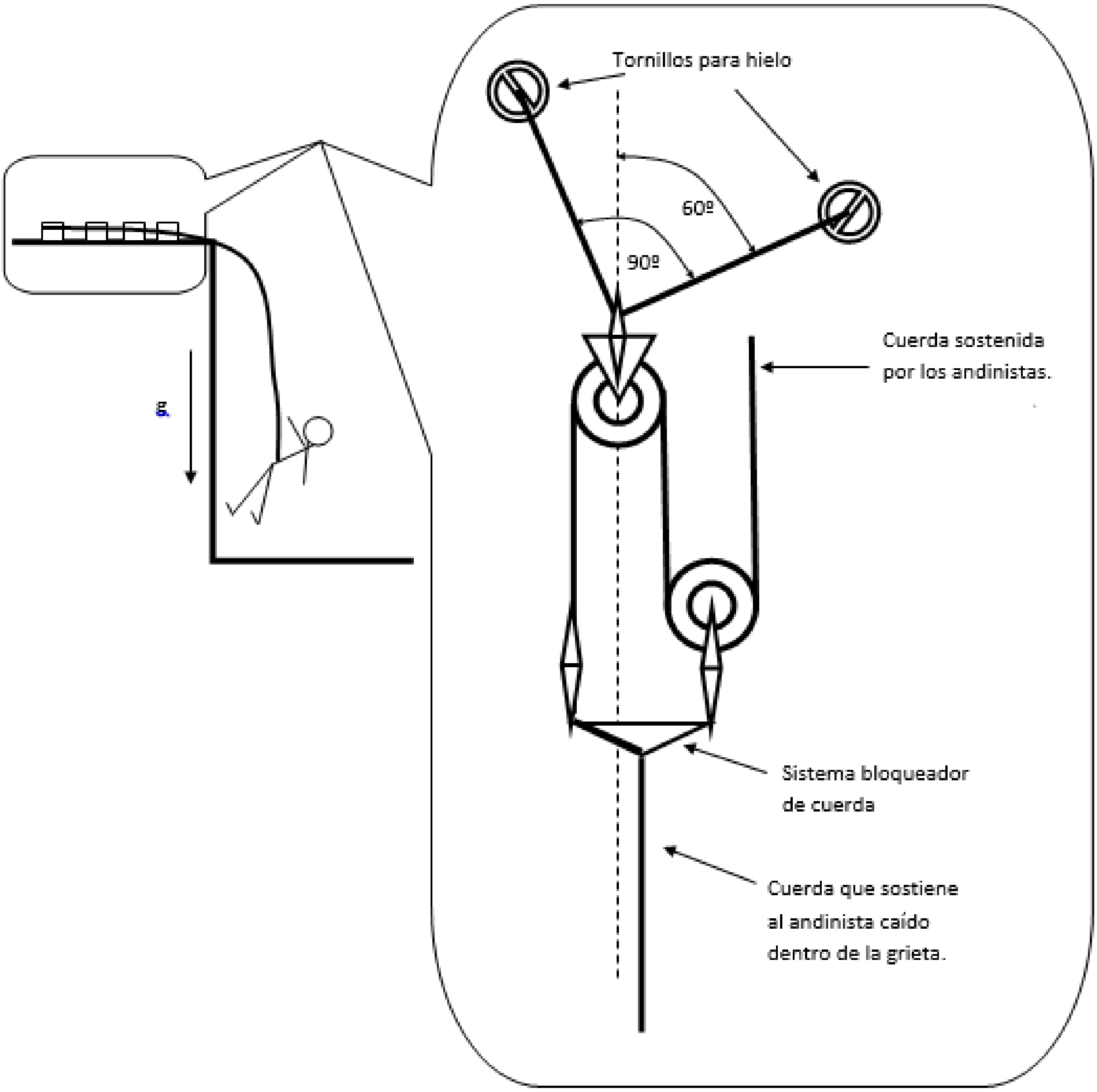
Cuando los andinistas comienzan a izar a su compañero ven que la cuerda se entierra en la nieve a medida que se lo sube, por lo que aparece una fuerza de roceFr cada vez más grande. Observan que cada 10 cm que corre la cuerda la fuerza de rozamiento se incrementa 1N.

f) ¿Cuál es la magnitud de la fuerza que deben realizar los andinistas para continuar izando a 0,05m/s^2 al accidentado cuando llega al primer metro?

g) Encuentre la velocidad con la que es izado el accidentado en función del tiempo.

h) Determine la posición del andinista accidentado al ser izado en función del tiempo.

i) Estime el tiempo que les demanda a los compañeros izar al accidentado hasta el borde de la grieta.



Parte 1
Hoja de respuestas

<table>
<tr><td>

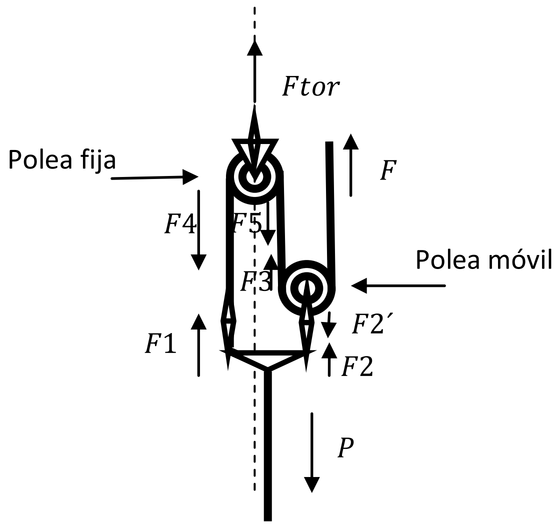
a) La energía que se disipa es:

La energía disipada es igual al cambio de energía potencial (ΔUp) del andinista.
Sin considerar la altura del andinista

$$\Delta Up \ = m\, g\, h = \ ((73+15)\ 10\ 4\ )J = \ 3520J$$

</td><td>1pt
(2pts)</td></tr>
<tr><td>

b) Esquema



</td><td>0.5pts
(1pt)</td></tr>
<tr><td>

c) La fuerza F que deben hacer los andinistas para sostener al compañero es:

$$F3 = F = F1 \qquad F2´ = F2$$
$$P = \ F1 + \ F2 \qquad F3 + F = F2´$$

$$F = \frac{P}{3} = \frac{880}{3}\mathrm{N}$$

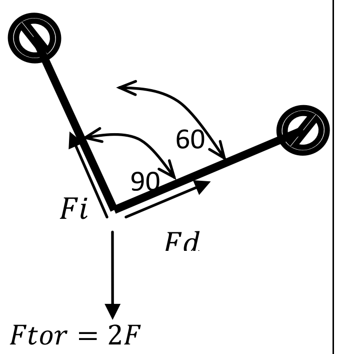
</td><td>1.5pts
(3pts)</td></tr>
<tr><td>

d) Las fuerzas que soportan cada uno de los tornillos son:

$$Fi\ cos\ 30º\ +\ Fd\ cos\ 60º\ =\ 2F$$
$$Fi\ sen 30º\ =\ Fd\ sen\ 60º$$

$$Fd\ cos\ 60º\ \ sen\ 30º\ +\ Fd\ cos\ 30º\ sen\ 60º$$
$$=\ 2F\ sen\ 30º$$

$$Fd\ = \frac{2F\ sen\ 30º}{cos\ 60º\ \ sen\ 30º\ +\ \ cos\ 30º\ sen\ 60º}$$



$Fd \ = \ \frac{880}{3}\mathrm{N}$ $\qquad Fi \ = \ Fd\ \frac{sen\ 60º}{sen 30º} = \quad \frac{880}{\sqrt{3}}\mathrm{N}$

</td><td>1 pt
(2pts)</td></tr>
</table>

e) La fuerza que deben hacer para izar al compañero es: $$F = \frac{ma + P}{3} = \frac{884.4}{3}\ \mathrm{N}$$	1pt (2pts)
f) La fuerza justo después de haberlo izado el primer metro fue: $$\frac{\Delta Fr}{\Delta h} = 1\,\frac{N}{cm} \qquad \Delta Fr = 10N$$ $$F = \frac{ma + P + \Delta Fr}{3} = \frac{894.4}{3}\ \mathrm{N}$$	2pts
g) La velocidad en función del tiempo con la que es izado: $$v = a\,t = 0.05\,t\,\frac{m}{s}$$	1pt
h) La posición en función del tiempo $$h = \frac{a}{2}\,t^2 + h_0 = \left[\frac{0.05}{2}\,t^2 - 4\right] m$$	1pt
i) El tiempo es: $$t^* = \left[\frac{2 * h_0}{a}\right]^{1/2} = \left[\frac{4 * 2}{0.05}\right]^{1/2} s = 12.65\ s$$	1pt

Parte 2
Finalizado el rescate, y como la temperatura es baja, los andinistas preparan un té para el accidentado. Usan un calentadora gas para derretir un kilogramo de nieve y calentar el agua, la que luego ponen en un termo perfecto.

Sabiendo que:

- Calor especifico de la nieve: 0.5cal / (g ºC).
- Calor de fusión de la nieve: 80cal/g.
- Calor especifico del agua: 1cal / (g ºC)
- Densidad del agua: 1g/cm^3.
- Temperatura en el glaciar: -8ºC.

a) ¿Cuántas calorías se requieren para conseguir que el agua llegue a 70ºC?

b) Si el calentador entrega 2.6kW de potencia por la combustión, ¿cuánto tiempo lleva calentar el agua para hacer el té?

Nota: *Recuerde que el equivalente mecánico del calor es 4.186J/cal.*

Luego de tomar el té, hacen de comer y para ello hierven 0.5 l de agua que les sobró al hacer la infusión. El glaciar se encuentra a 5100 m sobre el nivel del mar.
Sabiendo que cada 1000 m el punto de ebullición varía en aproximadamente 3ºC:

c) ¿A qué temperatura hierve el agua?

d) ¿Cuánto tiempo demora el agua en alcanzar el punto de ebullición? Recuerde que el termo que contenía el agua es perfecto.

Uno de los andinistas deja por un rato su comida preparada dentro de un recipiente, tapado, de forma cilíndrica (5 cm de radio y 7 cm de altura).
Al regresar, encontró la comida a la temperatura justa para comer… a unos 65ºC. Suponiendo: que la temperatura del conjunto “comida-recipiente” siempre es uniforme; que su capacidad calorífica es: C= 500 Cal / ºC; que el coeficiente de intercambio de calor por convección es: h [W/ (m^{2}ºC)]; y que intercambia calor solamente por la tapa y por la superficie lateral (no intercambia calor por la base apoyada):

e) Escriba una ecuación de balance entre el calor que entrega el cuerpo al ambiente cuando su temperatura cambia en ΔT (luego de transcurrido un intervalo de tiempo Δt) y el calor perdido por convección en ese Δt.

Suponga: un valor de h= 10 W / (m^2 ºC); que la temperatura inicial del conjunto “comida-recipiente” es 80ºC;y que el ambiente se mantiene a -8ºC.

f) Calcule el ΔT que experimenta la comida luego de pasados los primeros 60s,usando la ecuación del ítem anterior.

La ecuación del ítem e) determina una variación de la temperatura T con el tiempo t de forma exponencial: $T = A + B\, e^{-Dt}$, donde A, B y D son constantes (las dos últimas positivas).

- **g)** Determine los valores de A, B y D y escriba la expresión de la temperatura del conjunto "comida-recipiente" en función del tiempo. Considere que: inicialmente la comida estaba a 80ºC; el ambiente se mantuvo a -8ºC; y el andinista demoró 20 minutos en regresar.

- **h)** Encuentre el valor de h correspondientea los resultados obtenidos en el ítem anterior.

El coeficiente h está relacionado con el número de Nusselt (*Nu*) de la forma:

$$h = k\, Nu\, / D_c$$

donde D_c es el diámetro del cilindro y k la conductividad del aire.
Suponga: *k*=24 10^{-3} W / (m ºC).

El número de Nusselt está relacionado con el número de Reynolds (Re) en la forma:

$$Nu = 0.024\, Re^{0.8}$$

Sabiendo que la viscosidad cinemática del aire es ν =12.5 10^{-6} m^2/ s:

- **i)** Determine la velocidad del viento (V) que hay en el glaciar.

Nota: *El número de Reynolds es un número adimensional* ***directamente proporcional a*** *la velocidad del flujo de aire y a una longitud característica (en este caso el diámetro del cilindro) e* ***inversamente proporcional a*** *la viscosidad cinemática.*

Parte 2
Hoja de respuestas

a) Las calorías requeridas son: 1kg de nieve a -8ºC pasa a 1kg de nieve a 0ºC $Q1 = (1000 * 0.5 * 8\ )\ cal = \ 4000\ cal$ 1kg de nieve a 0ºC pasa a 1kg de agua a 0ºC $Q2 = (80 * 1000\ )\ cal = \ 80000\ cal$ 1kg de agua a 0ºC pasa a 1kg de agua a 70ºC $Q2 = (1000 * 1 * 70\ )\ cal = \ 70000\ cal$ El calor total necesario: $QT = 154000\ cal$	2pts (3pts)
b) El tiempo es: Si $Pc = 2.6kW$ $QT = 154000\ cal = (154000 * 4.186)\ \ J$ $\Delta t = \frac{QT}{Pc} = 274.9\ s = 4.13\ minutos$	1pt (2pts)
c) La temperatura es: $Te = \ 84.7ºC$	0.5pts (2pts)
d) El tiempo que les demanda es: $\Delta t = \frac{4.186 * 500 * 14.7}{2.5 * 1000} s = 12.31\ \ s$	0.5pts (1pt)
e) Ecuación de balance: $C * \Delta T = -h * Area * (T - Tamb) * \Delta t$ Con $C = 500\ 4.186 \frac{\mathrm{J}}{ºC}$ $Area = \pi * (5^2 + 5 * 7)\ 10^{-4}\ m^2 \ = \pi * 95 * 10^{-4} m^2$ $Tamb = -8ºC$	1pt (1pt)
f) El ΔT que experimenta la comida en los primeros 60s es: $\Delta T = -\left[10\ \frac{\pi * 95 * 10^{-4}}{500\ 4.186} * (80 - (-8)) * 60\right]\ \ ºC = \ -0.75\ ºC$	1pt (1pt)

g) Los valores de A, B y Dson: $$A = -8ºC$$ $$B = 88\ ºC$$ y $$D = -\frac{1}{1200} * \ ln\left[\frac{65+8}{88}\right]\frac{1}{s} = 1.56 * 10^{-4}\frac{1}{s}$$ Con el tiempo de regreso $tr = 1200\ s$. la temperatura en función del tiempo: $$T = -8ºC + 88ºC\ e^{-1.56*10^{-4}\frac{1}{s}t}$$	1pt
h) El valor de h es: $$h = \frac{D * C}{Area * tr} = -\frac{1.56 * 10^{-4} * 4.186 * 500}{\pi * 95 * 10^{-4}} = 10.94\frac{W}{m^2\ ºC}$$	2.5pts
i) La velocidad del viento (V) es: $$h = 10.94\frac{W}{m^2\ ºC} = \frac{k\ Nu}{D_c}$$ $$Nu = 45.58$$ $$Re = \left[\frac{45.58}{0.024}\right]^{1/0.8} = 12537.3 = \frac{D_c V}{\nu}$$ $$V = 1.6\frac{m}{s}$$	0.5pts

Parte3
Comienza a caer el sol y al probar sus linternas se dan cuenta que la luminosidad que producen ha mermado… esto se debe a que las pilas pierden eficiencia a bajas temperaturas.

Algunas linternas usan pilas AA de litio; una pila nueva de este tipo, que tiene entre sus terminales (electrodos) una diferencia de potencial de 1.6 V, puede proveer una carga eléctrica de unos 1200 mAha una temperatura de 25ºC.

Nota: *mAh significa mili amperio hora.*

Considere que los andinistas tienen una linterna que usa pilas AA de litio y cuya fuente de luz es un LED de alta luminosidad. Para encender ese LED hay que conectarlo a una fuente de voltaje mayor o igual a 3V, pero nunca superior a 4 V. Por el LED encendido circula una corriente de 40mA.
Si la linterna está a una temperatura de 25ºC.

- **a)** Determine el número mínimo de pilas necesarias para encender el LED de la linterna y la forma en que deben estar conectadas entre sí.

- **b)** Determine la cantidad máxima de carga eléctrica que pueden proveer las pilas conectadas en la forma que describió en el ítem anterior.

- **c)** Calcule el tiempo que podrá estar encendida la linterna. Suponga que el voltaje entre los terminales de las pilas siempre es de 1.6V y que la corriente a través del LED es constante.

- **d)** Determine la cantidad de lúmenes (lm) que provee la linterna, sabiendo que por cada vatio de potencia se obtienen 90 lm.

La capacidad $\boldsymbol{C}$ de una pila se define como la cantidad de carga eléctrica que la misma puede entregar, manteniendo entre sus terminales una diferencia de potencial mayor o igual a un valor determinado.

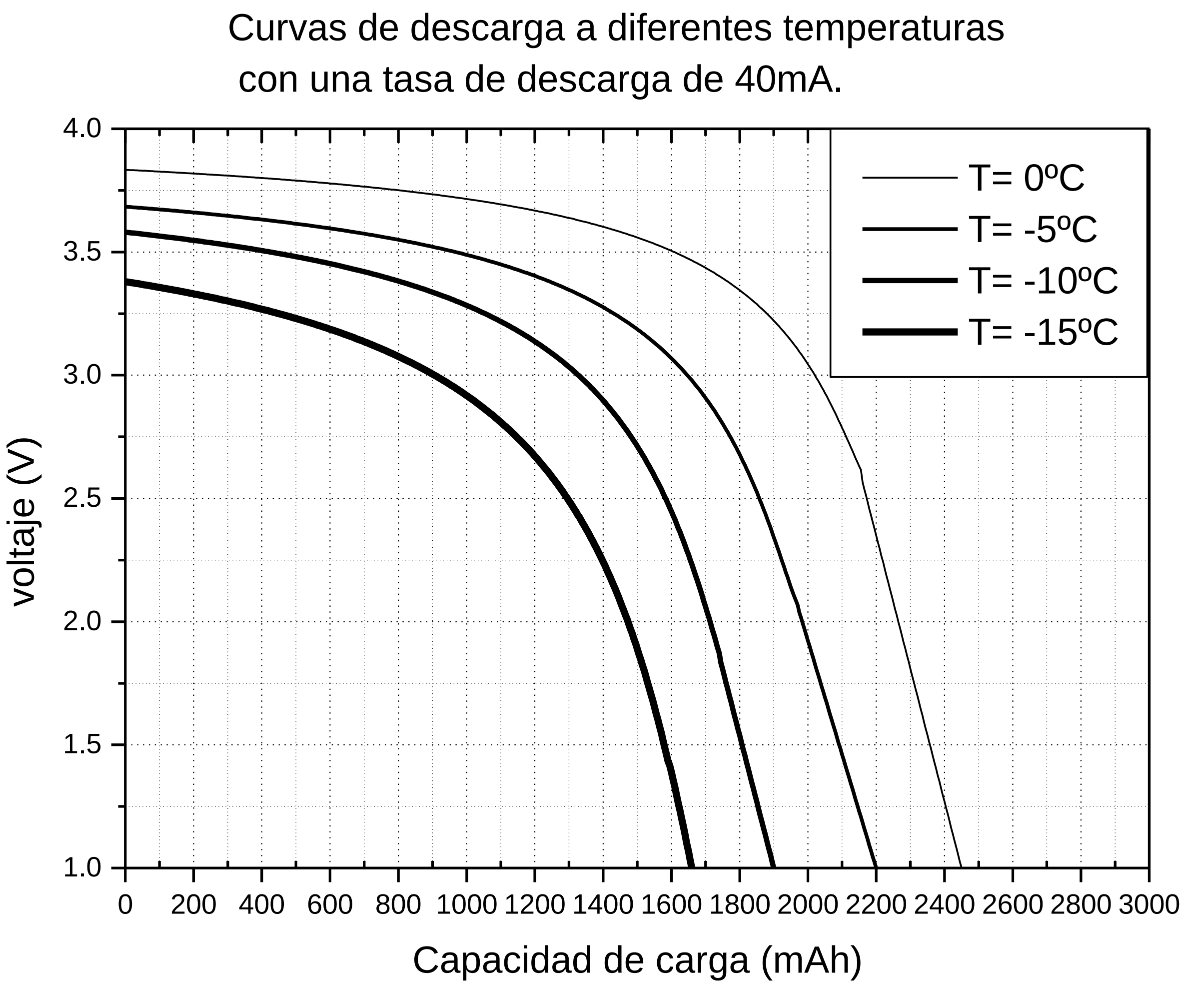
Considere una linterna que utiliza una pila de LiFePO4.Suponga que la temperatura ambiente en la que se encuentra la linterna es de -10ºC.
En el gráfico se pueden observar curvas características de la pila de LiFePO4.Estas curvas representan el voltaje de trabajo requerido versus la capacidad de la pila y corresponden a una corriente de trabajo de 40mA.

- **e)** Si el voltaje de trabajo del LED de la linterna es de 3,25V, estime la capacidad disponible de la pila para la temperatura en la que se encuentra la linterna.

- **f)** Calcule el tiempo quela linterna podrá permanecer encendida si la temperatura ambiente no cambia.

- **g)** Estime la energía total que podrá proveer la pila para que la linterna esté encendida.

h) Repita los ítems e), f) y g), considerando que la temperatura ambiente es -15ºC.



Parte 3
Hoja de respuestas

a) El número mínimo de pilas es: 2 pilas en serie	1.5pts (3pts)
b) La cantidad máxima de carga eléctrica que pueden proveer las pilas es: $Qmax = 1200\ mAh$	1pt (2pts)
c) El tiempo es: $\Delta t = \frac{Qmax}{I} = \frac{1200\ mAh}{40\ mA} = 30\ horas$	1.5pts (3pts)
d) La cantidad de lúmenes (lm) es: $potencia = V * I = (2 * 1.6 * 40)W = 128\ mW = 128 * 90\ lm = 11.52\ lm$	1pt (2pts)
e) La capacidad disponible de la pila es: De la gráfica se observa que con 3.25V y -10ºC $\boldsymbol{C} = 1050\ mAh$	1pt
f) El tiempo es: $\Delta t = \frac{\boldsymbol{C}}{I} = \frac{1050\ mAh}{40\ mA} = 26.25\ horas$	1pt
g) La energía total es: $\Delta U = V * I * \Delta t = 3.25 * 40 * 26.25 * 3600 = 12285\ J$	1pt
h) La capacidad disponible de la pila es: $\boldsymbol{C} = 400\ mAh$ El tiempo es: $\Delta t = \frac{\boldsymbol{C}}{I} = \frac{400\ mAh}{40\ mA} = 10\ horas$ La energía total es: $\Delta U = V * I * \Delta t = 3.25 * 40 * 10 * 3600 = 4680\ J$	2pt