

**Topic 3 – Thermal physics****PROBLEM SET**

NAME: \_\_\_\_\_

**Formative Assessment**

TEAM: \_\_\_\_\_

**Aplicaciones y habilidades:**

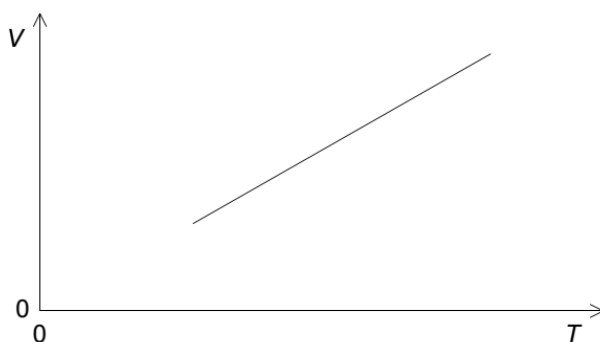
- Resolver problemas mediante la ecuación de estado de un gas ideal y las leyes de los gases
- Dibujar aproximadamente e interpretar los cambios de estado de un gas ideal sobre diagramas de presión-volumen, presión-temperatura y volumen-temperatura.
- Investigar al menos una ley de los gases experimentalmente.

**3.2 Modelización de un gas**

1. Se reduce, a temperatura constante, la presión de una masa fija de un gas ideal en un recipiente. Las moléculas del gas sufrirán una disminución en:

- A. su velocidad cuadrática media.
- B. el número de ellas que golpean las paredes del recipiente en cada segundo.
- C. la fuerza entre ellas.
- D. su diámetro.

2. Se mantiene a una presión constante  $p$  un gas ideal de  $N$  moléculas. La gráfica muestra cómo varía el volumen  $V$  del gas frente a la temperatura absoluta  $T$ .



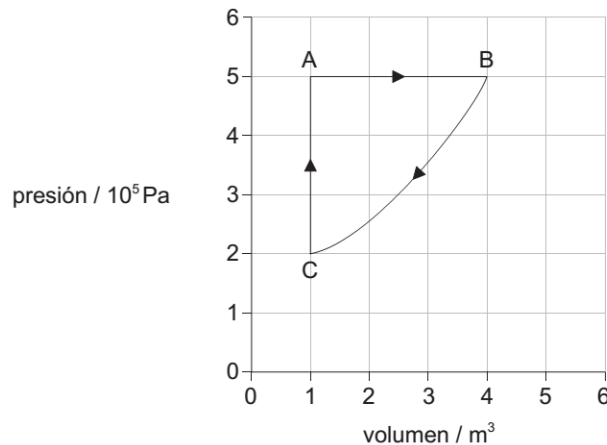
¿Cuál será la pendiente de la gráfica?

- A.  $\frac{N}{p}$
- B.  $\frac{NR}{p}$
- C.  $\frac{NkB}{p}$
- D.  $\frac{N}{Rp}$

3. ¿Qué condiciones de densidad y presión hacen que se describa mejor un gas real mediante la ecuación de estado para un gas ideal?

- A. Baja densidad y baja presión
- B. Baja densidad y alta presión
- C. Alta densidad y baja presión
- D. Alta densidad y alta presión

4. La gráfica muestra cómo varía el volumen de un sistema con la presión a lo largo de un ciclo ABCA.



¿Cuál es el trabajo, en julios, realizado en el proceso AB?

- A.  $15 \times 10^5$
- B.  $9,0 \times 10^5$
- C.  $4,5 \times 10^5$
- D. 0

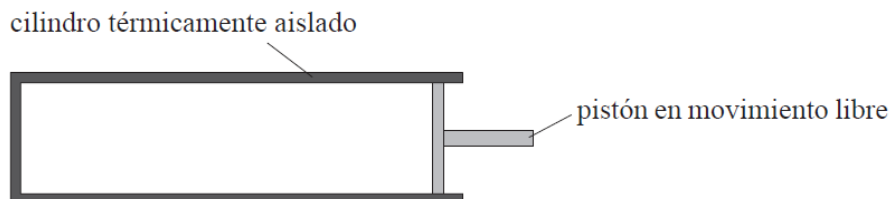
5. Un recipiente contiene 40g de argón-40 ( ${}^{40}_{18}\text{Ar}$ ) y 8g de helio-4 ( ${}^4_2\text{He}$ ). ¿Cuál es el cociente número de átomos de argón número de átomos de helio en el recipiente?.

- A. 1/2
- B. 2/9
- C. 2/1
- D. 9/2

6. ¿Cuál de las siguientes opciones es una suposición del modelo cinético de un gas ideal?

- A. El gas se encuentra a alta presión.
- B. Existen fuerzas débiles de atracción entre las partículas del gas.
- C. Las colisiones entre las partículas son elásticas.
- D. La energía de las partículas es proporcional a la temperatura absoluta.

7. Un gas ideal está contenido en un cilindro térmicamente aislado por un pistón en movimiento libre.



El pistón comprime el gas y aumenta así la temperatura del gas. ¿Cuál es la explicación del incremento en temperatura?

- A. Aumenta el ritmo de colisiones entre las moléculas.
- B. El pistón en movimiento transfiere energía a las moléculas.
- C. Las moléculas del gas se acercan más unas a otras.
- D. Aumenta el ritmo de colisiones entre las moléculas y las paredes del cilindro.

8. La masa molar se define como

- A. el número de partículas en un mol de sustancia.
- B. 1/12 la masa de un átomo de carbono-12.
- C. la masa de un mol de sustancia.
- D. el número de partículas en 1/12 un mol de carbono-12.

9. Dos gases ideales X e Y están a la misma temperatura. La masa de las moléculas del gas X es el doble que la masa de las moléculas del gas Y.

¿Cuánto vale el cociente  $\frac{\text{rapidez media de las moléculas del gas X}}{\text{rapidez media de las moléculas del gas Y}}$  ?

A.  $1/2$

**B.  $\frac{1}{\sqrt{2}}$**

C.  $\sqrt{2}$

D. 2

10. Una muestra contiene 4 g de helio y 20 g de neón. El número másico del helio es 4 y el número másico del neón es 20.

¿Cuál será el cociente  $\frac{\text{número de átomos de neón}}{\text{número de átomos de helio}}$  ?

A. 0,2

**B. 1**

C. 5

D. 80

11. La masa molar del magnesio es 24 g. 12 g de magnesio contienen el mismo número de partículas que

**A. 6 g de carbono-12.**

B. 12 g de carbono-12.

C. 24 g de carbono-12.

D.  $6,02 \times 10^{23}$  g de carbono-12.

12. Una masa determinada de gas ideal está a la temperatura  $T$ . Se duplica la presión y el volumen se reduce a la mitad. ¿Cuál es la temperatura después de dichos cambios?

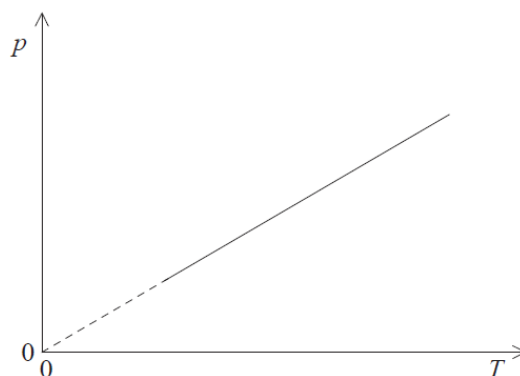
A.  $T/2$

**B.  $T$**

C.  $2T$

D.  $4T$

13. La gráfica muestra la variación de la presión  $p$  de una masa dada de gas ideal con la temperatura absoluta  $T$ .



¿Cuál de las siguientes opciones es la correcta, en lo que se refiere al volumen y a la densidad del gas?

**A.**

**Volumen**  
**constante**

**Densidad**  
**constante**

B.

constante

aumentando

C.

aumentando

constante

D.

aumentando

aumentando

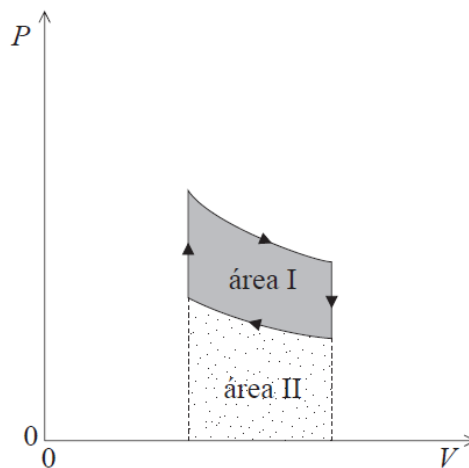
14. ¿Cuál de las siguientes es una hipótesis de la teoría cinética de los gases ideales?

- A. Las moléculas tienen masa nula.
- B. Las fuerzas entre moléculas son atractivas.
- C. Los choques entre moléculas son elásticos.
- D. Las moléculas se mueven con gran velocidad.

15. Un gas ideal tiene presión  $p_0$  y volumen  $V_0$ . Se duplica el número de moléculas del gas sin alterar la temperatura. ¿Cuál será el nuevo valor del producto de la presión por el volumen?

- A.  $\frac{p_0 v_0}{4}$
- B.  $\frac{p_0 v_0}{2}$
- C.  $p_0 v_0$
- D.  $2p_0 v_0$

16. El diagrama muestra la relación entre la presión y el volumen ( $PV$ ) de un gas.



¿Cuál(es) de la(s) siguiente(s) área(s) es/son igual(es) al trabajo efectuado por el gas al expandirse?

- A. área I
- B. área II
- C. área I + área II
- D. área I – área II

17. El carbono tiene una masa atómica relativa de 12 y el oxígeno tiene una masa atómica relativa de 16.

Una muestra de 6 g de carbono tiene el doble de átomos que

- A. 32 g de oxígeno.
- B. 8 g de oxígeno.
- C. 4 g de oxígeno.
- D. 3 g de oxígeno.

18. Tanya calienta 100 g de un líquido con un calentador eléctrico que tiene una potencia constante de 60 W. Después de 100 s, el aumento de temperatura es de 40 K. ¿A partir de que expresión se calcula el calor específico del líquido, expresado en  $\text{J kg}^{-1}\text{K}^{-1}$ ?

- A.  $\frac{60 \times 100}{0.1 \times 40}$
- B.  $\frac{60 \times 0.1}{40}$
- C.  $\frac{0.1 \times 40}{60}$

D.  $\frac{60}{40}$

19. El comportamiento de los gases reales es diferente del predicho para los gases ideales. ¿Cuál de las siguientes afirmaciones sobre los gases reales **no** es correcta?

- A. Las moléculas del gas tienen energía potencial.
- B. Las fuerzas entre las moléculas del gas son siempre despreciables.**
- C. Las moléculas del gas tienen volumen.
- D. Los gases reales pueden licuarse.

20. Un recipiente aislado está dividido en dos volúmenes iguales por medio de un tabique. Cada una de las dos partes contiene un gas ideal. Ambas partes están a la misma presión  $P$ . Se retira el tabique. ¿Cuál de las siguientes es la presión final?

- A.  $P/2$
- B.  $P$**
- C.  $3 P / 2$
- D.  $2P$

21. Cuando se infla un globo, las paredes del globo experimentan una presión debida al gas del interior. Según la teoría cinética de los gases, esta presión está originada por

- A. las fuerzas moleculares entre las moléculas del gas.
- B. la transferencia de momento de las moléculas de gas hacia las paredes.**
- C. la fuerza nuclear fuerte entre las moléculas del gas y las paredes.
- D. la transferencia de masa desde las moléculas del gas hacia las paredes.

22. Un cilindro de volumen constante pierde gas lentamente. Si la temperatura del gas dentro del cilindro no varía, ¿cuál de las siguientes cantidades es constante para las moléculas de gas del cilindro?

- A. El número de moléculas que golpea una unidad de área en una unidad de tiempo
- B. El número de colisiones entre moléculas por unidad de tiempo
- C. El número por unidad de volumen
- D. La velocidad media**

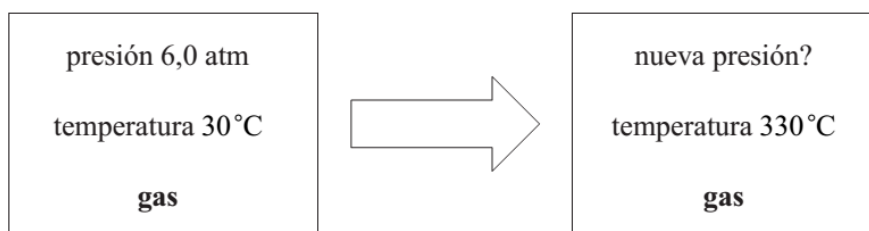
23. La siguiente gráfica muestra la variación con la temperatura absoluta  $T$  de la presión  $p$  de un mol de un gas ideal que tiene un volumen  $V$ .  $R$  es la constante molar de los gases.



¿Cuál de las siguientes respuestas ofrece la mejor interpretación del corte sobre el eje de temperatura y el gradiente de la gráfica?

	Corte sobre el eje de temperatura/K	Gradiente de la grafica
A.	-273	$R/V$
<b>B.</b>	<b>0</b>	<b><math>R/V</math></b>
C.	0	$V/R$
D.	-273	$V/R$

24. Se introduce un gas ideal en un recipiente de volumen fijo a una temperatura de  $30^{\circ}\text{C}$  y una presión de 6,0 atm. Se calienta el gas, a volumen constante, hasta una temperatura de  $330^{\circ}\text{C}$ .



la nueva presión del gas es aproximadamente

- A. 0,60atm.
- B. 3,0 atm.
- C. 12atm.**
- D. 66 atm.

25. ¿cuál de las siguientes **no** es una hipótesis de la teoría cinética de los gases?

- A. el volumen de las moléculas es despreciable comparado con el volumen del gas.
- B. la energía cinética media de las moléculas es proporcional a la temperatura absoluta.**
- c. los choques de las moléculas contra las paredes y entre sí son elásticos.
- D. las moléculas no se ejercen fuerzas entre sí, excepto cuando entran en contacto.

26. Cuando se reduce el volumen de una masa fija de un gas ideal a temperatura constante, la presión del gas aumenta. Este aumento de presión ocurre debido a que los átomos del gas:

- A. colisionan más frecuentemente entre sí.
- B. colisionan más frecuentemente con las paredes del recipiente contenedor.**
- C. Pasan más tiempo en contacto con las paredes del recipiente contenedor.
- D. Se mueven con mayor velocidad media.

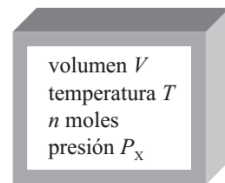
27. Se comprime a temperatura constante una cantidad fija de un gas ideal. La mejor explicación para el aumento de presión es que las moléculas

- A. están moviéndose más rápidamente.
- B. están chocando más frecuentemente contra las paredes del recipiente.**
- C. se ejercen mutuamente fuerzas mayores.
- D. están chocando más frecuentemente entre ellas.

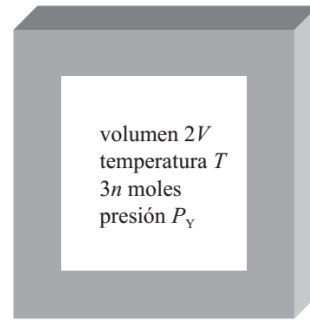
28. la notación nuclear para el litio-7 es  ${}^7_3\text{Li}$ . ¿Cuál de las siguientes cantidades es la masa de 1 mol de litio-7?

- A. 10g
- B. 7g**
- c. 4g
- D. 3g

29. El recipiente X de más abajo tiene un volumen  $V$  y contiene  $n$  moles de un gas ideal a la temperatura kelvin  $T$ . El recipiente Y tiene un volumen  $2V$  y contiene  $3n$  moles de un gas ideal, también a la temperatura kelvin  $T$ .



recipiente X



recipiente Y

La presión del gas en X es  $P_X$  y en Y es  $P_Y$ .

El cociente  $P_X/P_Y$  es:

A.  $2/3$ .

B.  $3/2$ .

C. 5.

D. 6.

30. ¿Cuál de las siguientes opciones **no** es una suposición en la que se basa el modelo cinético de un gas ideal?

A. Todas las moléculas se comportan como si fuesen esferas perfectamente elásticas.

B. La velocidad cuadrática media de las moléculas es proporcional a la temperatura kelvin.

C. Salvo que entren en contacto, las fuerzas entre moléculas resultan despreciables.

D. Las moléculas están en movimiento continuo al azar.

31. La ecuación de estado para un gas ideal,  $pV = nRT$ , describe el comportamiento de los gases reales

A. sólo para presiones bajas y volúmenes grandes.

B. sólo para temperaturas altas.

C. sólo para volúmenes grandes y presiones grandes.

D. para cualquier presión y volumen.

32. Si la temperatura de un gas ideal disminuye, ¿cuál de las siguientes afirmaciones es verdadera?

A. Las moléculas colisionan con las paredes del recipiente con menor frecuencia.

B. Las moléculas colisionan entre sí con mayor frecuencia.

C. El tiempo de contacto entre las moléculas y las paredes disminuye.

D. El tiempo de contacto entre las moléculas aumenta.

33. Al comprimir un gas dentro de un cilindro a temperatura constante mediante un pistón, la presión del gas aumenta. Considere las siguientes tres afirmaciones

I. El ritmo al que las moléculas chocan con el pistón aumenta.

II. La velocidad media de las moléculas aumenta.

III. Las moléculas chocan entre sí con más frecuencia.

¿Qué afirmación o afirmaciones explican correctamente el incremento de la presión?

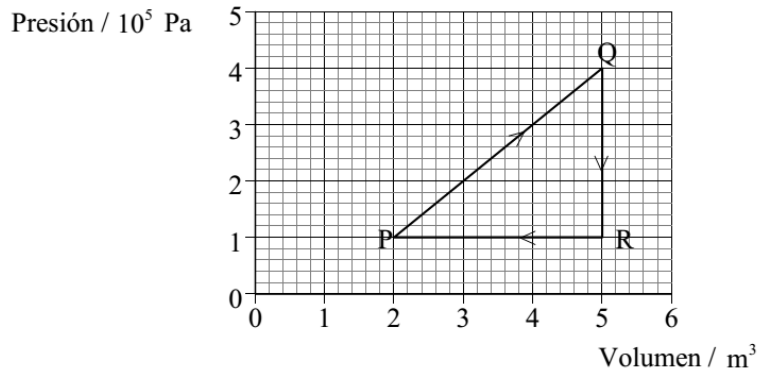
A. I solamente

B. II solamente

C. I y II solamente

D. I y III solamente

34. El gráfico que sigue representa la variación de la presión con respecto al volumen de un sistema.



El trabajo realizado para comprimir el gas de R a P es

- A.  $5,0 \times 10^5 \text{ J}$
- B.  $4,5 \times 10^5 \text{ J}$
- C.  $3,0 \times 10^5 \text{ J}$
- D. 0.

35. Cuando se comprime un gas a temperatura constante, la presión aumenta. Ello se debe a que las moléculas del gas

- A. se repelen unas a otras.
- B. se aprietan unas sobre otras.
- C. golpean las paredes del recipiente con una mayor rapidez media.
- D. golpean las paredes del recipiente más a menudo en un tiempo dado.

36. Una sustancia cambia de sólido a líquido a temperatura constante. ¿Cuál de las siguientes es la descripción correcta de los cambios en la energía potencial interatómica media y en la energía cinética media de las moléculas durante el proceso?

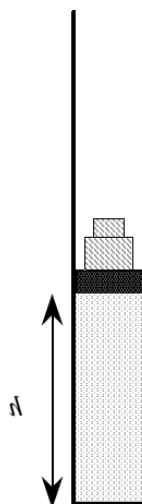
	Energía potencial interatómica media	Energía cinética media
A.	Aumenta	Permanece constante
B.	Permanece constante	Aumenta
C.	Aumenta	Aumenta
D.	Permanece constante	Permanece constante

37. Un volumen fijo de gas ideal está a una temperatura de  $27^\circ\text{C}$ . Para duplicar la presión a volumen constante, la temperatura deberá.

- A. disminuirse hasta menos  $123^\circ\text{C}$
- B. disminuirse hasta  $13,5^\circ\text{C}$
- C. aumentarse hasta  $54^\circ\text{C}$
- D. aumentarse hasta  $327^\circ\text{C}$

38. Considere un gas dentro de un cilindro vertical, el cual va dotado con un embolo, y que sobre este último se colocan pesos. Cuando el gas se encuentre a  $27^\circ\text{C}$  el embolo se encuentra en equilibrio a una altura  $h$  por encima de la base del cilindro, tal y como se muestra seguidamente.





¿A qué valor deberá aumentar la temperatura del gas para que el embolo se encuentre en equilibrio a una altura  $2h$  por encima de su base?

- A.  $54\text{ }^{\circ}\text{C}$
- B.  $150\text{ }^{\circ}\text{C}$
- C.  $327\text{ }^{\circ}\text{C}$**
- D.  $600\text{ }^{\circ}\text{C}$

39. El volumen y la temperatura de una muestra de un gas ideal pueden ajustarse. ¿Qué combinación de estos cambios producirá siempre una mayor presión del gas?

	Volumen	Temperatura
A.	Aumento	Aumento
B.	Aumento	Disminución
<b>C.</b>	<b>Disminución</b>	<b>Aumento</b>
D.	Disminución	Disminución

40. Al aumentar a temperatura constante el volumen de un gas encerrado, la presión que este ejerce en las paredes del recipiente disminuye. Sopese los siguientes enunciados como posibles explicaciones:

- I. la velocidad media con la que las moléculas de gas chocan contra las paredes disminuye.
- II. el ritmo al que las moléculas chocan contra una determinada área de las paredes disminuye.

La disminución de la presión se explica mediante:

- A. I solamente.
- B. II solamente.**
- C. I y II.
- D. ni I ni II.

41. Un gas está contenido en un cilindro mediante un émbolo móvil. Cuando se comprime el gas rápidamente mediante el pistón, aumenta la temperatura del gas. Esto puede comprenderse por el hecho de que las moléculas del gas

- A. están siendo empujadas más cerca una de otra.
- B. chocan más a menudo una con otra.
- C. tienen ahora menor volumen en que moverse.
- D. han ganado energía del émbolo móvil.**

### Topic 3 – Thermal physics

#### PROBLEM SET

NAME: \_\_\_\_\_ TEAM: \_\_\_\_\_

### Formative Assessment

#### Aplicaciones y habilidades:

- Resolver problemas mediante la ecuación de estado de un gas ideal y las leyes de los gases
- Dibujar aproximadamente e interpretar los cambios de estado de un gas ideal sobre diagramas de presión-volumen, presión-temperatura y volumen-temperatura.
- Investigar al menos una ley de los gases experimentalmente.

### 3.2 Modelización de un gas

1. (a) Defina energía interna.

[2]

(b) 0,46 moles de un gas ideal monoatómico se encuentran atrapados en un cilindro.

El gas tiene un volumen de 21cm<sup>3</sup> cuando está a una presión de 1,4Pa.

(i) Indique cómo difiere la energía interna de un gas ideal de la de un gas real.

[1]

(ii) Determine, en kelvin, la temperatura del gas en el cilindro.

[2]

(iii) La teoría cinética de los gases ideales es un ejemplo de modelo científico.

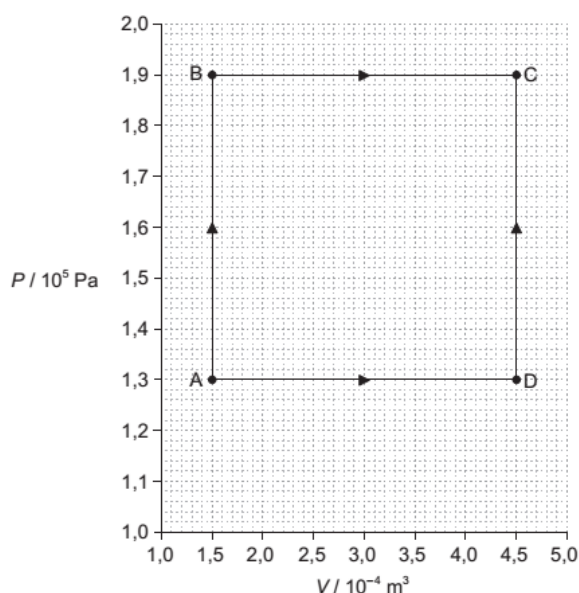
Identifique dos razones por las que tales modelos son útiles para los científicos.

[2]

Question			Answers	Notes	Total
3.	a		mention of atoms/molecules/particles ✓ sum/total of kinetic energy and «mutual/intermolecular» potential energy ✓	Do not allow “kinetic energy and potential energy” bald.  Do not allow “sum of average ke and pe” unless clearly referring to total ensemble.	2
	b	i	«intermolecular» potential energy/PE of an ideal gas is zero/negligible		1
	b	ii	<b>THIS IS FOR USE WITH AN ENGLISH SCRIPT ONLY</b> use of $T = \frac{PV}{nR}$ or $T = \frac{1.4 \times 21}{0.46 \times 8.31}$ ✓  7.7 K ✓	Award mark for correct re-arrangement as shown here not for quotation of Data Booklet version.  Award [2] for a bald correct answer in K. Award [2 max] if correct 7.7 K seen followed by –265°C and mark BOD. However, if only –265°C seen, award [1 max].  Do not penalise use of “K”	2
	b	ii	<b>THIS IS FOR USE WITH A SPANISH SCRIPT ONLY</b> $T = \frac{PV}{nR}$ ✓  $T = \frac{1.4 \times 2.1 \times 10^{-6}}{0.46 \times 8.31}$ ✓  $T = 7.7 \times 10^{-6} \text{ K}$ ✓	Award mark for correct re-arrangement as shown here not for quotation of Data Booklet version.  Uses correct unit conversion for volume  Award [2] for a bald correct answer in K. Finds solution. Allow an ECF from MP2 if unit not converted, ie candidate uses 21 m3 and obtains 7.7 K Do not penalise use of “K”	2 max
Question			Answers	Notes	Total
	b	iii	«models used to» predict/hypothesize / lead to further theories ✓ explain / help with understanding / help to visualize ✓  simulate ✓ simplify/approximate ✓	Response needs to identify <b>two</b> different reasons. (N.B. only one in SL).  Do not allow any response that is gas specific. The question is couched in general, nature of science terms and must be answered as such.	2 max

## 2. Esta pregunta trata sobre un gas ideal.

La gráfica muestra cómo varía la presión  $P$  de una muestra de gas ideal de masa determinada con el volumen  $V$ .



La temperatura del gas en el punto A es de  $85^\circ\text{C}$ . El gas puede cambiar su estado hasta el del punto C siguiendo el camino ABC o el ADC.

(a) Calcule la temperatura del gas en el punto C. [3]

(b) Compare, sin hacer ningún cálculo, el trabajo hecho y la energía térmica suministrada a lo largo del camino ABC y del camino ADC. [3]

4. (a) use of  $\frac{PV}{T} = \text{constant}$  **or** use of  $T \propto PV$  **or** via intermediate calculation of  $n$  in  $PV = nRT$ ;  
 $\frac{1.95}{358} = \frac{8.55}{T_C}$  **or**  $n = 6.55 \times 10^{-3} \text{ mol}$ ; } (allow power of ten omission provided same omission on both sides)  
 $1570 \text{ K}$  **or**  $1300^\circ\text{C}$  ; [3]  
 Omitting conversion to Kelvin yields answer of 373 – award **[2 max]** as one error.

- (b) same temperature change so same change in internal energy/ $\Delta U$ ;  
 work done along ABC is larger/ADB is smaller because area under ABC is greater than area under ADC/ $\Delta V$  same in both,  $P$  greater for ABC so  $P\Delta V$  also greater for ABC;  
 because  $\Delta Q = \Delta U + W$  thermal energy transferred is greater for route ABC/smaller for route ADB;  
 Must see reference to first law for MP3. [3]

## 3. Esta pregunta trata sobre un gas ideal.

(a) Describa cómo se define la constante de los gases ideales  $R$ . [2]

(b) Calcule la temperatura de  $0,100 \text{ mol}$  de gas ideal encerrado en un cilindro de volumen  $1,40 \times 10^{-3} \text{ m}^3$ , a una presión de  $2,32 \times 10^5 \text{ Pa}$ . [1]

(c) El gas en (b) se mantiene en el cilindro gracias a un émbolo que se mueve libremente.

A continuación, el gas se calienta a presión constante hasta que el volumen ocupado por el gas es de  $3,60 \times 10^{-3} \text{ m}^3$ . El aumento de la energía interna del gas es de  $760 \text{ J}$ .

Determine la energía térmica entregada al gas. [2]

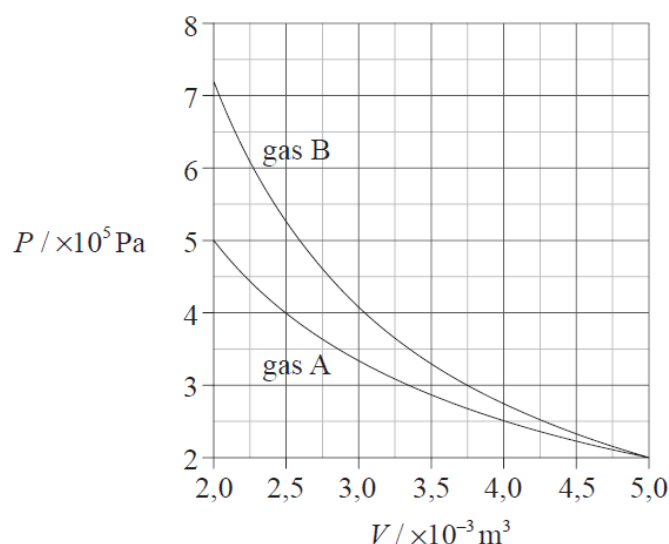
(d) Después del calentamiento, el gas se comprime rápidamente hasta su volumen inicial de (b). Resuma por qué esta compresión es, aproximadamente, un cambio adiabático de estado del gas. [2]

4. (a) defined from the equation of state of an ideal gas  $PV = nRT$  ;  
all symbols ( $PVnT$ ) correctly identified; [2]
- (b) 390/391 K; [1]
- (c) work done =  $(P\Delta V = 2.32 \times 10^5 \times 2.20 \times 10^{-3} =) 510 \text{ J}$  ;  
thermal energy =  $(760 + 510 =) 1.27 \times 10^3 \text{ J}$  ; [2]  
*Award [1 max] if volume is taken as  $3.6 \times 10^{-3}$ , giving an answer of 1600 J.*
- (d) an adiabatic change is one in which no (thermal/heat) energy is transferred  
between system and surroundings / no energy enters/leaves system;  
a rapid compression means that there is insufficient time (for energy transfer) /  
OWTTE; [2]

#### 4. Propiedades de un gas

Una masa fija de gas ideal tiene un volumen inicial de  $2,0 \times 10^{-3} \text{ m}^3$ . El gas experimenta una expansión adiabática hasta un volumen de  $5,0 \times 10^{-3} \text{ m}^3$ . Un gas ideal idéntico experimenta el mismo cambio de volumen, pero esta vez isotérmicamente.

La gráfica muestra la variación de la presión  $P$  con el volumen  $V$  para los dos gases



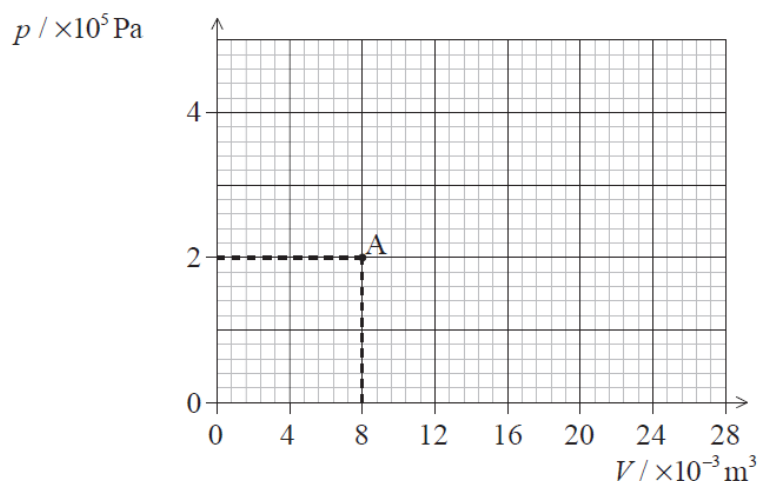
- (a) Utilizando los datos de la gráfica anterior, identifique qué gas, A o B, experimenta la expansión isotérmica. [2]
- (b) Utilizando la gráfica de la página anterior, estime la diferencia entre los trabajos realizados por cada gas. [4]
- (c) Haciendo referencia a la primera ley de la termodinámica, y sin otros cálculos, explique el cambio en la temperatura del gas que experimenta la transformación adiabática. [4]

## Part 2 Properties of a gas

- (a) choice of two data points;  
to show  $P \times V$  constant for gas A / not constant for gas B; [2]
- (b) identifies area between lines as work done;  
counts squares (14 squares);  
each square 12.5;  
175 J; (*allow answers in the range of 150 to 200 J*) [4]
- (c)  $Q = \Delta U + W$  and  $Q = 0$ ; (*both needed*)  
so  $\Delta U + W = 0$ ;  
work done by gas is positive;  
so  $\Delta U$  decreases therefore temperature decreases; [4]

### 5. Esta pregunta trata sobre gases ideales.

- (a) Indique qué se entiende por gas ideal. [1]
- (b) Para un gas ideal  
(i) defina *energía interna*. [1]  
(ii) indique y explique cómo se relacionan la energía interna y la temperatura absoluta (kelvin). [2]
- (c) En el siguiente diagrama  $p$ - $V$ , el punto A representa el estado de un gas ideal.



El número de moles del gas es 0,64.

- (i) Deduzca que la temperatura del gas en el estado A es aproximadamente 300 K. [1]
- (ii) Se proporciona al gas una cantidad de energía térmica  $Q$  a presión constante. La temperatura del gas aumenta hasta 900 K. Calcule el nuevo volumen del gas. [2]
- (iii) Determine el trabajo realizado por el gas en este cambio de estado. [2]
- (iv) Utilizando la primera ley de la termodinámica, indique y explique si la temperatura final del gas será igual, menor o mayor que 900 K, en el caso de que  $Q$  se hubiera absorbido a volumen constante. [3]

**A3.** (a) satisfies  $pV = nRT$  (at all  $p$ ,  $V$  and  $T$ ) / point molecules / no intermolecular forces; [1]  
*Allow any other kinetic theory assumption.*

(b) (i) the (total random) kinetic energy of the molecules (of the gas); [1]

(ii) the (absolute kelvin) temperature is proportional to/is a measure of the average kinetic energy of the molecules of the gas;  
and hence the internal energy is proportional to the temperature (and the total number of molecules in the gas) /  $U \propto NT$ ; [2]  
*Do not accept  $T$  increases  $U$  increases. Award [0] for **any** reference to potential energy.*

(c) (i) correct substitution to get  
$$T = \frac{pV}{nR} = \frac{2.0 \times 10^5 \times 8.0 \times 10^{-3}}{0.64 \times 8.31};$$
  
 $\approx 300 \text{ K}$  [1]

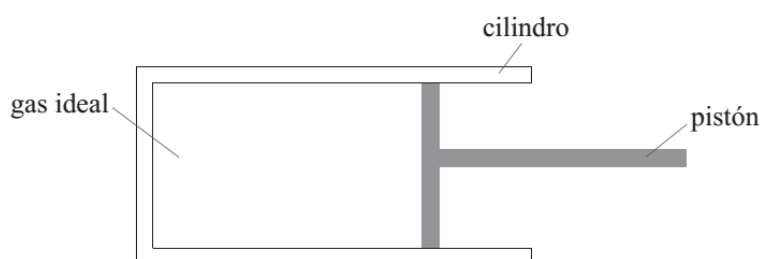
(ii) use of  $\frac{V}{T} = \text{constant/ratio idea}$ ;  
to calculate new volume at  $24 \times 10^{-3} \text{ m}^3$ ; [2]

(iii)  $W = p\Delta V$   
 $\Delta V = 16 \times 10^{-3} \text{ m}^3$ ;  
so  $W = 2.0 \times 10^5 \times 16 \times 10^{-3} = 3200 \text{ J}$ ; [2]

(iv)  $\Delta U = Q - W$ ;  
 $W = 0$  therefore increase in  $U$  greater (for constant volume);  
therefore  $T$  is greater; ( $T$  greater must be justified by correct arguments) [3]

## 6. Gases ideales y máquinas térmicas

(a) Un gas ideal está confinado en un cilindro provisto de un pistón, como muestra la figura.



Se empuja rápidamente el pistón hacia el interior del cilindro.

Para el cambio resultante en el estado del gas,

(i) indique, y explique, si el proceso es isocórico, isobárico o adiabático. [2]

(ii) utilice el modelo molecular de un gas ideal para explicar por qué cambia la temperatura del gas. [3]



- (d) (i) change is adiabatic;  
change is sudden so no heat enters/leaves the gas / there is no time for heat exchange; [2]
- (ii) molecules rebound from piston;  
with increased speed;  
temperature depends on speed and so temperature rises; [3]

## 7. Gases

Un neumático de coche tiene un volumen constante de  $1,17 \times 10^4 \text{ cm}^3$ . La presión del aire en el neumático es  $2,70 \times 10^5 \text{ Pa}$  a la temperatura de  $17,0^\circ\text{C}$ . El aire puede considerarse como un gas ideal.

- (a) Calcule la cantidad de aire, en moles, que hay en el neumático. [3]
- (b) Una bomba de aire inyecta  $8,00 \times 10^{-3} \text{ mol}$  de aire en el neumático, en cada embolada. Calcule el número de emboladas completas de la bomba que se requieren para aumentar la presión del aire del neumático hasta  $3,10 \times 10^5 \text{ Pa}$  a  $17,0^\circ\text{C}$ . [4]
- (c) En cada embolada de la bomba, la fuerza media aplicada a la bomba es de  $280 \text{ N}$  y la fuerza se desplaza una distancia de  $9,0 \text{ cm}$ . [2]
- (i) Calcule el trabajo total realizado sobre la bomba para inflar el neumático. [2]
- (ii) Durante el aumento de presión en el neumático, la energía adicional almacenada en el aire comprimido es  $225 \text{ J}$ . Calcule el rendimiento del proceso de inflado. [2]
- (d) De hecho, el aire no es un gas ideal. Como consecuencia de ello, la ecuación de estado  $pV=nRT$  no es exactamente correcta para el aire.

Se puede modificar la ecuación de estado para tener en cuenta el comportamiento no ideal.

Sugiera, dando una razón, si el término  $V$  de la ecuación del gas debería aumentarse, disminuirse o permanecer sin cambio, para tener en cuenta el tamaño finito de las moléculas. [3]

**B2. Part 2 Gases**

- (a) temperature of air is 290 K ;

$$\text{amount} = \frac{(2.7 \times 10^5 \times 1.17 \times 10^4 \times 1.0 \times 10^{-6})}{(8.31 \times 290)};$$

$$= 1.31 \text{ mol};$$

[3]

- (b) new amount  $= 1.31 \times \left( \frac{3.10}{2.70} \right)$ ; (or full substitution)
- $$= 1.51 \text{ mol};$$

$$\text{number of strokes} = \frac{(1.51 - 1.31)}{0.008};$$

$$= 25;$$

[4]

- (c) (i) work done  $= 280 \times 9.0 \times 10^{-2} \times 25$ ;
- $$= 630 \text{ J};$$

[2]

(ii) efficiency  $= \frac{(225 \times 100)}{630}$ ;

$$= 36\%;$$

[2]

- (d)  $V$  is volume in which the gas molecules can move;  
molecules cannot move “inside” each other;  
so reduce  $V$ ; (do not award this mark if both the answers above are incorrect)

[3]

**8. Esta pregunta trata de un gas ideal.**

(a) La presión  $P$  de una masa fija de un gas ideal es directamente proporcional a la temperatura  $T$ , en kelvin, del gas. Esto es,  $P \propto T$ .

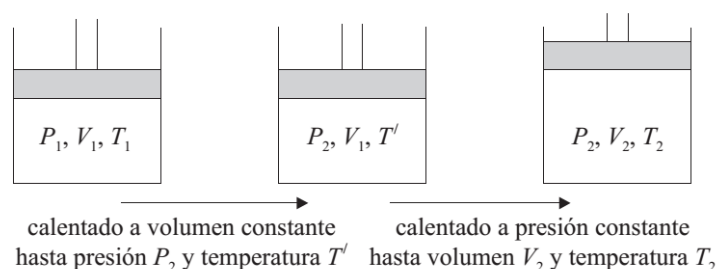
Indique

(i) la relación entre la presión  $P$  y el volumen  $V$  para un cambio a temperatura constante. [1]

(ii) la relación entre el volumen  $V$  y la temperatura  $T$  en kelvin para un cambio a presión constante. [1]

(b) El gas ideal está encerrado por un pistón móvil en un cilindro. La presión del gas es  $P_1$ , su volumen es  $V_1$  y su temperatura en kelvin es  $T_1$ .

La presión, volumen y temperatura pasan a ser  $P_2$ ,  $V_2$  y  $T_2$  respectivamente. Este cambio se produce como se ilustra a continuación.



Indique la relación entre

(i)  $P_1$ ,  $P_2$ ,  $T_1$  y  $T_2$ . [1]

(ii)  $V_1$ ,  $V_2$ ,  $T_1$  y  $T_2$ . [1]

(c) Utilice sus respuestas a (b) para deducir que, para un gas ideal,  $PV = KT$  donde  $K$  es una constante. [4]



A3. (a) (i)  $P \propto \frac{1}{V}$  **or**  $V \propto \frac{1}{P}$  **or**  $pV = \text{constant}$  **or** pressure inversely proportional to volume *etc.*; [1]

(ii)  $V \propto T$  *etc.*; [1]

(b) (i)  $\frac{P_1}{T_1} = \frac{P_2}{T'}$  **or**  $P_1 T' = P_2 T_1$ ; [1]

(ii)  $\frac{V_1}{T'} = \frac{V_2}{T_2}$  **or**  $V_1 T_2 = V_2 T'$ ; [1]

(c) from (i)  $T' = \frac{P_2 T_1}{P_1}$ ;

from (ii)  $T' = \frac{V_1 T_2}{V_2}$ ;

equate to get  $\frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2}$ ;

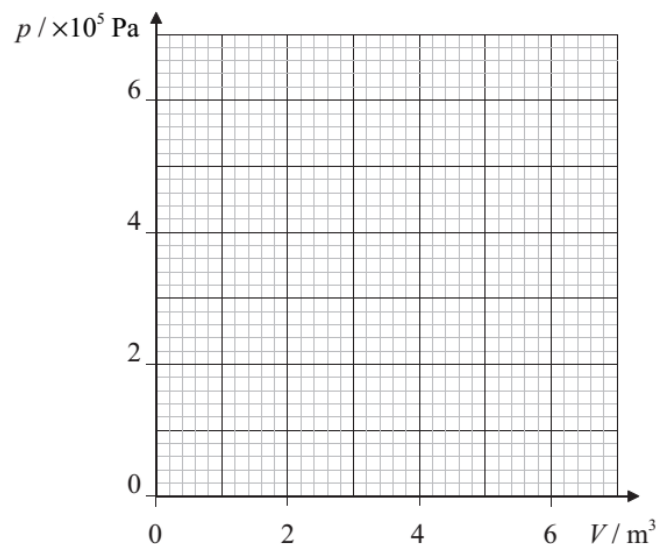
so that  $\frac{PV}{T} = \text{constant}$  **or**  $PV = KT$ ; [4]

## 9. Expansión de un gas

Un gas ideal con una presión inicial de  $4,0 \times 10^5 \text{ Pa}$  se expande isotérmicamente desde un volumen de  $3,0 \text{ m}^3$  hasta un volumen de  $5,0 \text{ m}^3$ .

(a) Calcule la presión final del gas. [1]

(b) Sobre los ejes de más abajo, dibuje un esquema gráfico para mostrar la variación de la presión  $p$  con el volumen  $V$ , durante la expansión. [3]



(c) Utilice el esquema gráfico de (b) para

(i) estimar el trabajo realizado por el gas durante ese proceso. [2]

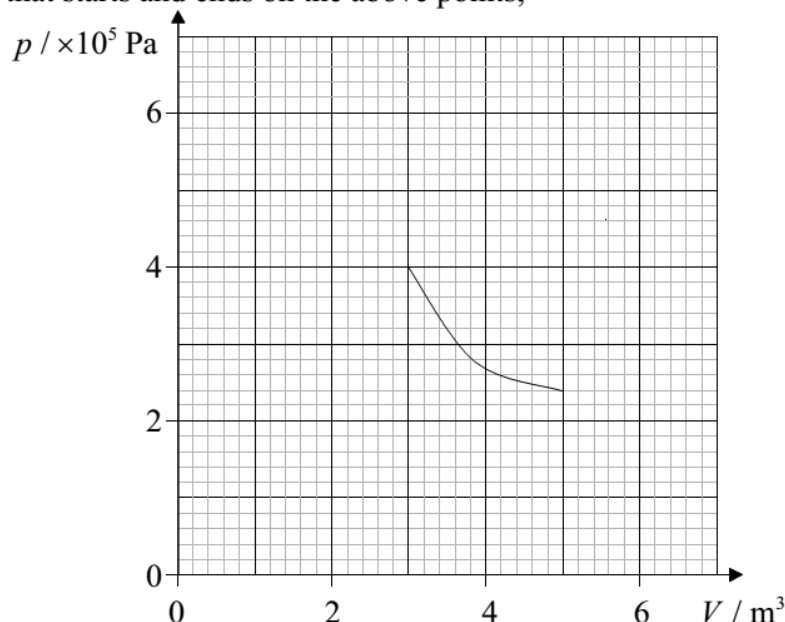
(ii) explique por qué el trabajo realizado sería menor si el gas se expandiera adiabáticamente desde el mismo estado inicial hasta el mismo volumen final. [1]

## B2. Part 2 Expansion of a gas

(a)  $2.4 \times 10^5 \text{ Pa}$  ;

[1]

(b) any line through (3.0, 4.0) and (5.0, 2.4);  
that is a smooth curve in correct direction;  
that starts and ends on the above points;



[3]

(c) (i) work done = area under line/curve/graph;  
to get  $6.1 \times 10^5 \text{ J}$  ;  
*Accept  $5.5 \rightarrow 6.7 \times 10^5 \text{ J}$ .*

[2]

(ii) work done would be less as adiabatic line is steeper than isothermal line / *OWTTE*;  
*or*;  
no energy/heat has to be transferred to the surroundings to maintain constant temperature / *OWTTE*;

[1]

## 10. Comportamiento de un gas ideal

(a) Partiendo del modelo microscópico (cinético) de un gas ideal, explique

(i) la diferencia entre la temperatura de un gas ideal y su energía interna.

[4]

(ii) por que la temperatura de un gas contenido en un cilindro dotado con un embolo móvil aumenta al comprimir dicho gas rápidamente.

[2]

(b) Considere un gas ideal encerrado en un cilindro, el cual va dotado con un embolo móvil. La masa del gas es de  $4.0 \times 10^{-3} \text{ kg}$  y su calor específico a volumen constante es  $3.1 \times 10^3 \text{ J kg}^{-1} \text{ K}^{-1}$ . El gas se encuentra inicialmente a una temperatura de  $27^\circ\text{C}$  y a una presión de  $1.0 \times 10^5 \text{ Pa}$ .

El Diagrama 1 muestra cinco de las moléculas del gas con sus vectores de velocidad correspondientes.

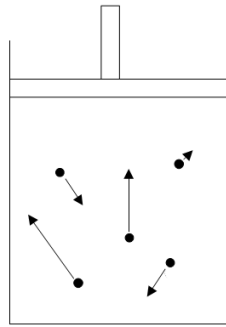


Diagrama 1

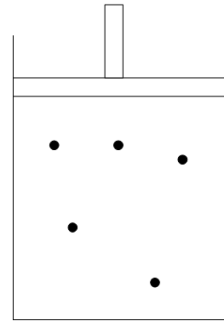


Diagrama 2

El gas se calienta seguidamente a volumen constante hasta que su presión alcanza un valor de  $2,0 \times 10^5$  Pa.

(i) Trace a mano alzada los vectores de velocidad en el Diagrama 2 anterior para mostrar como considera usted que, por término medio, cambiarán las velocidades de las moléculas con respecto a las velocidades que se muestran en el Diagrama 1. [2]

(ii) Calcule la temperatura del gas después de haberlo calentado a volumen constante. [2]

(iii) Determine la energía térmica suministrada al gas cuando se le calienta. [3]

(c) El gas se comprime seguidamente a temperatura constante hasta que su volumen sea la mitad del volumen original. ¿Cuál será la presión del gas después de comprimirlo a temperatura constante? [3]

**B2. Part 1. Ideal gas behaviour**

- (a) (i) *Award [1] if **measure** is omitted, [1] if **average** is omitted and [1] if **kinetic** is omitted.*  
temperature is a measure of the average kinetic energy of the molecules; [2]

*Award [1] if **total** is omitted.*

internal energy is the total energy of the molecules; [2]  
[max 4]

- (ii) *Look for an answer along these lines:*

when the molecules collide with the moving piston they rebound with a greater speed; [1]

their KE is therefore increased and since KE measures temperature, the temperature increases / energy is transferred to the molecules by the moving piston *etc.*; [1]

[max 2]

- (b) (i) longer arrows; [1]  
but not all the same length *or* in the same direction; [1]

[max 2]

- (ii)  $\frac{p_1}{p_2} = \frac{T_1}{T_2}$  with  $T_1 = 300 \text{ K}$ ; [1]  
to give  $T_2 = 600 \text{ K}$ ; [1]

*Award [1] if K not used, 54 °C.*

[max 2]

- (iii) recognise that change in internal energy =  $ms\Delta\theta$ ; [1]

$= 4.0 \times 10^{-3} \times 3.1 \times 10^3 \times 300$ ; [1]

$= 3.7 \times 10^3 \text{ J}$ ; [1]

*335 J if 27 °C used,  $7.4 \times 10^3 \text{ J}$  if 600 K used – award [2], award [1] if*

*54 °C used – 670 J.*

[max 3]

- (c)  $p_1V_1 = p_2V_2$ ; [1]

with  $p_1 = 2.0 \times 10^5 \text{ Pa}$ ; [1]

to give  $p_2 = 4.0 \times 10^5 \text{ Pa}$ ; [1]

[max 3]