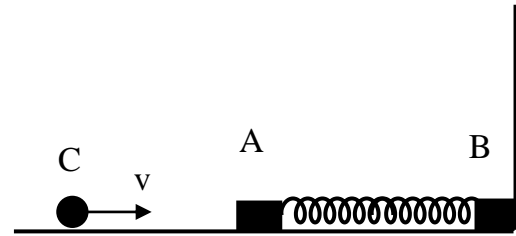




Thời gian làm bài: 180 Phút (Không kể thời gian giao đề)

Bài 1: (2 điểm)

Hai vật nặng A và B có khối lượng $m_A = 900g$ và $m_B = 4kg$ mắc vào lò xo nhẹ có khối lượng không đáng kể, độ cứng của lò xo là $k = 100N/m$. Vật B có một đầu tựa vào tường thẳng đứng. Hệ được đặt trên mặt phẳng nằm ngang. Hệ số ma sát giữa mặt phẳng ngang với vật A và B lần lượt là $\mu_A = 0,1$; $\mu_B = 0,3$.



Hình 1

Ban đầu 2 vật A, B nằm yên và lò xo không biến dạng. Một vật C có khối lượng $m=100g$ đang bay theo phương ngang với vận tốc là v đến va chạm vào vật A (hình 1). Lấy $g = 10m/s^2$.

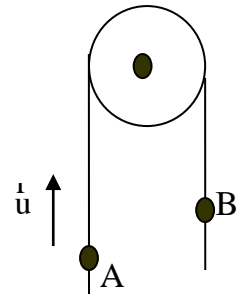
1. Cho $v = 10m/s$. Tìm độ nén lớn nhất của lò xo trong 2 trường hợp:

- a) Va chạm giữa vật C và A là hoàn toàn đàn hồi.
- b) Va chạm giữa vật C và A là mềm.

2. Nếu sau va chạm, vật C cắm vào vật A thì C phải có vận tốc tối thiểu là bao nhiêu để vật B có thể dịch sang trái?

Bài 2: (2 điểm)

Một sợi dây vắt qua ròng rọc, ở hai đầu sợi dây có hai người đu vào. Biết khối lượng của mỗi người lớn gấp 4 lần khối lượng ròng rọc. Người A bắt đầu leo theo dây với vận tốc tương đối với dây là u . Tính vận tốc của người B so với mặt đất? coi như khối lượng ròng rọc phân bố đều trên vành.



Bài 3: (2 điểm)

Một điện tử bay từ bản âm sang bản d- ơng của một tụ điện phẳng, khoảng cách giữa hai bản tụ là $d = 5cm$ và hiệu điện thế giữa hai bản tụ $3000V$. Điện tích của điện tử là $q = -1,6.10^{-19}C$, khối l- ơng của điện tử là $3,1.10^{-31}kg$, vận tốc ban đầu của điện tử bằng không.

- 1, Xác định thời gian điện tử bay từ bản âm đến bản d- ơng.
- 2, Xác định vận tốc của điện tử ngay khi chạm bản d- ơng.

Bài 4: (2 điểm)

Một mol khí lí tưởng đơn nguyên tử thực hiện chu trình biến đổi trạng thái như sau:

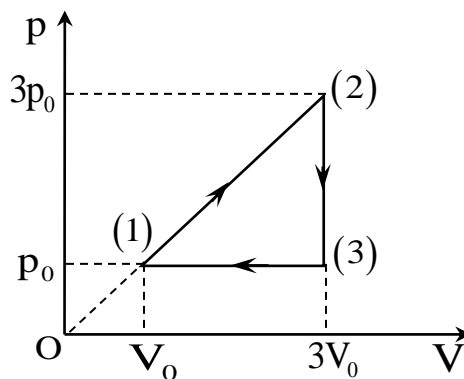
Từ trạng thái 1 có áp suất $p_1 = 10^5$ Pa, nhiệt độ $T_1 = 400$ K biến đổi đẳng tích đến trạng thái 2 có áp suất $p_2 = 2p_1$. Từ trạng thái 2 giãn nở đẳng áp đến trạng thái 3 có nhiệt độ $T_3 = 1000$ K, sau đó biến đổi đẳng nhiệt đến trạng thái 4, rồi từ trạng thái 4 biến đổi đẳng áp về trạng thái 1.

1. Tính các thông số trạng thái còn lại của khối khí ứng với các trạng thái 1, 2, 3, 4.
2. Vẽ đồ thị của chu trình trong hệ tọa độ (p, V) .
3. Tính công mà khí thực hiện trong cả chu trình và hiệu suất của chu trình.

Cho hằng số khí lí tưởng là $R = 8,31$ J/mol.K

Bài 5: (2 điểm)

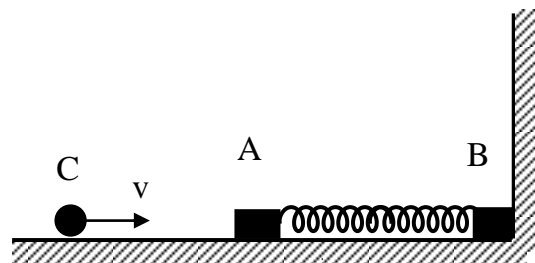
Một chất khí có các thông số trạng thái (p, V, T) liên hệ với nhau theo phương trình trạng thái $\left(p + \frac{a}{V^2}\right)V = RT$ và có nội năng $U = \frac{3}{2}RT - \frac{a}{V}$. Hằng số $a = 64p_0V_0^2$. Chất khí này thực hiện chu trình như đồ thị. Hãy tính hiệu suất của chu trình.



HƯỚNG DẪN CHẤM

Bài 1:

Hai vật nặng A và B có khối lượng $m_A = 900\text{g}$ và $m_B = 4\text{kg}$ mắc vào lò xo nhẹ có khối lượng không đáng kể, độ cứng của lò xo là $k = 100\text{N/m}$. Vật B có một đầu tựa vào tường thẳng đứng. Hệ được đặt trên mặt phẳng nằm ngang. Hệ số ma sát giữa mặt phẳng ngang với vật A và B lần lượt là $\mu_A = 0,1$; $\mu_B = 0,3$.



Hình 2

Ban đầu 2 vật A, B nằm yên và lò xo không biến dạng. Một vật C có khối lượng $m = 100\text{g}$ đang bay theo phương ngang với vận tốc là v đến va chạm vào vật A (hình 2).

Lấy $g = 10\text{m/s}^2$.

1. Cho $v = 10\text{m/s}$. Tìm độ nén lớn nhất của lò xo trong 2 trường hợp:

a) Va chạm giữa vật C và A là hoàn toàn đàn hồi.

b) Va chạm giữa vật C và A là mềm.

2. Nếu sau va chạm, vật C cắm vào vật A thì C phải có vận tốc tối thiểu là bao nhiêu để vật B có thể dịch sang trái?

Lời giải

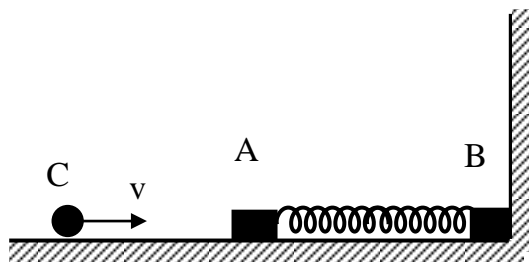
1,a) Chọn chiều dương là chiều chuyển động của vật C.

Xét va chạm giữa C và A là va chạm hoàn toàn đàn hồi:

Gọi vận tốc của C và A sau va chạm lần lượt là v_1 và v_2 .

Áp dụng định luật bảo toàn động lượng cho hệ A và C trong thời gian va chạm ta được:

$$mv = mv_1 + m_A v_2 \quad (1)$$



Hình 2

Vì va chạm là hoàn toàn đàn hồi nên động năng của hệ bảo toàn:

$$\frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2}mv_1^2 + \frac{1}{2}m_A v_2^2 \quad (2)$$

Từ (1) và (2) ta có

$$v_2 = \frac{2mv}{m + m_A} = \frac{2.0,1.10}{0,1 + 0,9} = 2(m/s) > 0$$

Khi lò xo có độ nén cực đại là x thì vận tốc của A bằng 0. Áp dụng định luật bảo toàn năng lượng cho vật A ta được:

$$\frac{m_A v_2^2}{2} - \frac{kx^2}{2} = \mu_A m_A g x \rightarrow 50x^2 + 0,9x - 1,8 = 0 \quad (3)$$

Giải phương trình (3) ta được $x \approx 0,18(m)$.

b) Xét va chạm giữa C và A là va chạm mềm thì sau va chạm 2 vật C và A sẽ cùng chuyển động với vận tốc v_0 . Áp dụng định luật bảo toàn động lượng ta có:

$$mv = (m + m_A)v_0 \rightarrow v_0 = 1m/s$$

Gọi x là độ co lớn nhất lò xo

Áp dụng ĐLBTK năng lượng:

$$\frac{1}{2}(m_A + m)v_0^2 - \frac{1}{2}kx^2 = \mu_A(m_A + m)g \cdot x \rightarrow 50x^2 + x - 0,5 = 0$$

Giải phương trình trên ta được $x = 0,09(m)$.

2. Để B có thể dịch chuyển sang trái thì lò xo phải dãn ít nhất một đoạn x_0 sao cho:

$$F_{đh} = F_{m/s B} \leftrightarrow kx_0 = \mu_B m_B g \rightarrow x_0 = \frac{\mu_B m_B g}{k} = \frac{0,3.4.10}{100} = 0,12(m)$$

Như vậy vận tốc v_0 mà $(m + m_A)$ có được sau va chạm phải làm cho lò xo co tối đa là x sao cho khi dãn ra thì lò xo có độ dãn tối thiểu là x_0 . Áp dụng ĐLBTK năng lượng cho hệ trong quá trình này:

$$\frac{1}{2}kx^2 = \mu_A(m_A + m)g(x + x_0) + \frac{1}{2}kx_0^2 \rightarrow 50x^2 - x - 0,84 = 0 \rightarrow x = 0,14m$$

(loại nghiệm âm).

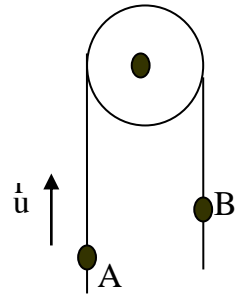
Áp dụng ĐLBTK năng lượng cho hệ trong quá trình lò xo bị nén, ta có

$$\frac{1}{2}(m_A + m)v_0^2 - \frac{1}{2}kx^2 = \mu_A(m_A + m)gx \Rightarrow v_0 = \frac{2\sqrt{14}}{5} m/s$$

$$\text{mà } mv = (m_A + m).v_0 \rightarrow v = 4\sqrt{14} \text{ m/s} \approx 15\text{m/s.}$$

Như vậy, để m_B có thể dịch sang trái thì C phải có vận tốc ít nhất là 15m/s.

Bài 2. Một sợi dây vắt qua ròng rọc, ở hai đầu sợi dây có hai người đu vào. Biết khối lượng của mỗi người lớn gấp 4 lần khối lượng ròng rọc. Người A bắt đầu leo theo dây với vận tốc tương đối với dây là u . Tính vận tốc của người B so với mặt đất? coi như khối lượng ròng rọc phân bố đều trên vành .



Lời giải

Gọi \dot{v}_B là vận tốc của dây đối với đất, (và cùng là vận tốc của người B đối với đất). Theo công thức cộng vận tốc ta có vận tốc của người A đối với đất là:

$$\dot{v}_A = \dot{u} + \dot{v}_B \quad (1)$$

$$\text{Chiều (1) xuống phương chuyển động của A ta được : } v_A = u - v_B \quad (2)$$

Ban đầu cơ hệ đứng yên nên mômen động lượng của hệ đối với trục ròng rọc bằng không:

$$|\dot{L}| = 0 \quad (3).$$

Khi người A bắt đầu leo lên dây thì mômen động lượng của hệ gồm mômen động lượng của người A, người B và mômen quay của ròng rọc:

$$\dot{L} = R.m.v_A - R.m.v_B - I.\omega \quad \text{với } \omega = \frac{v_B}{R}$$

Ta có thể áp dụng định luật bảo toàn mômen động lượng cho hệ : $L = L'$

$$\Leftrightarrow R.m.v_A - R.m.v_B - I.\omega = 0$$

$$\Leftrightarrow R.m.(U - V_B) - R.m.v_B - \frac{m}{4}.R^2.\frac{V_B}{R} = 0.$$

Ta tìm được: $v_B = \frac{4u}{9}$

Vậy vận tốc của người B đối với đất bằng : $v_B = \frac{4u}{9}$

Bài 3: Một điện tử bay từ bản âm sang bản d-ơng của một tụ điện phẳng, khoảng cách giữa hai bản tụ là $d = 5\text{cm}$ và hiệu điện thế giữa hai bản tụ 3000V . Điện tích của điện tử là

$q = -1,6 \cdot 10^{-19}\text{C}$, khối l-ợng của điện tử là $3,1 \cdot 10^{-31}\text{kg}$, vận tốc ban đầu của điện tử bằng không.

- 1, Xác định thời gian điện tử bay từ bản âm đến bản d-ơng.
- 2, Xác định vận tốc của điện tử ngay khi chạm bản d-ơng.

Bài giải:

Với bài tập này ta có thể giải theo hai cách:

Cách 1: Dùng động lực học

Trong cách này ta phải tìm gia tốc dựa vào định luật II Niuton để xác định tính chất của chuyển động, thời gian chuyển động.

Cách 2: Sử dụng định lý động năng

□p dụng định lý động năng để xác định vận tốc của điện tử, từ đó sử dụng công thức động học tìm gia tốc, thời gian chuyển động.

Nói chung cả hai cách đều phải xác định gia tốc của điện tử.

Sau đây là bài làm cụ thể:

Cách 1:

- Khi điện tử chuyển động từ bản âm sang bản d-ơng nó chịu tác dụng của lực điện tr-ờng.

(Bỏ qua tác dụng của trọng lực vì nó quá nhỏ).

$$\vec{F} = q \cdot \vec{E}$$

- □p dụng định luật II Niuton cho điện tử, ta có:

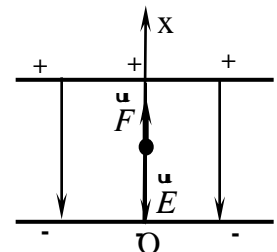
$$\vec{F} = m \cdot \vec{a}$$

- Chiếu ph-ơng trình lên chiều d-ơng Ox ng-ợc chiều \vec{E} , ta có:

$$F = m \cdot a$$

$$\Rightarrow a = \frac{F}{m} = \frac{E \cdot |q|}{m} = \frac{|q| \cdot U}{m \cdot d}$$

- Ph-ơng trình vận tốc và chuyển động của điện tử:



$$\begin{cases} v = v_0 + a.t & (1) \\ x = v_0.t + \frac{1}{2}.a.t^2 & (2) \end{cases}$$

1, Xác định thời gian chuyển động của điện tử:

Khi điện tử chạm bản d-ơng, ta có: $x = d$

Thay vào (2), ta đ-ợc:

$$d = v_0.t + \frac{1}{2}.a.t^2 \quad (v_0 = 0)$$

$$\Rightarrow t = \sqrt{\frac{2.m.d^2}{|q|.U}} = \sqrt{\frac{2.9,1.10^{-31}.5^2.10^{-4}}{1,6.10^{-19}.3000}} = 3.10^{-9}(s)$$

2, Xác định vận tốc của điện tử ngay khi chạm bản d-ơng.

Thay giá trị của t vào ph-ơng trình (1), ta đ-ợc:

$$v = v_0 + a.t = \frac{|q|.U}{m.d}.t = \frac{1,6.10^{-19}.3000}{9,1.10^{-31}.5.10^{-2}}.3.10^{-9} = 3,15.10^7(m/s)$$

Bài 4. Một mol khí lí tưởng đơn nguyên tử thực hiện chu trình biến đổi trạng thái như sau:

Từ trạng thái 1 có áp suất $p_1 = 10^5$ Pa, nhiệt độ $T_1 = 400K$ biến đổi đẳng tích đến trạng thái 2 có áp suất $p_2 = 2p_1$. Từ trạng thái 2 giãn nở đẳng áp đến trạng thái 3 có nhiệt độ $T_3 = 1000K$, sau đó biến đổi đẳng nhiệt đến trạng thái 4, rồi từ trạng thái 4 biến đổi đẳng áp về trạng thái 1.

1. Tính các thông số trạng thái còn lại của khối khí ứng với các trạng thái 1, 2, 3, 4.

2. Vẽ đồ thị của chu trình trong hệ toạ độ (p, V).

3. Tính công mà khí thực hiện trong cả chu trình và hiệu suất của chu trình.

Cho hằng số khí lí tưởng là $R = 8,31J/mol.K$

Giải

1. Gọi các thông số trạng thái lần lượt là (p_1, V_1, T_1) ; (p_2, V_2, T_2) ; (p_3, V_3, T_3) ; (p_4, V_4, T_4)

Áp dụng phương trình trạng thái cho trạng thái 1: $p_1 V_1 = RT_1$

$$\text{Suy ra : } V_1 = \frac{RT_1}{p_1} = \frac{8,31.400}{10^5} = 33,24.10^{-3} (m^3) = 33,24 (dm^3)$$

$$\text{Quá trình 1-2: } \begin{cases} p_1 = 10^5 \text{ Pa} \\ V_1 = 33,24 \text{ dm}^3 \\ T_1 = 400\text{K} \end{cases} \xrightarrow{p \propto V^\gamma} \begin{cases} p_2 = 2p_1 = 2 \cdot 10^5 \text{ Pa} \\ V_2 = V_1 = 33,24 \text{ dm}^3 \\ T_2 = \frac{p_2}{p_1} T_1 = 800\text{K} \end{cases}$$

$$\text{Quá trình 2-3: } \begin{cases} p_2 = 2 \cdot 10^5 \text{ Pa} \\ V_2 = 33,24 \text{ dm}^3 \\ T_2 = 800\text{K} \end{cases} \xrightarrow{p \propto V^\gamma} \begin{cases} p_3 = p_2 = 2 \cdot 10^5 \text{ Pa} \\ V_3 = \frac{T_3}{T_2} V_2 = 41,55 \text{ dm}^3 \\ T_3 = 1000\text{K} \end{cases}$$

$$\text{Quá trình 3-4: } \begin{cases} p_3 = p_2 = 2 \cdot 10^5 \text{ Pa} \\ V_3 = \frac{T_3}{T_2} V_2 = 41,55 \text{ dm}^3 \\ T_3 = 1000\text{K} \end{cases} \xrightarrow{T \propto V} \begin{cases} p_4 = p_1 = 10^5 \text{ Pa} \\ V_4 = \frac{p_3 V_3}{p_4} = 83,1 \text{ dm}^3 \\ T_4 = T_3 = 1000\text{K} \end{cases}$$

2. Đồ thị trong hệ tọa độ (p – V):

Dạng đồ thị như hình 9 (chưa đúng tỉ lệ)

3. Công do khí thực hiện và hiệu suất của chu trình:

Do khí là đơn nguyên tử nên có:

$$C_v = \frac{i}{2} R = 12,465 \text{ J/mol.K}$$

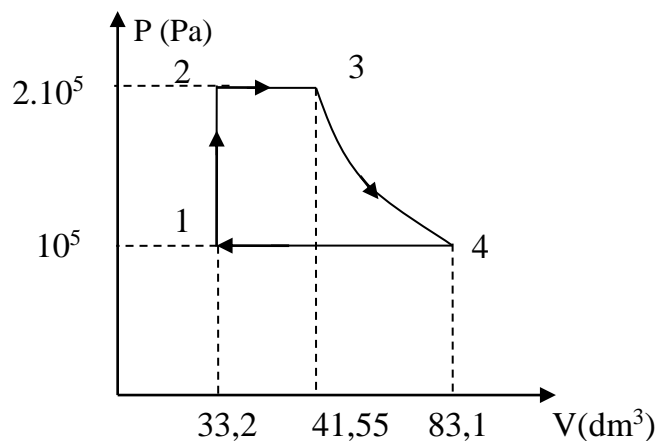
$$\text{và } C_p = C_v + R = 20,775 \text{ J/mol.K}$$

Quá trình 1-2 là quá trình đẳng tích, khí thực hiện công $A'_{12} = 0$

và nhận nhiệt lượng

$$Q_{12} = C_v (T_2 - T_1) = 12,465 \cdot (800 - 400) = 4986 \text{ (J)}$$

Quá trình 2 – 3 là quá trình dẫn đẳng áp, khí thực hiện công



Hình 9

$$A'_{23} = p_2(V_3 - V_2) = 2 \cdot 10^5 (41,55 \cdot 10^{-3} - 33,24 \cdot 10^{-3}) = 1662 \text{ (J)}$$

$$\text{và nhận nhiệt lượng } Q_{23} = C_p(T_3 - T_2) = 20,775 \cdot (1000 - 800) = 4155 \text{ (J)}$$

Quá trình 3 – 4 là quá trình giãn đẳng nhiệt, khí thực hiện công

$$A'_{34} = RT_3 \ln \frac{V_4}{V_3} = 8,31 \cdot 1000 \cdot \ln 2 \approx 5758,83 \text{ (J)}$$

$$\text{và nhận nhiệt lượng } Q_{34}. \text{ Theo nguyên lý I: } Q_{34} = \Delta U_{34} + A_{34} = A_{34} = 5758,83 \text{ (J)}$$

(vì $\Delta U_{34} = 0$)

Quá trình 4 – 1 là quá trình nén đẳng áp, khí thực hiện công

$$A'_{41} = p_1(V_1 - V_4) = 10^5 (33,24 \cdot 10^{-3} - 83,1 \cdot 10^{-3}) = -4986 \text{ (J)}$$

$$\text{và nhận nhiệt lượng } Q_{41} = C_p(T_1 - T_4) = 20,775 \cdot (400 - 1000) = -12465 \text{ (J)}$$

tức là khí nhận công và nhường nhiệt cho ngoại vật.

Công do khí thực hiện trong cả chu trình:

$$A' = A'_{12} + A'_{23} + A'_{34} + A'_{41} = 0 + 1662 + 5758,83 + (-4986) = 2434,83 \text{ (J)}$$

Tổng nhiệt lượng mà khí nhận được trong cả chu trình

$$Q = Q_{12} + Q_{23} + Q_{34} = 4986 + 4155 + 5758,83 = 14899,83 \text{ (J)}$$

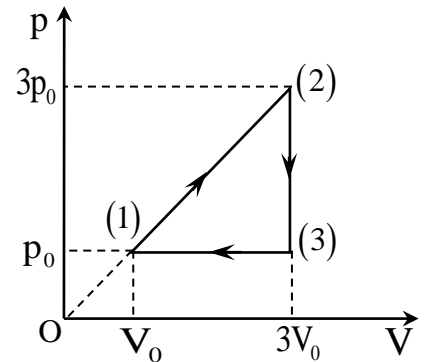
$$\text{Hiệu suất của chu trình: } H = \frac{A}{Q} = \frac{2434,83}{14899,83} \approx 0,1634 = 16,34\%$$

Nhận xét: Với chu trình thuận nghịch ta luôn có $\Delta U = 0$, do đó tổng đại số tất cả nhiệt lượng mà hệ trao đổi trong cả chu trình luôn bằng tổng đại số các công của hệ nhận (hoặc thực hiện).

Bài 5

Một chất khí có các thông số trạng thái (p, V, T) liên hệ với nhau theo phương trình trạng thái $\left(p + \frac{a}{V^2}\right)V = RT$ và có nội năng

$U = \frac{3}{2}RT - \frac{a}{V}$. Hằng số $a = 64p_0V_0^2$. Chất khí này thực hiện chu trình như đồ thị. Hãy tính hiệu suất của chu trình.



Câu 4 (4,0 điểm):

	<p>Quá trình (2) – (3) là đẳng tích: $\left(p + \frac{a}{V^2}\right)V = RT \Rightarrow RdT = Vdp$</p> <p>Theo nguyên lý I: $dQ_{23} = dU_{23} = \frac{3}{2}RdT \Rightarrow dQ_{23} = \frac{3}{2}Vdp < 0$ vì áp suất giảm ($dp < 0$)</p> <p>Vậy trong quá trình (2) – (3) chất khí luôn tỏa nhiệt</p>	<p>0,25đ</p> <p>0,5đ</p>
	<p>Quá trình (3) – (1) là đẳng áp: $\left(p_0 + \frac{a}{V^2}\right)V = RT \Rightarrow RdT = \left(p_0 - \frac{a}{V^2}\right)dV$</p> <p>Theo nguyên lý I: $dQ_{31} = dA_{31} + dU_{31} = p_0dV + \frac{3}{2}RdT + \frac{a}{V^2}dV \Rightarrow dQ_{31} = \frac{1}{2}\left(5p_0 - \frac{a}{V^2}\right)dV$</p> $\Rightarrow dQ_{31} = \frac{1}{2}\left(5 - \frac{64V_0^2}{V^2}\right)p_0dV$ <p>Vì thể tích giảm ($dV < 0$) và $V_0 \leq V \leq 3V_0$ nên $dQ_{31} > 0$</p> <p>Vậy trong quá trình (3) – (1) chất khí luôn nhận nhiệt</p> <p>Ta có:</p> $Q_{31} = \int dQ_{31} = \frac{1}{2} \int_{3V_0}^{V_0} \left(5 - \frac{64V_0^2}{V^2}\right) p_0 dV \Rightarrow Q_{31} = \frac{49}{3} p_0 V_0$	<p>0,25đ</p> <p>0,5đ</p> <p>0,5đ</p>
	<p>Quá trình (1) – (2) có áp suất tỉ lệ với thể tích: $p = \frac{p_0}{V_0} V \Rightarrow dp = \frac{p_0}{V_0} dV$</p>	<p>0,25đ</p>

	$\left(p + \frac{a}{V^2}\right)V = RT \Rightarrow RdT = d(pV) - \frac{a}{V^2}dV \Rightarrow RdT = 2\left(\frac{V}{V_0} - \frac{32V_0^2}{V^2}\right)p_0dV$ <p>Theo nguyên lý I:</p> $dQ_{12} = dA_{12} + dU_{12} = pdV + \frac{3}{2}RdT + \frac{a}{V^2}dV \Rightarrow dQ_{12} = 4\left(\frac{V}{V_0} - \frac{8V_0^2}{V^2}\right)p_0dV$ <p>Vì thể tích tăng ($dV > 0$) nên nếu $V > 2V_0$ thì $dQ_{12} > 0$, vậy trong quá trình (1) – (2) chất khí nhận nhiệt khi thể tích tăng từ $2V_0$ đến $3V_0$</p> <p>Ta có:</p> $Q_{12\text{nhận}} = \int dQ_{12\text{nhận}} = 4 \int_{2V_0}^{3V_0} \left(\frac{V}{V_0} - \frac{8V_0^2}{V^2}\right)p_0dV \Rightarrow Q_{12\text{nhận}} = \frac{14}{3}p_0V_0$	<p>0,25đ</p> <p>0,5đ</p> <p>0,25đ</p>
	<p>Công do chất khí thực hiện:</p> $A = \frac{1}{2}(3V_0 - V_0)(3p_0 - p_0) \Rightarrow A = 2p_0V_0$	<p>0,5đ</p>
	<p>Hiệu suất của chu trình:</p> $H = \frac{A}{Q_{31} + Q_{12\text{nhận}}} \Rightarrow H = \frac{6}{63} = 9,524\%$	<p>0,25đ</p>