Phần

1.

Chuyên đề 12: CƠ SỞ CỦA NHIỆT ĐỘNG LỰC HỌC

A.TÓM TẮT KIẾN THỨC

I.NGUYÊN LÍ I NHIỆT ĐỘNG LỰC HỌC

1. Nội năng và sự biến đổi nội năng

_ Nội năng: Nội năng là dạng năng lượng bên trong của hệ bao gồm *động năng* do chuyển động nhiệt của phân tử và *thế năng tương tác* giữa các phân tử. Nội năng của chất khí chỉ phụ thuộc vào nhiệt độ và thể tích của khí.

_ Cách làm biến đổi nội năng: Có hai cách làm biến đổi nội năng:

+ Thực hiện công: Theo cách này, cơ năng được chuyển hóa thành nội năng.

+ Truyền nhiệt lượng: Theo cách này, nội năng của vật này chuyển sang vật khác, phần nội năng được truyền đi gọi là nhiệt lượng:

$Q = mc(t_2 - t_1)$ (12.1)

(m là khối lượng của vật, c là nhiệt dung riêng của chất làm vật, t_1 là nhiệt độ đầu, t_2 là nhiệt độ sau).

+ Sự truyền nhiệt lượng tuân theo phương trình cân bằng nhiệt:

$Q_1 + Q_2 = 0$ (12.2)

($Q > 0$: nhiệt lượng thu vào; $Q < 0$: nhiệt lượng tỏa ra).

+ Đơn vị của nhiệt lượng là J hoặc cal (calo): $1cal = 4,186J$ hay $1cal = 0,24J$

_ *Nhiệt dung mol đẳng tích và nhiệt dung mol đẳng áp. Hệ thức May-e*

+ Nhiệt dung mol đẳng tích (C_v) là nhiệt lượng cần thiết để nâng nhiệt độ 1 mol chất lên $1^\circ C$ khi thể tích của chất không đổi.

$$C_v = \left(\frac{\Delta Q}{\Delta T}\right)_v = \frac{i}{2}R \quad (12.3)$$

+ Nhiệt dung mol đẳng áp (C_p) là nhiệt lượng cần thiết để nâng nhiệt độ 1 mol chất lên $1^\circ C$ khi áp suất của chất không đổi.

$$C_p = \left(\frac{\Delta Q}{\Delta T}\right)_p = \frac{i+2}{2}R \quad (12.4)$$

+ Hệ thức May-e giữa C_v và C_p: $C_p - C_v = R$ (12.5)

+ Tỉ số giữa C_v và C_p : $\gamma = \frac{C_p}{C_v} = \frac{i+2}{i}$ (12.6)

(i là số bậc tự do của phân tử; khí đơn nguyên tử $i = 3$, khí lưỡng nguyên tử: $i = 5$)

_ *Biểu thức nội năng của khí lí tưởng*: $U = nC_vT$ (12.7)

($n = \frac{m}{\mu}$: số mol khí)

2. Nguyên lí I nhiệt động lực học

Nội dung: Độ biến thiên nội năng của hệ bằng tổng đại số nhiệt lượng và công mà hệ trao đổi với bên ngoài.

$\Delta U = Q + A$ (12.8)

Quy ước:

+ $A > 0$: hệ nhận công; $A < 0$: hệ sinh công.

+ $Q > 0$: hệ nhận nhiệt lượng; $Q < 0$: hệ tỏa nhiệt lượng.

+ $\Delta U > 0$: nội năng của hệ tăng; $\Delta U < 0$: nội năng của hệ giảm.

3. Áp dụng nguyên lí I nhiệt động lực học cho các quá trình

_ *Quá trình đẳng tích* ($\Delta V = 0$):

+ $A = p\Delta V = 0; \Delta U = nC_v\Delta T = \frac{m}{\mu}C_v\Delta T$

+ $\Delta U = Q$

Vậy: với quá trình đẳng tích, nhiệt lượng khí nhận được chỉ làm tăng nội năng của khí.

_ Quá trình đẳng áp $(\Delta p = 0)$:

+ $A = -p\Delta V = -nR\Delta T; Q = nC_p\Delta T; \Delta U = nC_v\Delta T$

+ $\Delta U = Q + A \Leftrightarrow nC_v\Delta T = nC_p\Delta T - nR\Delta T$

Vậy: Với quá trình đẳng áp, nhiệt lượng khí nhận được một phần làm tăng nội năng của khí, phần còn lại biến thành công do khí thực hiện.

_ *Quá trình đẳng nhiệt* $(\Delta T = 0)$:

+ $A = -p_1V_1\ln\frac{V_2}{V_1} = -nRT\ln\frac{V_2}{V_1}; \Delta U = 0$

+ $Q = -A = p_1V_1\ln\frac{V_2}{V_1} = nRT\ln\frac{V_2}{V_1}$

Vậy: Với quá trình đẳng nhiệt, nhiệt lượng mà khí nhận được biến hoàn toàn thành công do khí thực hiện.

_ *Quá trình đoạn nhiệt thuận nghịch (cân bằng)* $(Q=0)$:

+ $A=\frac{p_1V_1-p_2V_2}{\gamma-1}=-\frac{p_1V_1}{\gamma-1}\left(1-\frac{T_2}{T_1}\right)=-\frac{p_1V_1}{\gamma-1}\left[1-\left(\frac{V_1}{V_2}\right)^{\gamma-1}\right]$

$$=-\frac{m}{\mu}.\frac{RT_1}{\gamma-1}\left[1-\left(\frac{V_1}{V_2}\right)^{\gamma-1}\right]$$

+ $\Delta U=A$

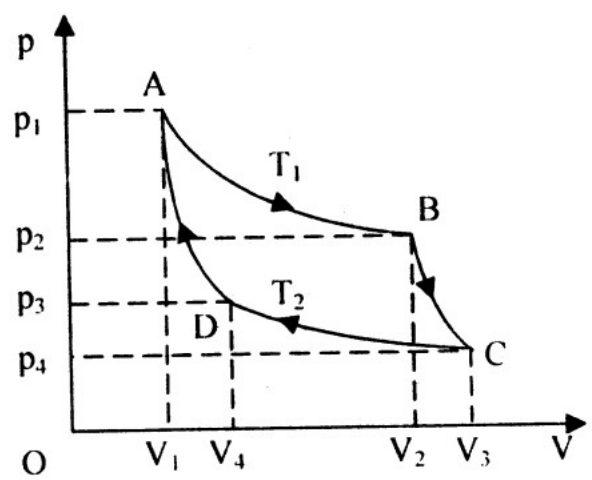
Chú ý: Nếu quá trình đoạn nhiệt *không thuận nghịch* thì:

$$\Delta U=A=-\frac{p_1V_1-p_2V_2}{\gamma-1}=-\frac{p_1V_1}{\gamma-1}\left(1-\frac{T_2}{T_1}\right)$$

4. Áp dụng nguyên lí I nhiệt động lực học cho các chu trình

Trong một chu trình: $\Delta U=0; Q=-A$: nhiệt lượng mà khí nhận được biến hoàn toàn thành công do khí thực hiện.

_ *Chu trình Cac- nô:*



Chu trình Cac-nô

+ Quá trình đẳng nhiệt AB (dãn khí):

$Q_1=nRT_1\ln\frac{V_2}{V_1}$

+ Quá trình đoạn nhiệt BC (dãn khí):

$T_1V_2^{\gamma-1}=T_2V_3^{\gamma-1}$

+ Quá trình đẳng nhiệt CD (nén khí):

$Q_2'=-nRT_2\ln\frac{V_3}{V_4}$

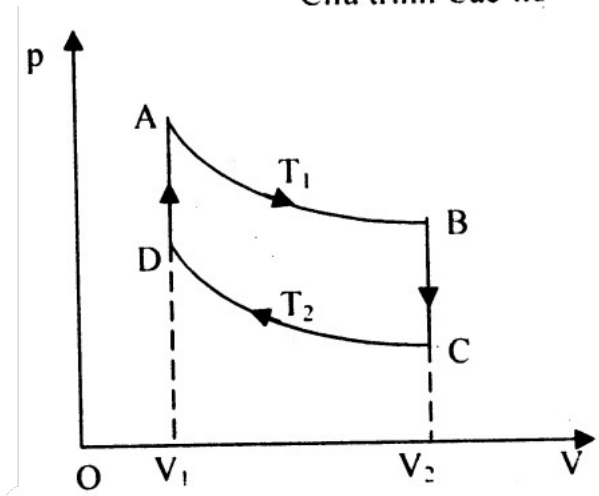
+ Quá trình đoạn nhiệt DA (nén khí): $T_1V_1^{\gamma-1}=T_2V_4^{\gamma-1}$

Từ đó: $\frac{V_2}{V_1}=\frac{V_3}{V_4};\frac{Q'_2}{Q_1}=\frac{T_2}{T_1}$

+ Nhiệt lượng nhận được:

$Q=Q_1+Q_2'=nR(T_1-T_2)\ln\frac{V_2}{V_1}$

+ Công sinh ra:



Chu trình Stia-ling

$$A = -Q = -nR(T_1 - T_2)\ln\frac{V_2}{V_1}$$

+ Hiệu suất: $H = \frac{|A|}{Q_1} = \frac{|Q_1 - Q_2|}{Q_1} = \frac{T_1 - T_2}{T_1}$

$$A = -Q = -nR(T_1 - T_2)\ln\frac{V_2}{V_1} = -A'$$

_ *Chu trình Stia-ling:*

+ Công sinh ra: $A = -nRT_1\ln\frac{V_2}{V_1} + nRT_2\ln\frac{V_2}{V_1} = -nR(T_1 - T_2)\ln\frac{V_2}{V_1}$

+ Nhiệt nhận được: $Q_1 = nC_v(T_1 - T_2) + nRT_1\ln\frac{V_2}{V_1} = \frac{3}{2}R(T_1 - T_2) + nRT_1\ln\frac{V_2}{V_1}$

+ Hiệu suất: $H = \frac{|A|}{Q_1} = \frac{nR(T_1 - T_2)\ln\frac{V_2}{V_1}}{\frac{3}{2}nR(T_1 - T_2) + nRT_1\ln\frac{V_2}{V_1}} = \frac{(T_1 - T_2)\ln\frac{V_2}{V_1}}{\frac{3}{2}(T_1 - T_2) + T_1\ln\frac{V_2}{V_1}}$

_ *Chu trình Ốt- tô:*

+ Quá trình đẳng tích BC: $Q_1 = nC_v(T_3 - T_2) = nC_vT_2\left(\frac{T_3}{T_2} - 1\right)$

+ Quá trình đẳng tích DA: $Q_2' = -nC_v(T_4 - T_1) = -nC_vT_1\left(\frac{T_4}{T_2} - 1\right) = -nC_vT_1\left(\frac{T_3}{T_2} - 1\right)$

+ Công sinh ra: $A = -(Q_1 + Q_2') = -nC_v\left(\frac{T_3}{T_2} - 1\right)(T_2 - T_1)$

+ Hiệu suất: $H = \frac{|A|}{Q_1} = \frac{nC_v\left(\frac{T_3}{T_2} - 1\right)(T_2 - T_1)}{nC_vT_2\left(\frac{T_3}{T_2} - 1\right)} = \frac{T_2 - T_1}{T_2}$

_ *Chu trình Đi-ê-zen:*

+ Quá trình đẳng áp BC: $Q_1 = nC_p(T_3 - T_2) = nC_pT_2\left(\frac{T_3}{T_2} - 1\right)$

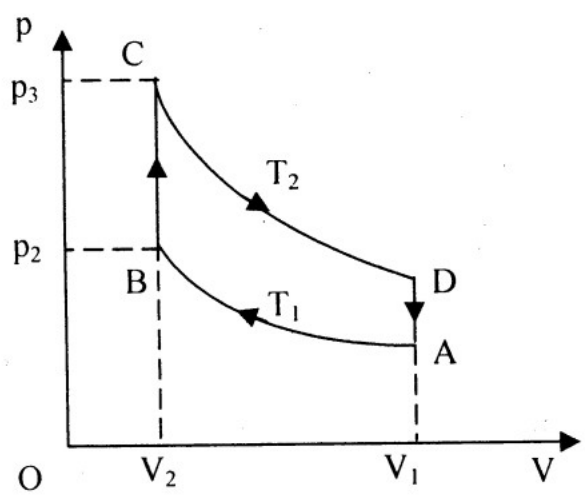
+ Quá trình đẳng tích DA: $Q_2' = -nC_v(T_4 - T_1) = -nC_vT_1\left(\frac{T_4}{T_1} - 1\right)$

+ Từ quá trình đẳng áp BC và hai quá trình đoạn nhiệt CD và AB: $\frac{T_4}{T_1} = \left(\frac{T_3}{T_1}\right)^{\gamma}$

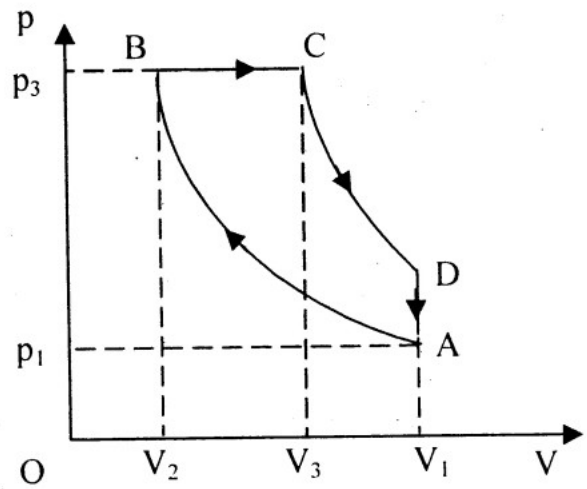
$$\Rightarrow Q_2' = -nC_vT_1\left[\left(\frac{T_3}{T_2}\right)^{\gamma} - 1\right]$$

+ Công sinh ra: $A = -(Q_1 + Q_2') = -\left(nC_pT_2\left(\frac{T_3}{T_2} - 1\right) - nC_vT_1\left[\left(\frac{T_3}{T_2}\right)^{\gamma} - 1\right]\right)$

+ Hiệu suất: $H = \frac{|A|}{Q_1} = 1 - \frac{\left(\frac{T_3}{T_2}\right)^{\gamma} - 1}{\gamma\left(\frac{V_1}{V_2}\right)^{\gamma-1}\left[\left(\frac{T_3}{T_2}\right) - 1\right]}$



Chu trình Ốt-tô



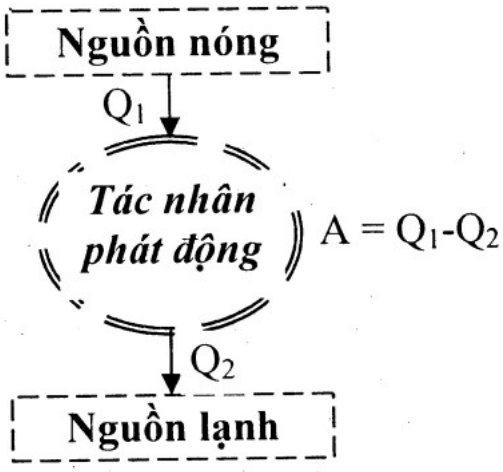
Chu trình Đi-ê-zen

II.NGUYÊN LÍ II NHIỆT ĐỘNG LỰC HỌC

1.Nội dung

_ *Phát biểu của Clao-đi-uyt:* Nhiệt không tự nó truyền đi từ một vật sang vật nóng hơn.

_ *Phát biểu của Ken-vin:* Động cơ nhiệt không thể biến đổi toàn bộ nhiệt lượng nhận được thành công cơ học.



2.Áp dụng vào động cơ nhiệt

_ *Hiệu suất:*

$$H = \frac{A}{Q_1} = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1} = \left(1 - \frac{Q_2}{Q_1}\right) \le \frac{T_1 - T_2}{T_1} \qquad (12.9)$$

_ *Hiệu suất cực đại :* $H_{max} = \frac{T_1 - T_2}{T_1}$ (12.10)

(Q_1 là nhiệt lượng tác nhân nhận từ nguồn nóng, T_1 là nhiệt độ nguồn nóng;

Q_2 là nhiệt lượng tác nhân nhả cho nguồn lạnh, T_2 là nhiệt độ nguồn lạnh).

B.NHỮNG CHÚ Ý KHI GIẢI BÀI TẬP

VỀ KIẾN THỨC VÀ KỸ NĂNG

- Khi tính toán các đại lượng về nhiệt (nhiệt lượng tỏa ra, thu vào; nhiệt dung, nhiệt dung riêng…) cần dựa vào:

+ Công thức tính nhiệt lượng: $Q = mc(t_2 - t_1)$

+ Phương trình cân bằng nhiệt: $Q_1 + Q_2 = 0$ hoặc $Q_{tỏa} = |Q_{thu}|$ (chú ý quy ước về dấu của Q).

- Khi áp dụng nguyên lí I nhiệt động lực học để tính toán liên quan đến nhiệt lượng, công và độ biến thiên nội năng cần chú ý:

+ Quy ước về dấu của Q, A và ΔU.

+ Đổi đơn vị cho các đại lượng ($1cal = 4,18J$ hay $1J = 0,24cal$)

+ Hệ thức: $A' = -A$ (A' là công của lực ngoài, A là công hệ thực hiện được).

+ Biểu thức tính công và nội năng của khí lí tưởng.

+ Biểu thức của nguyên lí I nhiệt động lực học cho các đẳng quá trình, chu trình.

- Khi áp dụng nguyên lí II của nhiệt động lực học cho động cơ nhiệt cần chú ý xác định đúng các giá trị Q_1, T_1 (nguồn nóng) và Q_2, T_2(nguồn lạnh). Trường hợp động cơ nhiệt lí tưởng thì: $H_{max} = \frac{T_1 - T_2}{T_1}$

VỀ PHƯƠNG PHÁP GIẢI

1. Với dạng bài tập ***nội năng và sự biến đổi nội năng.*** Phương pháp giải là:

- Sử dụng các công thức:

+ Nội năng: $U = nC_vT = \frac{m}{\mu}C_vT$

Khí đơn nguyên tử: $C_v = \frac{3}{2}RT$

Khí lưỡng nguyên tử: $C_v = \frac{5}{2}RT$

+ Công: $A = Fs\cos\alpha$; (α : góc hợp bởi hướng của lực $\vec{F}$ và hướng của đường đi s).

+ Nhiệt lượng: $Q = mc\Delta t$; ($\Delta t = t_2 - t_1$: độ biến thiên nhiệt độ).

+ Phương trình cân bằng nhiệt: $Q_1 + Q_2 = 0$ hay $Q_{tỏa} = Q_{thu}$; ($Q > 0$: nhiệt lượng thu vào, $Q < 0$: nhiệt lượng tỏa ra).

- Một số chú ý:

+ Đơn vị hệ SI: $T(K); C(J/mol.K); c(J/kg.K); m(kg); s(m); U, A, Q(J)...$

+ Phân biệt nhiệt dung mol C*(ứng với 1 mol khí),* nhiệt dung riêng c *(ứng với 1g khí),* nhiệt dung mc *(ứng với m g khí).*

+ Xác định đúng vật tỏa, thu nhiệt trong quá trình ta xét; $\Delta t = t_2 - t_1$ = nhiệt độ sau - nhiệt độ đầu).

2. Với dạng bài tập về **nguyên lí I của NĐLH.** Phương pháp giải là:

- Sử dụng công thức: $\Delta U = Q + A$ với quy ước:

+ $A > 0$: hệ nhận công; $A < 0$: hệ sinh công.

+ $Q > 0$: hệ nhận nhiệt lượng; $Q < 0$: hệ tỏa nhiệt lượng.

+ $\Delta U > 0$: nội năng của hệ tăng; $\Delta U < 0$: nội năng của hệ giảm.

- Một số chú ý: Hệ chịu tác dụng của lực ngoài sinh công A' thì $A' = -A$

3. Với dạng bài tập về ***áp dụng nguyên lí I của NĐLH.*** Phương pháp giải là:

- Sử dụng các công thức:

+ Các đẳng quá trình:

- Quá trình đẳng tích $(\Delta V = 0): A = 0; \Delta U = nC_v\Delta T = Q$
- Quá trình đẳng áp $(\Delta p = 0): A = -p\Delta V = -nR\Delta T; Q = nC_p\Delta T; \Delta U = nC_v\Delta T$

  $\Delta U = Q + A \Leftrightarrow nC_v\Delta T = nC_p\Delta T - nR\Delta T$.
- Quá trình đẳng nhiệt $(\Delta T = 0): Q = -A = p_1V_1 \ln\frac{V_2}{V_1} = nRT\ln\frac{V_2}{V_1}; \Delta U = 0$
- Quá trình đoạn nhiệt thuận nghịch (cân bằng) $(Q = 0)$:

$$A = -\frac{p_1V_1 - p_2V_2}{\gamma - 1} = -\frac{p_1V_1}{\gamma - 1}\left(1 - \frac{T_2}{T_1}\right)$$

$$= -\frac{p_1V_1}{\gamma - 1}\left[1 - \left(\frac{V_1}{V_2}\right)^{\gamma - 1}\right] = -\frac{m}{\mu}.\frac{RT_1}{\gamma - 1}\left[1 - \left(\frac{V_1}{V_2}\right)^{\gamma - 1}\right]$$

$$\Delta U = A$$

Chú ý: Nếu quá trình đoạn nhiệt *không thuận nghịch* thì:

$$\Delta U = A = -\frac{p_1V_1 - p_2V_2}{\gamma - 1} = -\frac{p_1V_1}{\gamma - 1}\left(1 - \frac{T_2}{T_1}\right)$$

+ Các chu trình: $\Delta U = 0; Q = -A; H = \frac{A}{Q_1} = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1}$; (các chu trình đặc biệt xem ở phần *Tóm tắt kiến thức*).

- Một số chú ý:

+ Nguyên lí I Nhiệt động lực học có thể được viết dưới dạng: $Q = A + \Delta U$ với quy ước về A *ngược lại* $A > 0$: hệ sinh công; $A < 0$: hệ nhận công.

+ Với chu trình, chú ý công thức tính Q và A của từng quá trình: đẳng nhiệt, đẳng áp, đẳng tích, đoạn nhiệt…; chiều biến đổi của chu trình thuận chiều kim đồng hồ: $A < 0$, ngược lại: $A > 0$

+ Đơn vị: $1J = 0,24cal; 1cal = 4,18J$

4. Với dạng bài tập về ***áp dụng nguyên lí II của NĐLH.*** Phương pháp giải là:

- Sử dụng các công thức:

Hiệu suất:

$$H = \frac{A}{Q_1} = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1} = \left(1 - \frac{Q_2}{Q_1}\right) \le \frac{T_1 - T_2}{T_1}$$

Hiệu suất cực đại: $H_{max} = \frac{T_1 - T_2}{T_1}$

(Q_1 là nhiệt lượng tác nhân nhận từ nguồn nóng, T_1 là nhiệt độ nguồn nóng;

Q_2 là nhiệt lượng tác nhân nhả cho nguồn lạnh, T_2 là nhiệt độ nguồn lạnh).

- Một số chú ý:

+ Hiệu suất cực đại là hiệu suất của động cơ nhiệt lí tưởng.

+ Có thể tính công dựa vào diện tích giới hạn trên giản đồ (p,V).

C. CÁC BÀI TẬP VẬN DỤNG

1. NỘI NĂNG VÀ SỰ BIẾN ĐỔI NỘI NĂNG

12.1. 100g chì được truyền nhiệt lượng 260J, thì tăng nhiệt độ từ $15^\circ C$ đến $35^\circ C$

Tìm nhiệt dung và nhiệt dung riêng của chì

Bài giải

- Từ công thức tính nhiệt lượng: $Q = cm(t_2 - t_1)$ ta có:

+ Nhiệt dung: $mc = \frac{Q}{t_2 - t_1} = \frac{260}{35 - 15} = 13$(J/ độ)

+ Nhiệt dung riêng: $c = \frac{Q}{m(t_2 - t_1)} = \frac{260}{0,1(35 - 15)} = 130$(J/kg.độ)

Vậy: Nhiệt dung và nhiệt dung riêng của chì là 13 (J/độ) và 130 (J/kg.độ)

12.2. Thùng nhôm, khối lượng 1,2 kg, đựng 4kg nước ở $90^\circ C$. Tìm nhiệt lượng tỏa ra khi nhiệt độ hạ còn $30^\circ C$. Cho biết: nhôm có $c_1 = 0,92$ (kJ/kg.độ), nước có $c_2 = 4,186$ (kJ/kg.độ)

Bài giải

- Nhiệt lượng tỏa ra: $Q = Q_1 + Q_2 = c_1m_1(t_1 - t_2) + c_2m_2(t_1 - t_2)$

$\Rightarrow Q = (c_1m_1 + c_2m_2).(t_1 - t_2)$

- Thay số: $Q = (0,92.10^3.1,2 + 4,186.10^3.4).(90^\circ - 30^\circ) = 1,07.10^6 J$

Vậy: Nhiệt lượng tỏa ra khi nhiệt độ hạ xuống là $1,07.10^6 J$

12.3. Một nhiệt lượng kế chứa 2kg nước ở $15^\circ C$. Cho vào nhiệt lượng kế quả cân bằng thau có khối lượng 500g ở $100^\circ C$.

Tìm nhiệt độ cân bằng của hệ. Coi rằng vỏ nhiệt lượng kế không thu nhiệt. Cho các nhiệt dung riêng của thau và nước lần lượt là: $c_1 = 3,68.10^2$ (J/kg.độ), $c_2 = 4,186.10^3$ (kJ/kg.độ)

Bài giải

Phương trình cân bằng nhiệt cho hệ: $Q_1 + Q_2 = 0$

$\Leftrightarrow c_1m_1(t - t_1) + c_2m_2(t - t_2) = 0$

$\Rightarrow t = \dfrac{c_1m_1t_1 + c_2m_2t_2}{c_1m_1 + c_2m_2} = \dfrac{4186.2.15 + 368.0,5.100}{4186.2 + 368.0,5} = 16,8^\circ C$

Vậy: Nhiệt độ cân bằng của hệ là $16,8^\circ C$

12.4. Nhiệt lượng kế bằng đồng ($c_1 = 0,09$ (cal/g.độ)) chứa nước ($c_2 = 1$(cal/g.độ)) ở $25^\circ C$. Khối lượng tổng cộng của nhiệt lượng kế là 475g.

Bỏ vào nhiệt lượng kế một vật bằng thau ($c_3 = 0,08$ (cal/g.độ)) có khối lượng 400g ở $90^\circ C$. Nhiệt độ sau cùng của hệ khi cân bằng nhiệt là $30^\circ C$.

Tính khối lượng của nhiệt lượng kế và của nước.

Bài giải

- Phương trình cân bằng nhiệt cho hệ: $Q_1 + Q_2 + Q_3 = 0$

$\Leftrightarrow c_1m_1(t - t_1) + c_2m_2(t - t_2) + c_3m_3(t - t_3) = 0$

$\Leftrightarrow 0,09.m_1(30 - 25) + 1.m_2(30 - 25) + 0,08.400(30 - 90) = 0$

$\Leftrightarrow 0,45m_1 + 5m_2 - 1920 = 0 \quad (1)$

- Mặt khác, ta có: $m_1 + m_2 = 475 \quad (2)$

- Giải hệ (1) và (2) ta được: $m_1 = 100g; m_2 = 375g$

Vậy: Khối lượng của nhiệt lượng kế và của nước là $m_1 = 100g$ và $m_2 = 375g$

12.5. Một khối m = 50g hợp kim chì kẽm ở $136^\circ C$ được cho vào một lượng kế, nhiệt dung 30 (J/độ), chứa 100g nước ở $14^\circ C$. Nhiệt độ cân bằng là $18^\circ C$. Tìm khối lượng chì, kẽm. Biết nhiệt dung riêng của nước là $c_0 = 4,2$(kJ/kg.độ), của chì là $c_1 = 0,13$(kJ/kg.độ) và của kẽm là $c_2 = 0,38$(kJ/kg.độ)

Bài giải

Gọi:

+ m_1, m_2, m_3 và m_0 lần lượt là khối lượng của chì, kẽm, nhiệt lượng kế và nước.

+ c_1, c_2, c_3 và c_0 lần lượt là nhiệt dung riêng của chì, kẽm, nhiệt lượng kế và nước.

+ t_1, t_2, t_3 và t_0 lần lượt là nhiệt độ ban đầu của chì, kẽm, nhiệt lượng kế và nước.

+ t là nhiệt độ chung của hệ khi cân bằng.

- Phương trình cân bằng nhiệt cho hệ: $Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_0 = 0$

$\Leftrightarrow c_1m_1(t - t_1) + c_2m_2(t - t_2) + c_3m_3(t - t_3) + c_0m_0(t - t_0) = 0$

Trong đó:

$t_1 = t_2 = 136^\circ C; t_3 = t_4 = 14^\circ C; c_3m_3 = 30(J/K); t = 18^\circ C; c_1 = 0,13(J/g.K); c_2 = 0,38(J/g.K);$

$c_0 = 4,2(J/g.K); m_0 = 100g$

$\Rightarrow 0,13.m_1(18 - 136) + 0,38.m_2(18 - 136) + 30(18 - 14) + 4,2.100(18 - 14) = 0$

$\Leftrightarrow -15,34m_1 - 44,84m_2 + 1800 = 0 \quad (1)$

- Mặt khác, ta có: $m_1 + m_2 = 50 \quad (2)$

- Giải hệ (1) và (2) ta được: $m_1 = 15g; m_2 = 35g$

Vậy: Khối lượng của chì, kẽm là $m_1 = 15g$ và $m_2 = 35g$

12.6. Trộn ba chất lỏng không tác dụng hóa học lẫn nhau. Biết khối lượng lần lượt là $m_1 = 1kg, m_2 = 10kg, m_3 = 5kg$, nhiệt độ và nhiệt dung riêng lần lượt là $t_1 = 6^\circ C, c_1 = 2$(kJ/kg.độ), $t_2 = -40^\circ C, c_2 = 4$(kJ/kg.độ), $t_3 = 60^\circ C, c_3 = 2$(kJ/kg.độ)

Tìm:

a) Nhiệt độ cân bằng của hỗn hợp.

b) Nhiệt lượng cần để làm nóng hỗn hợp đến $6^\circ C$

Bài giải

a) Nhiệt độ cân bằng của hỗn hợp

- Phương trình cân bằng nhiệt cho hệ: $Q_1 + Q_2 + Q_3 = 0$

$\Leftrightarrow c_1m_1(t - t_1) + c_2m_2(t - t_2) + c_3m_3(t - t_3) = 0$

$\Leftrightarrow 2.1(t - 6) + 4.10(t + 40) + 2.5(t - 60) = 0$

$\Leftrightarrow 52t + 988 = 0 \Rightarrow t = -19^\circ C$

Vậy: Nhiệt độ cân bằng của hỗn hợp là $-19^\circ C$.

b) Nhiệt lượng cần để làm nóng hỗn hợp đến $6^\circ C$.

Ta có: $Q = Q_1' + Q_2' + Q_3'$

$\Leftrightarrow Q = c_1m_1(t - t') + c_2m_2(t - t') + c_3m_3(t - t')$

$\Leftrightarrow Q = (c_1m_1 + c_2m_2 + c_3m_3)(t - t')$

$\Rightarrow Q = (2.1 + 4.10 + 2.5)(6 + 19) = 1300kJ$

Vậy: Nhiệt lượng cần để làm nóng hỗn hợp đến $6^\circ C$ là $Q = 1300kJ$

12.7. Có hai bình cách nhiệt. Bình I chứa 5 lít nước ở $60^\circ C$, bình II chứa 1 lít nước ở $20^\circ C$. Đầu tiên, rót một phần nước ở bình I sang bình II. Sau khi bình II cân bằng nhiệt, người ta lại rót từ bình II sang bình I một lượng nước bằng với lần rót trước. Nhiệt độ sau cùng của nước trong bình I là $59^\circ C$. Tính lượng nước đã rót từ bình này sang bình kia.

Bài giải

Gọi:

+ m_1, V_1, t_1 là khối lượng, thể tích và nhiệt độ ban đầu và của nước trong bình I.

+ m_2, V_2, t_2 là khối lượng, thể tích và nhiệt độ ban đầu của nước trong bình II.

+ m,V là khối lượng và thể tích nước của mỗi lần rót.

+ t là nhiệt độ cân bằng của bình II sau khi đã rót nước từ bình I sang bình II.

+ t' là nhiệt độ cân bằng của bình I sau khi đã rót nước từ bình II sang bình I.

- Các phương trình cân bằng nhiệt:

$cm(t - t_1) + cm_2(t - t_2) = 0$

$cm(t' - t) + c(m_1 - m)(t' - t_1) = 0$

- Vì khối lượng m của nước tỉ lệ với thể tích V nên ta có:

$V(t - t_1) + V_2(t - t_2) = 0$

$V(t' - t) + (V_1 - V)(t' - t_1) = 0$

$\Leftrightarrow V(t - 60) + 1.(t - 20) = 0$

$V(59-t)+(5-V)(59-60)=0$

$\Leftrightarrow Vt-60V+t-20=0 \quad (1)$

$60V-Vt-5=0 \quad (2)$

- Giải hệ (1) và (2) ta được: $t=25^{\circ}C; V=\frac{1}{7}l$

Vậy: Lượng nước đã rót từ bình này sang bình kia là $V=\frac{1}{7}l$

12.8. Một bình cách nhiệt được ngăn làm hai phần bằng một vách ngăn cách nhiệt. Hai phần bình chứa hai chất lỏng có nhiệt dung riêng c_1, c_2 và nhiệt độ t_1, t_2 khác nhau. Bỏ vách ngăn, hai khối chất lỏng không có tác dụng hóa học và có nhiệt cân bằng là t. Biết $(t_1-t)=\frac{1}{2}(t_1-t_2)$

Tính tỉ số m_1/m_2

Bài giải

- Phương trình cân bằng nhiệt: $c_1m_1(t_1-t)+c_2m_2(t_2-t)=0 \quad (1)$

- Theo đề bài, ta có: $t_1-t=\frac{1}{2}(t_1-t_2) \Rightarrow t_2=2t-t_1$

$\Rightarrow t_2-t=(2t-t_1)-t=t-t_1 \quad (2)$

- Thay (2) vào (1) ta được: $c_1m_1(t_1-t)+c_2m_2(t-t_1)=0$

$\Leftrightarrow c_1m_1-c_2m_2=0 \Rightarrow \frac{m_1}{m_2}=\frac{c_2}{c_1}$

Vậy: tỉ số m_1/m_2 là $\frac{m_1}{m_2}=\frac{c_2}{c_1}$

12.9. Hai bình giống nhau nối bằng ống có khóa. Bình I chứa một lượng khí có $p=10^5(N/m^2), t_1=27^{\circ}C$. Bình II chứa cùng loại khí, cùng áp suất nhưng có $t_2=227^{\circ}C$. Mở khóa cho bình thông nhau. Hỏi:

a) Nhiệt độ khi cân bằng?
b) Áp suất khí sau khi cân bằng?

Bài giải

a) Nhiệt độ khi cân bằng

Gọi V là thể tích mỗi bình. Từ phương trình trạng thái suy ra:

+ Số mol khí trong bình 1 là: $n_1 = \frac{p_1V_1}{RT_1} = \frac{pV}{RT_1}$

+ Số mol khí trong bình 2 là: $n_2 = \frac{p_2V_2}{RT_2} = \frac{pV}{RT_2}$

Suy ra : $n_1 = n_2\frac{T_2}{T_1}$ (1)

- Nội năng của khí coi như tỉ lệ với số mol khí và nhiệt độ tuyệt đối của khí. Suy ra độ biến thiên nội năng của khí tỉ lệ với số mol khí và độ biến thiên nhiệt độ tuyệt đối của khí.

Hệ khí trong hai bình không trao đổi nhiệt với bên ngoài nên có tổng nội năng không đổi, suy ra độ giảm nội năng của bình II bằng độ tăng nội năng của bình I . Ta có:

$n_2(T_2 - T) = n_1(T - T_1)$ (2)

- Từ (1) và (2) suy ra: $T = \frac{2T_1T_2}{T_1 + T_2}$ (3)

$\Rightarrow T = \frac{2.300.500}{300+500} = 375K \Rightarrow t = 102^\circ C$

Vậy: Nhiệt độ khi cân bằng $102^\circ C$

b) Áp suất khí sau khi cân bằng

- Phương trình trạng thái cho hệ khí trong hai bình: $pV' = (n_1 + n_2)RT$

$\Leftrightarrow p'.2V = \left(\frac{pV}{RT_1} + \frac{pV}{RT_2}\right)RT$

$\Rightarrow p' = p.\frac{(T_1 + T_2)}{2T_1T_2}T$ (4)

- Từ (3) và (4) ta có: $p' = p = 10^5 (N/m)$

Vậy: Áp suất khí sau khi cân bằng là $p' = 10^5 (N/m)$

12.10. Một bình cầu kín cách nhiệt, thể tích $100l$, có 5g khí H_2 và 12g khí O_2. Người ta đốt cháy hỗn hợp khí trong bình. Biết khi có một mol hơi nước được tạo thành trong phản ứng thì có một lượng nhiệt $2,4.10^5 J$ tỏa ra. Nhiệt độ ban đầu của hỗn hợp khí là $20^\circ C$, nhiệt dung riêng đẳng tích của hiđrô là $14,3 (kJ/kg.K)$, của hơi nước là $2,1 (kJ/kg.K)$. Sau phản ứng hơi nước không bị ngưng tụ. Tính áp suất trong bình sau phản ứng.

Bài giải

- Số mol ban đầu của H_2 là : $n_1 = \frac{5}{2}$; số mol ban đầu của O_2 là: $n_2 = \frac{12}{32} = \frac{3}{8}$

- Phương trình phản ứng: $O_2 + 2H_2 \rightarrow 2H_2O$

Như vậy, cứ 1 mol O_2 kết hợp với 2 mol H_2 tạo thành 2 mol H_2O

Suy ra: $\frac{3}{8}$ mol O_2 kết hợp với $\frac{6}{8}$ mol H_2 tạo thành $\frac{6}{8}$ mol H_2O

Vì $n_1 = \frac{5}{2} > \frac{6}{8}$ nên O_2 tham gia phản ứng hết và còn dư H_2

- Số mol H_2 còn dư là: $n_3 = \frac{5}{2} - \frac{6}{8} = \frac{7}{4}$

- Số mol H_2O được tạo thành là: $n_4 = \frac{6}{8} = \frac{3}{4}$

Gọi T (và t) là nhiệt độ của hỗn hợp sau phản ứng. Ta có:

+ Áp suất riêng phần của khí H_2 còn dư sau phản ứng là: $p_1 = \frac{n_3RT}{V}$

+ Áp suất riêng phần của hơi nước tạo thành sau phản ứng là: $p_2 = \frac{n_4RT}{V}$

+ Áp suất của hỗn hợp khí trong bình sau phản ứng là:

$$p = p_1 + p_2 = (n_3 + n_4)\frac{RT}{V} = \left(\frac{7}{4} + \frac{3}{4}\right)\frac{RT}{V} = \frac{5RT}{2V} \quad (1)$$

- Gọi Q là nhiệt lượng tỏa ra sau khi đốt cháy khí trong bình (tạo thành $\frac{3}{4}$ mol H_2O):

$$Q = 2,4.10^5 n_4 = 2,4.10^5.\frac{3}{4} = 1,8.10^5 J$$

- Gọi m_1, m_2 là khối lượng của H_2 và hơi nước sau khi phản ứng, ta có:

$$m_1 = \frac{7}{4}.2 = 3,5g; m_2 = \frac{3}{4}.18 = 13,5g$$

- Nhiệt lượng do khí H_2 và hơi nước thu vào sau phản ứng:

$$Q' = Q_1 + Q_2 = (c_1m_1 + c_2m_2)(t - t_0) \quad (2)$$

$$\Rightarrow Q' = (14,3.3,5 + 2,1.13,5)(t - 20) = 78,4(t - 20) = 78,4t - 1568J$$

- Phương trình cân bằng nhiệt : $Q' = Q$

$$\Leftrightarrow 78,4t - 1568 = 1,8.10^5 \Rightarrow t = 2316^\circ C \text{ hay } T = 2589K$$

- Thay $T = 2589K; R = 8,31(J/mol.K); V = 100.10^{-3} = 0,1m^3$ vào (1) ta được:

$$p = \frac{5.8,31.2589}{2.0,1} = 5,4.10^5 (N/m^2)$$

Vậy: Áp suất trong bình sau phản ứng là $5,4.10^5 (N/m^2)$

2.NGUYÊN LÍ I CỦA NHIỆT ĐỘNG LỰC HỌC

12.11. Viên đạn chì $(m = 50g, c = 0,12(kJ/kh.K))$ bay với vận tốc $v_0 = 360(km/h)$. Sau khi xuyên qua một tấm thép, vận tốc viên đạn giảm còn $72(km/h)$

a) Tính lượng nội năng tăng thêm của đạn và thép.

b) 60% lượng nội năng trên biến thành nhiệt làm nóng viên đạn. Tính độ tăng nhiệt độ của đạn.

Bài giải

a) Lượng nội năng tăng thêm của đạn và thép: Xét hệ gồm đạn và tấm thép:

- Khi viên đạn xuyên qua tấm thép thì tấm thép tác dụng vào viên đạn một lực F, lực này sinh công làm giảm động năng của viên đạn. Về độ lớn, công của lực F bằng độ giảm động năng của đạn. Ta có:

$$A = W_{0®} - W_® = \frac{1}{2}mv_0^2 - \frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2}m(v_0^2 - v^2)$$

- Theo nguyên lí I của Nhiệt động lực học : $\Delta U = Q + A$

- Vì $Q = 0$ nên $\Delta U = A = \frac{1}{2}m(v_0^2 - v^2) = \frac{1}{2}0,05(100^2 - 20^2) = 240J$

- Vì $\Delta U = 240J > 0$, nên nội năng của hệ (gồm đạn và tấm thép) tăng thêm một lượng là 240J.

b) Độ tăng nhiệt độ của đạn

Ta có: $Q' = 0,6\Delta U = cm\Delta t \Rightarrow \Delta t = \frac{0,6\Delta U}{cm}$

$$\Rightarrow \Delta t = \frac{0,6.240}{0,12.50} = 22^\circ C$$

Vậy: Độ tăng nhiệt độ của đạn là $22^\circ C$

12.12. Búa máy 10 tấn rơi từ độ cao 2,3m xuống một cọc sắt $(c = 0,46(kJ/kg.K)), m = 200kg$. Biết 40% động năng của búa biến thành nhiệt làm nóng cọc sắt. Hỏi búa rơi bao nhiêu lần thì cọc tăng nhiệt độ thêm $20^\circ C$. Cho rằng cọc không tỏa nhiệt cho môi trường.

Bài giải

Gọi M là khối lượng của búa. Ta có:

- Động năng của búa ngay trước va chạm: $W_{0d} = Mgh$

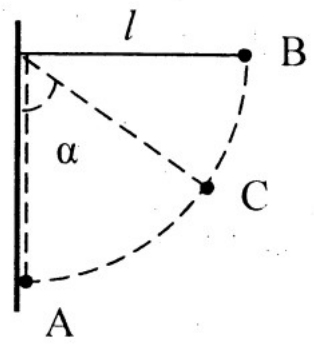
- Nhiệt lượng cọc thu được sau mỗi lần búa rơi: $Q_0 = 0,4W_{0d} = 0,4Mgh$

- Nhiệt lượng cọc thu được sau n lần búa rơi: $Q = nQ_0 = cm\Delta t$

Suy ra: $n = \dfrac{cm\Delta t}{Q_0} = \dfrac{0,46.10^3.200.20}{0,4.10^4.10.2,3} = 20$

Vậy: Số lần búa rơi là 20.

12.13. Quả cầu có nhiệt dung riêng $c = 460(J/kg.K)$ được treo bởi sợi dây có chiều dài $l = 46cm$ Quả cầu được nâng lên đến B rồi thả rơi. Sau khi chạm tường, nó bật lên đến C $(\alpha = 60^\circ)$ Biết rằng 60% độ giảm thế năng biến thành nhiệt làm nóng quả cầu. Tính độ tăng nhiệt độ của quả cầu. Lấy $g = 10(m/s^2)$



Bài giải

- Độ giảm thế năng của con lắc: $\Delta W_t = W_{tB} - W_{tC}$

$\Leftrightarrow \Delta W_t = mgl - mgl(1 - \cos\alpha) = mgl\cos\alpha$

- Phần thế năng biến thành nhiệt làm nóng quả cầu:

$Q = 0,6.\Delta W_t = 0,6mgl\cos\alpha$ (1)

- Mặt khác, ta có: $Q = cm\Delta t$ (2)

- Từ (1) và (2) suy ra: $\Delta t = \dfrac{0,6gl\cos\alpha}{c} = \dfrac{0,6.10.0,46.\cos 60^\circ}{460} = 0,003^\circ C$

Vậy: Độ tăng nhiệt độ của quả cầu là $0,003^\circ C$.

12.14. Một quả bóng khối lượng $m = 300g$ có dung tích $V = 8l$ được bơm không khí đến áp suất $p = 1,2atm$. Quả bóng được ném lên cao 20m và rơi xuống đất rắn rồi lại nảy lên gần như tới vị trí cũ. Tính nhiệt độ cực đại của không khí trong quả bóng vào lúc va chạm với đất rắn. Coi thể tích bóng thay đổi không đáng kể khi va chạm. Nhiệt độ môi trường là $T = 300K$, nhiệt dung riêng đẳng tích của không khí là $c_v = 19,5(J/kg.K)$

Bài giải

- Số mol không khí trong quả bóng là: $n = \dfrac{pV}{RT}$

- Vì thời gian va chạm rất ngắn nên coi như không khí trong quả bóng bị nén đẳng tích và đoạn nhiệt nên công biến hoàn toàn thành nội năng:

$A = \Delta U = nc_V \Delta T = mgh$

$\Rightarrow \Delta T = \frac{mgh}{nc_V} = \frac{mghRT}{pVc_V} = \frac{0,3.10.20.0,082.300}{1,2.8.19,5} = 8K$

$\Rightarrow T_{max} = T + \Delta T = 300 + 8 = 308K$

Vậy: Nhiệt độ cực đại của không khí trong quả bóng vào lúc va chạm với đất rắn là 308K.

12.15. Khối khí có $p = 1at; V_1 = 10l$ được dãn nở đẳng áp, thể tích tăng gấp hai lần. Tìm công do khí thực hiện.

Bài giải

- Công do khí thực hiện khi dãn nở đẳng áp:

$A' = p.\Delta V = p(V_2 - V_1) = p(2V_1 - V_1) = pV_1$

Thay số: $p = 1at = 9,81.10^4 N/m^2; V_1 = 10$ lít $= 10^{-2} m^3$, ta được:

$A' = 9,81.10^4.10^{-2} = 981J$

Vậy: Công do khí thực hiện là 981J.

12.16. 20g khí oxi ở áp suất $2.10^5 (N/m^2)$, nhiệt độ $31^\circ C$, được đun nóng đẳng áp và dãn nở đến thể tích $25l$. Tính công của khí.

Bài giải

- Thể tích của khí trước khi đun nóng: $V_1 = \frac{m}{\mu}.\frac{RT_1}{p}$

- Công do khí thực hiện khi dãn nở đẳng áp:

$A' = p.\Delta V = p(V_2 - V_1) = p\left(V_2 - \frac{m}{\mu}.\frac{RT_1}{p}\right)$

$\Rightarrow A' = 2.10^5\left[25.10^{-3} - \frac{20}{32}.\frac{8,31.(31+273)}{2.10^5}\right] = 3421,1J$

Vậy: Công của khí là $A' = 3421,1J$

12.17. Một khối khí có $p_1 = 1atm, V_1 = 12l, t_1 = 27^\circ C$ được đun nóng đẳng áp đến nhiệt độ $t_2 = 77^\circ C$. Tính công của khí.

Bài giải

- Áp dụng định luật Gay-Luytxắc cho quá trình đẳng áp, ta được:

$$\frac{V_2}{T_2} = \frac{V_1}{T_1} \Rightarrow V_2 = V_1\frac{T_2}{T_1}$$

- Công do khí thực hiện khi dãn nở đẳng áp:

$$A' = p.\Delta V = p(V_2 - V_1) = p\left(V_1\frac{T_2}{T_1} - V_1\right) = pV_1\left(\frac{T_2}{T_1} - 1\right)$$

$$\Rightarrow A' = 1,013.10^5.12.10^{-3}\left(\frac{77+273}{27+273} - 1\right) = 202,6J$$

Vậy: công của khí là $A' = 202,6J$

12.18. 8g hiđrô ở $27^\circ C$, dãn nở đẳng áp thể tích tăng gấp 2 lần. Tính công của khí.

Bài giải

- Công do khí thực hiện khi dãn nở đẳng áp:

$$A' = p.\Delta V = p(V_2 - V_1) = p(2V_1 - V_1) = pV_1 = \frac{m}{\mu}RT_1$$

Thay số: $A' = \frac{8}{2}.8,31(27+273) = 9972J$

Vậy: Công của khí là $A' = 9972J$

12.19. Một khối khí có $V = 7,5l, p = 2.10^5(N/m^2), t = 27^\circ C$, bị nén đẳng áp và nhận một công 50J. Tính nhiệt độ của khí sau khí nén.

Bài giải

- Công do khí nhận được: $A = -A' = -p(V_2 - V_1)$

$$\Rightarrow V_2 = V_1 - \frac{A}{p} = 7,5.10^{-3} - \frac{50}{2.10^5} = 7,25.10^{-3}m^3$$

- Áp dụng định luật Gay-Luytxắc: $\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2} \Rightarrow T_2 = T_1\frac{V_2}{V_1}$

Thay số : $T_2 = 300.\frac{7,25.10^{-3}}{7,5.10^{-3}} = 290K$ hay $t_2 = 17^\circ C$

Vậy: Nhiệt độ của khí sau khi nén là $17^\circ C$.

12.20. Một khối khí có $V = 3l, p = 2.10^5(N/m^2), t = 27^\circ C$ được đun nóng đẳng tích rồi cho dãn nở đẳng áp. Khi dãn nở nhiệt độ tăng thêm $30^\circ C$. Tính công khí đã thực hiện.

Bài giải

Gọi p_1, V_1 và T_1 là áp suất, thể tích và nhiệt độ sau khi đun nóng đẳng tích, ta có $V_1 = V$ và:

$$\frac{p_1}{T_1} = \frac{p}{T} \Rightarrow p_1 = p\frac{T_1}{T} \quad (1)$$

Gọi V_2 và T_2 là thể tích và áp suất sau khi dãn nở đẳng áp, ta có:

$$\frac{V_2}{T_2} = \frac{V_1}{T_1} \Rightarrow V_2 = V_1\frac{T_2}{T_1} = V\frac{T_2}{T_1} \quad (2)$$

- Công khí đã thực hiện: $A' = A_1' + A_2'$, với $A_1' = 0$(đẳng tích)

Suy ra: $A' = A_2' = p_1(V_2 - V_1) = p_1(V_2 - V)$ (3)

- Thay (1),(2) vào (3) , ta được: $A' = p\frac{T_1}{T}\left(V\frac{T_2}{T_1} - V\right) = \frac{pV}{T}(T_2 - T_1)$

$$\Rightarrow A' = \frac{2.10^5.3.10^{-3}}{300}.30 = 60J$$

Vậy: Công khí đã thực hiện là $A' = 60J$.

12.21. Một khối lượng m của một chất khí có nhiệt độ T được làm lạnh đẳng tích, áp suất giảm đi n lần. Sau đó khí dãn nở đẳng áp đến khi nhiệt độ bằng lúc ban đầu. Tính công khí đã thực hiện. Biết phân tử gam của khí là μ.

Bài giải

Gọi p_1, V_1 và T_1 là áp suất, thể tích và nhiệt độ sau khi làm lạnh đẳng tích, ta có:

$$V_1 = V; p_1 = \frac{p}{n}. \qquad \frac{p_1}{T_1} = \frac{p}{T} \Rightarrow T_1 = T\frac{p_1}{p} = \frac{T}{n} \quad (1)$$

Gọi V_2 và T_2 là thể tích và áp suất sau khi dãn nở đẳng áp, ta có: $T_2 = T$ và:

$$\frac{V_2}{T_2} = \frac{V_1}{T_1} \Rightarrow V_2 = V_1\frac{T_2}{T_1} = V\frac{T}{T_1} \quad (2)$$

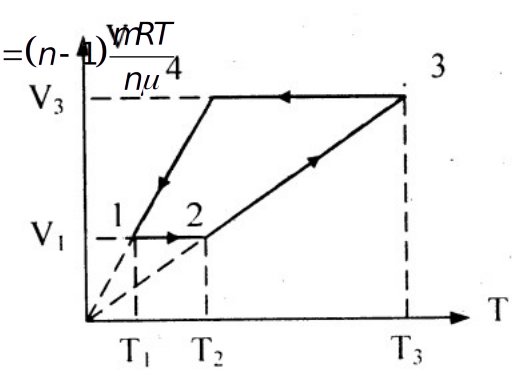
- Thay (1) vào (2) ta được: $V_2 = nV$ (3)

- Công khí đã thực hiện: $A' = A_1' + A_2'$, với $A_1' = 0$ (đẳng tích)

Suy ra: $A' = A_2' = p_1(V_2 - V_1) = \frac{p}{n}(V_2 - V)$ (4)

- Thay (3) vào (4) ta được: $A' = \frac{p}{n}(nV - V) = (n-1)\frac{pV}{n} = (n-1)\frac{mRT}{n\mu}$

Vậy: Công khí đã thực hiện là $A' = (n-1)\frac{mRT}{n\mu}$



12.22. Một lượng khí thực hiện chu trình biến đổi như đồ thị của hình bên. Cho biết: $t_1 = 27^\circ C$;

$V_1 = 5l; t_3 = 127^\circ C; V_3 = 6l$

Ở điều kiện chuẩn, khí có thể tích $V_0 = 8,19l$

Tính công do khí thực hiện sau một chu trình biến đổi.

Bài giải

- Điều kiện chuẩn: $p_0 = 1atm; T_0 = 273K; V_0 = 8,19l$

- Áp dụng phương trình trạng thái, ta được:

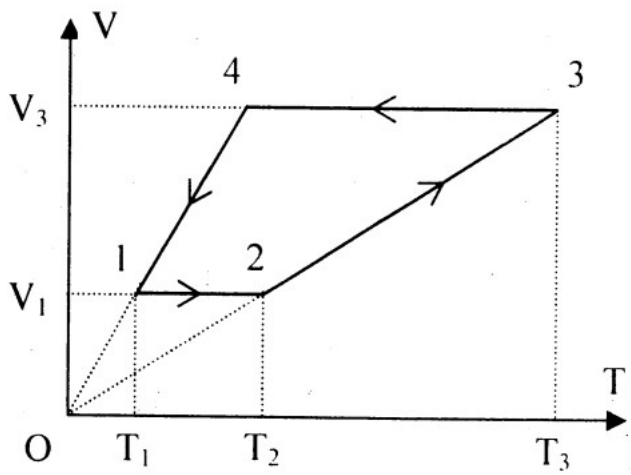
$$\frac{p_0V_0}{T_0} = \frac{p_1V_1}{T_1} = \frac{p_3V_3}{T_3}$$

$$\Rightarrow p_1 = p_0\frac{V_0}{V_1}.\frac{T_1}{T_0}$$

$$= 1.\frac{8,19}{5}.\frac{300}{273} = 1,8atm$$

và $p_3 = p_0\frac{V_0}{V_3}.\frac{T_3}{T_0}$

$$= 1.\frac{8,19}{6}.\frac{400}{273} = 2atm$$



- Trên hình vẽ, hai quá trình $(1 \to 2)$ và $(3 \to 4)$ là đẳng tích nên khí không sinh công, suy ra công do khí thực hiện sau một chu trình biến đổi bằng công của hai quá trình đẳng áp $(2 \to 3)$ và $(4 \to 1)$, ta có:

$$A' = A'_{23} + A'_{41} = p_3(V_3 - V_2) + p_1(V_1 - V_4)$$

- Mặt khác: $V_2 = V_1; V_4 = V_3$

Suy ra: $A' = (p_3 - p_1)(V_3 - V_1) = (2 - 1,8).1,013.10^5.(6 - 5).10^{-3} = 20,26J$

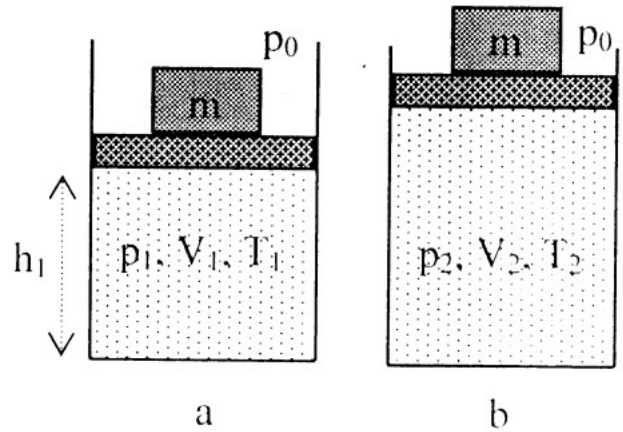
Vậy: Công do khí thực hiện sau một chu trình biến đổi là 20,26J.

12.23. Một xilanh thẳng đứng tiết diện $100cm^2$ chứa khí ở $27^\circ C$, đậy bởi pittông nhẹ cách đáy 60cm. Trên pittông có đặt một vật khối lượng 100kg. Đốt nóng khí thêm $50^\circ C$. Tính công do khí thực hiện. Cho áp suất khí quyển là $1,01.10^5 (N/m^2); g = 9,8 (m/s^2)$

Bài giải

- Khí được đun nóng, khí tác dụng áp lực $\vec{F}$ lên pittông làm pittông di chuyển lên phía trên và khí thực hiện công.

Cho rằng pittông đi lên chậm coi như thẳng đều. Áp lực $\vec{F}$ cân bằng với lực cản (trọng lực của vật và áp lực của khí quyển), suy ra áp suất khí trong xilanh là không đổi và luôn bằng p_1. Áp suất này bằng tổng áp suất p_0 của khí quyển và áp suất p' do pittông và vật gây ra cho khí (hình vẽ). Quá trình nung nóng khí trong xi lanh là đẳng áp.



Gọi m là khối lượng của vật; S là tiết diện của xi lanh; p_1, T_1 và V_1 là áp suất, nhiệt độ và thể tích ban đầu của khí trong xi lanh; p_2, T_2 và V_2 là áp suất, nhiệt độ và thể tích ban cuối của khí trong xi lanh; p_0 là áp suất khí quyển.

Ta có: $p_1 = p_0 + \frac{mg}{S}$ (1)

- Áp dụng định luật Gay-Luytxắc cho quá trình đẳng áp:

$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2} \Rightarrow V_2 = V_1\frac{T_2}{T_1}$ (2)

- Công do khí thực hiện (đẳng áp):

$A' = p_1(V_2 - V_1)$ (3)

- Mặt khác, ta có: $V_1 = Sh_1$ (4)

- Thay (1),(2) và (4) vào (3) , ta được: $A' = \frac{Sh_1}{T_1}\left(p_0 + \frac{mg}{S}\right)(T_2 - T_1)$

$\Rightarrow A' = \frac{10^{-2}.0,6}{27+273}\left(1,01.10^5 + \frac{100.9,8}{10^{-2}}\right).50 = 199J$

Vậy: Công do khí thực hiện là $A' = 199J$.

12.24. 2,2kg khí CO_2 dãn nở đẳng áp, tăng nhiệt độ thêm $\Delta t = 200^\circ C$. Tính:

a) Công khí đã thực hiện.

b) Nhiệt lượng truyền cho khí.

c) Độ biến thiên nội năng của khí.

Bài giải

a) Công khí đã thực hiện

Ta có: $A' = p(V_2 - V_1) = pV_2 - pV_1 = \frac{m}{\mu}R(T_2 - T_1) = \frac{m}{\mu}R\Delta t$

$\Rightarrow A' = \frac{2,2.10^3}{44}.8,31.200 = 83100J = 83,1kJ$

Vậy: Công khí đã thực hiện là 83,1kJ.

b) Nhiệt lượng truyền cho khí (đẳng áp)

Ta có: $Q = c_p m\Delta t = 0,75.2,2.200 = 330kJ$

Vậy: Nhiệt lượng truyền cho khí là 330kJ.

c) Độ biến thiên nội năng của khí

- Theo nguyên lí I của Nhiệt động lực học: $\Delta U = Q + A = Q - A'$

với: ΔU là độ tăng nội năng của khí; Q là nhiệt lượng khí nhận được; A là công do khí nhận được; A' là công do khí thực hiện.

Thay số: $\Delta U = 330 - 83,1 = 246,9kJ$

Vì $\Delta U > 0$ nên nội năng của khí tăng một lượng bằng 246,9kJ.

12.25. 12g hidro dãn nở đẳng áp $(c_p = 14,6(kJ/kg.K))$ thể tích tăng gấp ba lần và thực hiện công $A = 29916J$. Tính:

a) Nhiệt độ ban đầu của khí.

b) Nhiệt lượng truyền cho khí.

c) Độ biến thiên nội năng của khí.

Bài giải

a) Nhiệt độ ban đầu của khí

- Công do khí thực hiện: $A' = p(V_2 - V_1) = \frac{m}{\mu}R(T_2 - T_1)$ (1)

- Quá trình đẳng áp (1) - (2): $\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2} \Rightarrow T_2 = T_1\frac{V_2}{V_1} = 3T_1$ (2)

- Thay (2) vào (1) ta được: $A' = \frac{m}{\mu}R.2T_1 \Rightarrow T_1 = \frac{\mu A'}{2mR}$

Thay số: $T_1 = \frac{2.29916}{2.12.8,31} = 300K$ hay $t_1 = 27^\circ C$

Vậy: Nhiệt độ ban đầu của khí là $27^\circ C$.

b) Nhiệt lượng truyền cho khí (đẳng áp)

- Nhiệt độ sau của khí: $T_2 = 3T_1 = 3.300 = 900K$ *hay* $t_2 = 627^\circ C$

- Nhiệt lượng truyền cho khí: $Q = c_p m\Delta t = 14,3.10^3.12.(627 - 27) = 102960J$

Vậy: Nhiệt lượng truyền cho khí là 102960J.

c) Độ biến thiên nội năng của khí

- Theo nguyên lí I của Nhiệt động lực học: $\Delta U = Q + A = Q - A'$

$\Rightarrow \Delta U = 102960 - 29916 = 73044J$

Vì $\Delta U > 0$ nên nội năng của khí tăng.

12.26. 10g ôxi ở $15^\circ C$ và $2,77.10^5 (N/m^2)$ dãn nở đẳng áp $(c_p = 0,9(kJ/kg.K))$ đến thể tích $6l$. Tính:

a) Công khí thực hiện và nhiệt lượng truyền cho khí.

b) Độ biến thiên nội năng của khí.

Bài giải

a) Công khí đã thực hiện và nhiệt lượng truyền cho khí

- Ở điều kiện chuẩn: 1 mol khí O_2 ở nhiệt độ $t_0 = 0^\circ C(273K)$,

áp suất $p_0 = 1,013.10^5 Pa$, chiếm thể tích $V_0 = 22,4l$

- Suy ra: $10g\left(=\frac{10}{32}mol\right)$ khí O_2 ở nhiệt độ $t_0 = 0^\circ C(273K)$,

áp suất $p_0 = 1,013.10^5 Pa$, chiếm thể tích là:

$V_0' = \frac{10}{32}V_0 = \frac{10}{32}.22,4 = 7l$

Gọi V_1, p_1 và T_1 là thể tích, áp suất và nhiệt độ ban đầu của 10g khí ôxi. Theo phương trình trạng thái của khí lí tưởng: $\frac{p_0V_0'}{T_0} = \frac{p_1V_1}{T_1}$

$\Rightarrow V_1 = \frac{p_0}{p_1}\frac{T_1}{T_0}V_0' = \frac{1,013.10^5}{2,77.10^5}.\frac{(15+273)}{273}.7 = 2,7l$

- Công khí đã thực hiện: $A' = p_1(V_2 - V_1) = 2,77.10^5(6 - 2,7).10^{-3} = 914,1J$

- Nhiệt lượng truyền cho khí: $Q = c_p m(T_2 - T_1)$ (1)

- Quá trình đẳng áp $(1)-(2): \frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2} \Rightarrow T_2 = T_1 \frac{V_2}{V_1} \quad (2)$

- Thay (2) vào (1) ta được: $Q = c_p m\left(T_1 \frac{V_2}{V_1} - T_1\right) = c_p m T_1 \frac{V_2 - V_1}{V_1}$

$\Rightarrow Q = 0,9.10^3.10.10^{-3}(15+273)\frac{6-2,7}{2,7} = 3168J$

Vậy: Công khí đã thực hiện là $A = 914,1J$ và nhiệt lượng truyền cho khí là $Q = 3168J$

c) Độ biến thiên nội năng của khí

- Theo nguyên lí I của Nhiệt động lực học: $\Delta U = Q + A = Q - A'$

$\Rightarrow \Delta U = 3168 - 914,1 = 2253,9J$

Vì $\Delta U > 0$ nên nội năng của khí tăng.

12.27. 160g oxi được đun nóng đẳng tích $(c_v = 0,65(kJ/kg.K))$ tăng nhiệt độ từ $50^\circ C$ đến $60^\circ C$. Tìm nhiệt lượng truyền cho khí và độ biến thiên nội năng của khí.

Bài giải

- Nhiệt lượng truyền cho khí:

$Q = c_v m(t_2 - t_1) = 0,65.10^3.160.10^{-3}.(60-50) = 1040J$

- Độ biến thiên nội năng của khí: Theo nguyên lí I của Nhiệt động lực học:

$\Delta U = Q + A = Q - A'$

với: $A' = 0$ (đẳng tích) nên $\Delta U = Q = 1040J$

Vì $\Delta U > 0$ nên nội năng của khí tăng.

12.28. Bình kín không dãn nở, chứa 14g nitơ ở 1at và $27^\circ C$, được đun nóng $(c_v = 0,74(kJ/kg.K))$, áp suất tăng lên đến 5at. Hỏi độ biến thiên nội năng của khí.

Bài giải

- Độ biến thiên nội năng của khí: $\Delta U = Q = c_v m \Delta T \quad (1)$

- Áp dụng định luật Sác-lơ cho quá trình đẳng tích (1)-(2):

$\frac{p_1}{T_1} = \frac{p_2}{T_2} \Rightarrow T_2 = \frac{p_2}{p_1} T_1 = 5T_1$

$\Rightarrow \Delta T = T_2 - T_1 = 4T_1 \quad (2)$

- Thay (2) vào (1) ta được: $\Delta U = Q = c_v m.4T_1$

$\Rightarrow \Delta U = 0,74.10^3.14.10^{-3}.4(27+273) = 12432J$

Vậy: Độ biến thiên nội năng của khí là 12432J.

12.29. Bình kín không dãn nở, thể tích $6l$, chứa 12g nitơ ở $27^\circ C$. Sau khi đun nóng, áp suất trong bình là 4,2at. Tìm nhiệt lượng truyền cho khí và độ biến thiên nội năng của khí.

Bài giải

- Ở điều kiện chuẩn, 1mol khí N_2 ở nhiệt độ $t_0 = 0^\circ C(273K)$,

áp suất $p_0 = 1,013.10^5 Pa$, chiếm thể tích $V_0 = 22,4l$

Suy ra: $12g\left(=\frac{12}{28}mol\right)$ khí N_2 ở nhiệt độ $t_0 = 0^\circ C(273K)$,

áp suất $p_0 = 1,013.10^5 Pa$, chiếm thể tích:

$V_0' = \frac{12}{28}V_0 = \frac{12}{28}.22,4 = 9,6l$

Gọi V_1, p_1 và T_1 là thể tích, áp suất và nhiệt độ ban đầu của 12g khí nitơ. Theo phương trình trạng thái của khí lí tưởng: $\frac{p_0V_0'}{T_0} = \frac{p_1V_1}{T_1}$

$\Rightarrow p_1 = \frac{V_0'}{V_1}.\frac{T_1}{T_0}p_0 = \frac{9,6}{6}.\frac{(27+273)}{273}.1,013.10^5 = 17,8.10^4 (N/m^2)$

- Áp dụng định luật Sác-lơ: $\frac{p_1}{T_1} = \frac{p_2}{T_2} \Rightarrow T_2 = \frac{p_2}{p_1}T_1$ (1)

- Độ biến thiên nội năng của khí: $\Delta U = Q = c_v m(T_2 - T_1)$ (2)

- Thay (1) vào (2) ta được: $\Delta U = Q = c_v m\left(\frac{p_2}{p_1}T_1 - T_1\right) = \frac{c_v mT_1}{p_1}(p_2 - p_1)$

$\Rightarrow \Delta U = Q = \frac{0,74.10^3.12.10^{-3}(27+273)}{17,8.10^4}(4,2.9,81.10^4 - 17,8.10^4) = 3502J$

Vậy: Nhiệt lượng truyền cho khí và độ biến thiên nội năng của khí là 3502J.

12.30. Trong xilanh có một lượng khí. Pittông và khí quyển gây ra áp suất $p_0 = 2.10^5 (N/m^2)$ lên lượng khí ấy. Do nhận được nhiệt lượng $Q = 2,8kcal$, khí dãn nở đẳng áp. Cho biết $c_p = 7(kcal/kmol.K)$. Tính:

a) Độ biến thiên nội năng của khí.

b) Độ tăng thể tích của khí $(Cho\ 1\text{cal} = 4,19J)$.

Bài giải

a) Độ biến thiên nội năng của khí

- Công do khí thực hiện: $A = p\Delta V = \frac{m}{\mu}R\Delta T \quad (1)$

- Nhiệt lượng do khí nhận được: $Q = \frac{m}{\mu}.c_p\Delta T \quad (2)$

- Từ (1) và (2) suy ra : $A = \frac{QR}{c_p}$, với

$Q = 2,8kcal = 11732J; R = 8,31(J/mol.K); c_p = 7(kcal/kmol.K) = 29,33(J/mol.K)$:

$\Rightarrow A = \frac{11732.8,31}{29,33} = 3324J$

- Từ nguyên lí I của Nhiệt động lực học suy ra:

$\Delta U = Q - A = 11732 - 3324 = 8408J$

Vậy: Độ biến thiên nội năng của khí là 8408J.

b) Độ tăng thể tích của khí

Từ (1) suy ra: $\Delta V = \frac{A}{p} = \frac{3324}{2.10^5} = 0,01662m^3 = 16,62l$

Vậy: Độ tăng thể tích của khí là 16,62*l*.

12.31. Bình thể tích 10*l* chứa khí đơn nguyên tử có mật độ $n_0 = 3.10m^{-3}$. Động năng trung bình của nguyên tử là $5.10^{-21}J$ .Tính nội năng của khí trong bình.

Bài giải

- Nội năng của khí đơn nguyên tử: $U = \frac{3}{2}nRT = \frac{3}{2}pV \quad (1)$

- Động năng trung bình của các phân tử khí: $\overline{W_{đ}} = \frac{3}{2}kT \quad (2)$

- Áp suất của khí: $p = n_0kT \quad (3)$

- Từ (1),(2) và (3) ta có: $U = n_0\overline{W_{đ}}V = 3.10^{24}.5.10^{-21}.10.10^{-3} = 150J$

Vậy: Nội năng của khí trong bình là $U = 150J$.

12.32. Khí hêli đựng trong bình kín thể tích là 2*l* ở $27^\circ C$,áp suất $10^5(N/m^2)$.Tính:

a) Vận tốc trung bình của nguyên tử ở trạng thái đầu và trạng thái cuối.

b) Nhiệt lượng cung cấp để tăng nhiệt độ khí lên $127^\circ C$.

c) Nội năng của khí ở đầu, cuối quá trình.

Bài giải

a) Vận tốc trung bình của nguyên tử ở trạng thái đầu và trạng thái cuối

- Trạng thái đầu: $\overline{v_1} = \sqrt{\frac{3RT_1}{\mu}} = \sqrt{\frac{3.8,31(27+273)}{4.10^{-3}}} = 1367(m/s)$

- Trạng thái cuối: $\overline{v_2} = \sqrt{\frac{3RT_2}{\mu}} = \sqrt{\frac{3.8,31(127+273)}{4.10^{-3}}} = 1579(m/s)$

Vậy: Vận tốc trung bình của nguyên tử ở trạng thái đầu và trạng thái cuối là $\overline{v_1} = 1367(m/s)$ và $\overline{v_2} = 1579(m/s)$.

b) Nội năng của khí ở đầu và cuối quá trình

- Vì khí hêli là đơn nguyên tử nên $c_v = \frac{3}{2}R$

- Nội năng của khí ở trạng thái đầu: $U_1 = nc_vT_1 = \frac{m}{\mu}.\frac{3}{2}RT_1$ (1)

+ Từ phương trình trạng thái: $p_1V_1 = \frac{m}{\mu}RT_1 \Rightarrow \frac{m}{\mu} = \frac{p_1V_1}{RT_1}$ (2)

+ Thay (2) vào (1) ta được: $U_1 = \frac{p_1V_1}{RT_1}.\frac{3}{2}RT_1 = \frac{3}{2}p_1V_1$

$\Rightarrow U_1 = \frac{3}{2}.10^5.2.10^{-3} = 300J$

- Nội năng của khí ở trạng thái cuối: $U_2 = \frac{3}{2}p_2V_2 = \frac{3}{2}p_2V_1$ (3)

(Đẳng tích nên $V_2 = V_1$)

+ Theo định luật Sác-lơ: $\frac{p_1}{T_1} = \frac{p_2}{T_2} \Rightarrow p_2 = \frac{T_2}{T_1}p_1$ (4)

+ Thay (4) vào (3) ta được: $U_2 = \frac{3}{2}\frac{T_2}{T_1}p_1V_1$

$\Rightarrow U_2 = \frac{3}{2}\frac{(127+273)}{(27+273)}.10^5.2.10^{-3} = 400J$

Vậy: Nội năng của khí ở đầu và cuối quá trình là $U_1 = 300J$ và $U_2 = 400J$.

c) Nhiệt lượng cung cấp để tăng nhiệt độ khí lên $127^\circ C$

- Vì nung nóng khí trong bình kín (đẳng tích) nên công A' do khí thực hiện bằng 0.

- Theo nguyên lí I của Nhiệt động lực học: $\Delta U = Q + A = Q - A' = Q$

$\Rightarrow Q = \Delta U = U_2 - U_1 = 400 - 300 = 100J$

* Lưu ý: Nếu đề bài cho biết khí hêli có $c_v = 3,15(kJ/kg.K)$ thì có thể tính Q bằng công thức: $Q = c_v m\Delta t$

với: $m = \frac{p_1V_1\mu}{RT_1} = \frac{10^5.2.10^{-3}.4}{8,31(27+273)} = 0,32g$

$\Rightarrow Q = 3,15.10^3.0,32.10^{-3}.100 = 100J$

Vậy: Nhiệt lượng cung cấp để tăng nhiệt độ khí lên $127^\circ C$ là $Q = 100J$.

12.33. Một khối khí He chứa trong bình có thể tích $5l$, áp suất $1,5.10^5(N/m^2)$, nhiệt độ $27^\circ C$.

a) Tính động năng trung bình của phân tử và mật độ phân tử.

b) Nén đẳng áp khối khí để mật độ phân tử tăng gấp hai lần. Tính nhiệt độ và thể tích khí sau khi nén.

c) Tính nhiệt lượng khí truyền cho bên ngoài.

Bài giải

a) Động năng trung bình của các phân tử và mật độ phân tử khí

- Động năng trung bình: $\overline{W_đ} = \frac{3}{2}kT = \frac{3}{2}.1,38.10^{-23}(27+273) = 6,21.10^{-21}J$

- Mật độ phân tử: $p = n_0kT \Rightarrow n_0 = \frac{p}{kT}$

$\Rightarrow n_0 = \frac{1,5.10^5}{1,38.10^{-23}.300} = 3,6.10^{25}m^{-3}$

Vậy: Động năng trung bình của các phân tử khí là $\overline{W_đ} = 6,21.10^{-21}J$ và mật độ phân tử khí là $n_0 = 3,6.10^{25}m^{-3}$

b) Nhiệt độ và thể tích khí sau khi nén đẳng áp

- Ta có: $p = n_0kT = n_0'kT' = 2n_0kT'$

$\Rightarrow T' = \frac{T}{2} = \frac{300}{2} = 150K$ hay $t_2 = 150 - 273 = -123^\circ C$

- Ta có: $\frac{V}{T} = \frac{V'}{T'} \Rightarrow V' = V\frac{T'}{T} = 5.\frac{150}{300} = 2,5l$

Vậy: Nhiệt độ và thể tích khí sau khi nén đẳng áp là $T' = -123^\circ C$ và $V' = 2,5l$

c) Nhiệt lượng truyền cho bên ngoài

- Theo nguyên lí I của Nhiệt động lực học: $\Delta U = Q + A \Rightarrow Q = \Delta U - A$ (1)

với: A là công khí nhận được; Q là nhiệt lượng khí nhận được; ΔU là độ biến thiên nội năng của khí.

Ta có: $A = -A' = -p(V' - V) = -1,5.10^5(2,5 - 5).10^{-3} = 375J$

với: $\Delta U = \frac{3}{2}nR\Delta T = \frac{3}{2}.\frac{m}{\mu}R(T' - T)$ (2)

- Theo phương trình trạng thái: $pV = \frac{m}{\mu}RT \Rightarrow \frac{m}{V} = \frac{pV}{RT}$ (3)

- Thay (2) vào (3) ta được: $\Delta U = \frac{3}{2}.\frac{pV}{RT}R(T' - T) = \frac{3}{2}.\frac{pV}{T}(T' - T)$

$\Rightarrow \Delta U = \frac{3}{2}.\frac{1,5.10^5.5.10^{-3}}{300}(150 - 300) = -562,5J$

- Thay giá trị của A và ΔU vào (1), ta được:

$Q = \Delta U - A = -562,5 - 375 = -937,5J$

Vậy: Nhiệt lượng khí truyền ra bên ngoài là $Q = -973,5J$

12.34. Khối lượng $m = 8g$ hêli chứa trong xilanh, đậy bởi pittông nặng. Khí được đun nóng đẳng áp từ nhiệt độ $t_1 = 27^\circ C$ đến $127^\circ C$. Tìm nhiệt lượng truyền cho khí.

Bài giải

- Áp dụng nguyên lí I của Nhiệt động lực học: $\Delta U = Q + A = Q - A'$

$\Rightarrow Q = \Delta U + A'$ (1)

với: $A' = p(V_2 - V_1) = \frac{m}{\mu}R\Delta T$ (2)

$\Delta U = \frac{3}{2}nR\Delta T = \frac{3}{2}.\frac{m}{\mu}R\Delta T$ (3)

- Thay (2) và (3) vào (1) ta được: $Q = \left(1 + \frac{3}{2}\right)\frac{m}{\mu}R\Delta T = \frac{5}{2}.\frac{m}{\mu}R\Delta T$

$\Rightarrow Q = \frac{5}{2}.\frac{8}{4}.8,31.100 = 4155J$

Vậy: Nhiệt lượng truyền cho khí là 4155J.

12.35. Khối $m = 40g$ khí nêon $(\mu = 20)$ ở $27^\circ C$, thể tích ban đầu là 6*l*.

a) Nén đẳng nhiệt, công lực ngoài là 6750J, thể tích giảm 4 lần. Tính nhiệt lượng khí tỏa ra.

b) Hơ nóng đẳng áp thể tích khí tăng lên như cũ. Tính nhiệt lượng khí hấp thụ.

c) Vẽ đồ thị biến đổi trạng thái trong hệ $(V,T),(p,T),(p,V)$

Bài giải

a) Nhiệt lượng khí tỏa ra trong quá trình nén đẳng nhiệt: Vì nén đẳng nhiệt nên $\Delta U = 0$

- Theo nguyên lí I của Nhiệt động lực học: $\Delta U = Q + A = 0 \Rightarrow Q = -A$

- Nhiệt lượng khí tỏa ra: $Q' = -Q = A = -6750J$

Vậy: Nhiệt lượng khí tỏa ra là $Q' = -6750J$

b) Nhiệt lượng khí hấp thụ trong quá trình hơ nóng đẳng áp

- Ở điều kiện chuẩn, 1 mol khí nêon ở nhiệt độ $t_0 = 0^\circ C(273K)$, áp suất $p_0 = 1,013.10^6 Pa$, chiếm thể tích $V_0 = 22,4l$

Suy ra: $2mol\left(=\frac{40}{20}\right)$ khí nêon ở nhiệt độ $t_0 = 0^\circ C(273K)$, áp suất $p_0 = 1,013.10^6 Pa$, chiếm thể tích: $V_0' = 2V_0 = 2.22,4 = 44,8l$

Gọi p_1, V_1 và T_1 là áp suất, thể tích, và nhiệt độ ban đầu của 40g khí nêon. Theo phương trình trạng thái của khí lí tưởng : $\frac{p_0V_0'}{T_0} = \frac{p_1V_1}{T_1}$

$\Rightarrow p_1 = \frac{V_0'}{V_1}.\frac{T_1}{T_0}.p_0 = \frac{44,8}{6}.\frac{300}{273}.1,013.10^5 = 8,31.10^5 Pa$

Gọi p_2, V_2 và $T_2 = T_1$ là áp suất , thể tích và nhiệt độ cuối quá trình nén đẳng nhiệt của 40g khí nêon. Áp dụng định luật Bôilơ-Mariốt:

$p_1V_1 = p_2V_2 \Rightarrow p_2 = p_1\frac{V_1}{V_2}$

$\Rightarrow p_2 = 8,31.10^5.4 = 33,24.10^5 Pa$

Gọi $p_3 = p_2, V_3 = V_1$ và T_3 là áp suất, thể tích và nhiệt độ cuối quá trình hơ nóng đẳng áp của 40g khí nêon. Theo nguyên lí I của Nhiệt động lực học:

$\Delta U = Q + A = Q - A'$

$\Rightarrow Q = \Delta U + A' \quad (1)$

với: $\Delta U = \frac{3}{2}nR\Delta T = \frac{3}{2}.\frac{m}{\mu}R\Delta T = \frac{3}{2}p_2\Delta V = \frac{3}{2}p_2(V_3 - V_2)$

$\Rightarrow \Delta U = \frac{3}{2}p_2(V_1 - V_2) \quad (2)$

và $A' = p_2(V_3 - V_2) = p_2(V_1 - V_2) \quad (3)$

- Thay (2) và (3) vào (1) ta được:

$Q = \frac{3}{2}p_2(V_1 - V_2) + p_2(V_1 - V_2) = \frac{5}{2}p_2(V_1 - V_2)$

$\Rightarrow Q = \frac{5}{2}.33,24.10^5.(6-1,5).10^{-3} = 37395J$

Vậy: Nhiệt lượng khí hấp thụ trong quá trình hơ nóng đẳng áp là $Q = 37395J$

c) Vẽ đồ thị biến đổi trạng thái khí trong hệ $(V,T);(p,T);(p,V)$

+ Trạng thái 1 : $p_1 = 8,31.10^5 Pa; V_1 = 6l; T_1 = 300K$

+ Trạng thái 2: $p_2 = 4p_1 = 33,24.10^5 Pa; V_2 = 1,5l; T_2 = T_1 = 300K$

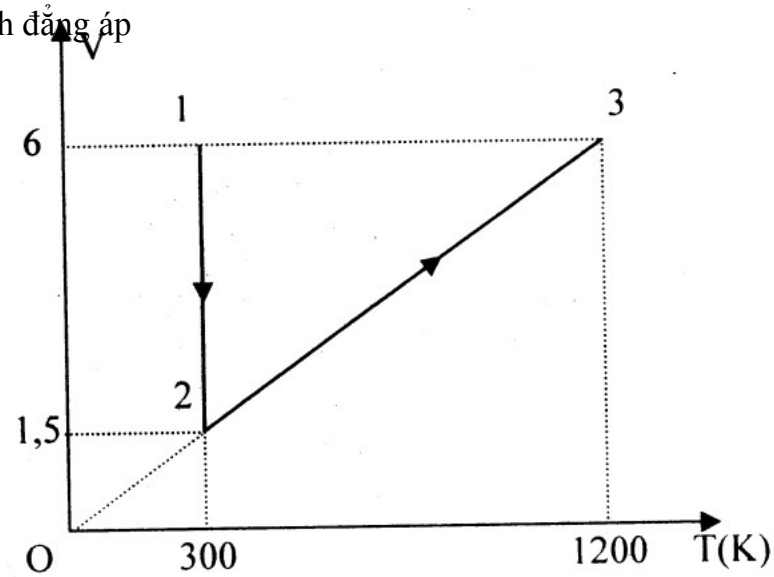
+ Trạng thái 3: $p_3 = p_2 = 4p_1 = 33,24.10^5 Pa; V_3 = V_1 = 6l; T_3 = ?$

Áp dụng định luật Gay-Luytxắc cho quá trình đẳng áp

$2 \to 3: \frac{V_2}{T_2} = \frac{V_3}{T_3}$

$\Rightarrow T_3 = T_2 \frac{V_3}{V_2}$

$= 4T_2 = 4.300.1200K$

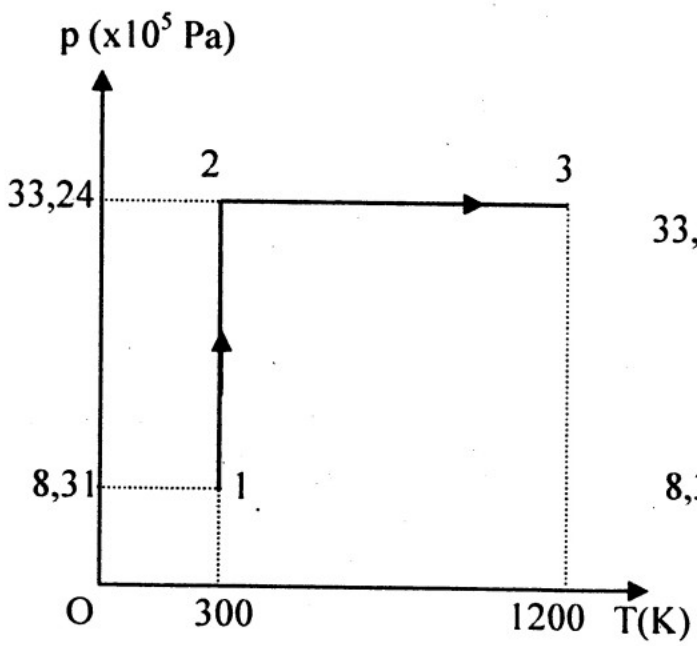


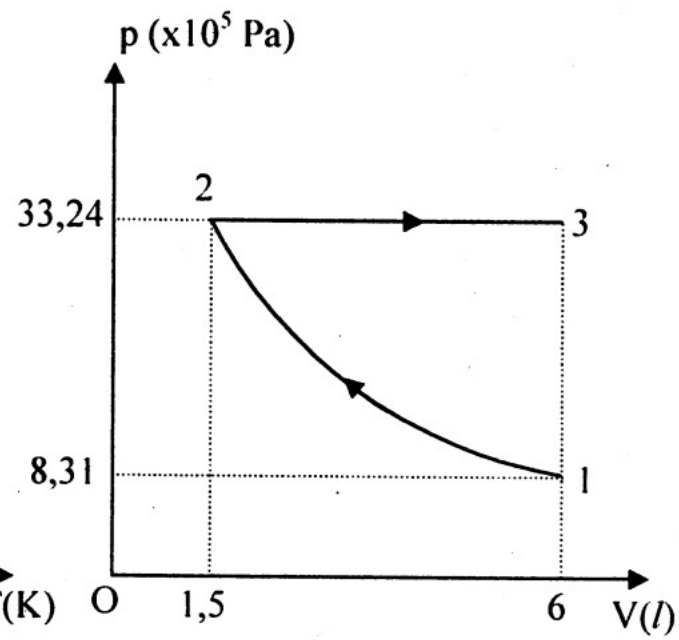
Ta có:

+ Quá trình $1 \to 2$ là đẳng nhiệt: áp suất tăng, thể tích giảm.

+ Quá trình $2 \to 3$ là đẳng áp: Thể tích tăng, nhiệt độ tăng.

Các đồ thị như hình vẽ sau:





12.36. Xilanh cách nhiệt được chia làm hai phần thể tích V_1, V_2 bằng vách ngăn cách nhiệt. Phần I có khí ở nhiệt độ T_1, áp suất p_1. Phần II chứa cùng loại khí ở nhiệt độ T_2, áp suất p_2. Bỏ vách ngăn đi. Do hệ kín nên nội năng khí bảo toàn. Tìm nhiệt độ cân bằng.

Bài giải

- Số mol khí trong hai bình nước khi bỏ vách ngăn là:

$$n_1 = \frac{p_1V_1}{RT_1}; n_2 = \frac{p_2V_2}{RT_2} \quad (1)$$

- Độ biến thiên nội năng của khí trong hai bình là:

$$\Delta U_1 = n_1C_v\Delta T_1 = n_1C_v(T - T_1) \quad (2)$$

$$\Delta U_2 = n_2C_v\Delta T_2 = n_2C_v(T - T_2) \quad (3)$$

- Hệ kín nên nội năng của hệ bảo toàn , suy ra:

$$\Delta U = \Delta U_1 + \Delta U_2 = 0 \quad (4)$$

- Từ (2) , (3) và (4) ta có: $n_1(T - T_1) + n_2(T - T_2) = 0 \quad (5)$

- Từ (1) và (5) ta có: $\frac{p_1V_1}{RT_1}(T - T_1) + \frac{p_2V_2}{RT_2}(T - T_2) = 0$

$$\Rightarrow T = \frac{T_1T_2(p_1V_1 + p_2V_2)}{p_1V_1T_2 + p_2V_2T_1}$$

Vậy: Nhiệt độ cân bằng là $T = \frac{T_1T_2(p_1V_1 + p_2V_2)}{p_1V_1T_2 + p_2V_2T_1}$

12.37. Khí lí tưởng có $\mu = 28(g/mol)$. Để làm nóng đẳng áp khối khí thêm $\Delta T = 14K$, cần truyền cho khí nhiệt lượng $Q_1 = 10J$. Để làm lạnh đẳng tích khối khí trở về nhiệt độ ban đầu, cần thu nhiệt của khí một nhiệt lượng $Q_2 = 8J$. Tìm khối lượng khí.

Bài giải

- Khí làm nóng đẳng áp:

+ Công do khí thực hiện: $A_1' = p_1\Delta V = \frac{m}{\mu}R\Delta T$

+ Nguyên lí I của nhiệt động lực học:

$$\Delta U_1 = Q_1 + A_1 = Q_1 - A_1' = Q_1 - \frac{m}{\mu}R\Delta T \quad (1)$$

- Khi làm lạnh đẳng tích:

+ Công do khí thực hiện: $A_2' = 0$

+ Nguyên lí I của nhiệt động lực học:

$\Delta U_2 = Q_2' + A_2 = -Q_2 - A_2' = -Q_2$ (2)

(Q_2' là nhiệt lượng khí nhận từ bên ngoài)

- Khối khí trở về nhiệt độ ban đầu nên: $\Delta U = \Delta U_1 + \Delta U_2 = 0$ (3)

- Từ (1), (2) và (3) ta có: $Q_1 - \frac{m}{\mu} R\Delta T - Q_2 = 0$

$\Rightarrow m = \frac{\mu(Q_1 - Q_2)}{R.\Delta T} = \frac{28(10-8)}{8,31.14} = 0,48g$

Vậy: khối lượng khí $m = 0,48g$.

12.38. Hình bên cho biết đồ thị (V,T) của hai chu trình biến đổi của khí lí tưởng. Ở chu trình nào công thực hiện lớn hơn? Nhiệt lượng thu vào (hay tỏa ra) lớn hơn?

Bài giải

- Chu trình 1-2-3-1 gồm có:

+ Quá trình (1-2): Đẳng áp: V tăng, T tăng.

+ Quá trình (2-3): Đẳng tích: T giảm, p giảm

+ Quá trình (3-1): Đẳng nhiệt: V giảm, p tăng

- Chu trình 1-3-4-1 gồm có:

+ Quá trình (1-3): Đẳng nhiệt: V tăng, p giảm.

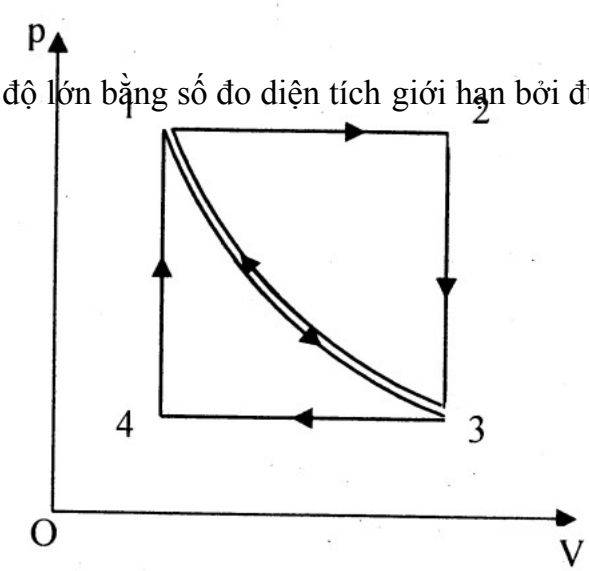
+ Quá trình (3-4): Đẳng áp: V giảm, T giảm.

+ Quá trình (4-1): Đẳng tích: T tăng, p tăng.

- Chuyển sang hệ tọa độ (p,V) như hình vẽ:

+ Trong cả hai chu trình đều có quá trình dãn nở nằm phía trên (có áp suất lớn hơn) quá trình nén nên cả hai chu trình đều sinh công.

+ Công A' do khí sinh ra trong mỗi chu trình có độ lớn bằng số đo diện tích giới hạn bởi đường biểu diễn chu trình trên hệ (p,V)



Từ hình vẽ suy ra: $A'_{1231} > A'_{1341}$

Với chu trình thì: $\Delta U = 0$

- Theo nguyên lí I của nhiệt động lực học:

$\Delta U = Q + A = Q - A' = 0$

$\Rightarrow Q = A' > 0$

Suy ra, trong mỗi chu trình, khí nhận nhiệt để sinh công. Ta có, công do khí nhận được trong mỗi chu trình là:

$Q_{1231} = A'_{1231}; Q_{1341} = A'_{1341}$

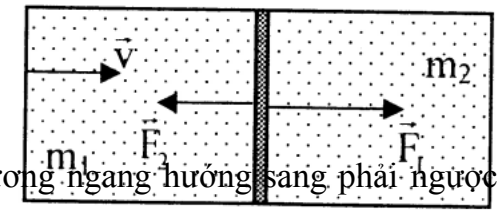
Vậy: $A_{1231} > A_{1341}$

12.39. Một xilanh cách nhiệt kín hai đầu có khối lượng m_1. Xilanh được ngăn đôi bởi một pittông có thể trượt dọc theo thành xilanh. Pittông có khối lượng m_2. Ở mỗi phần của xilanh chứa cùng 1mol khí lí tưởng có nội năng $U = cT$ (c là hằng số) và có thể trao đổi nhiệt cho nhau. Ta va chạm rất nhanh để truyền cho xilanh vận tốc v dọc theo trục của xilanh. Tìm độ tăng nhiệt độ của khí sau khi pittông ngừng dao động. Bỏ qua ma sát giữa pittông với xilanh và giữa xilanh với sàn. Cho rằng pittông không thu nhiệt (nhiệt dung nhỏ).

Bài giải

Giả sử ban đầu truyền cho xilanh vận tốc v hướng sang phải như hình vẽ. Xét trong hệ quy chiếu gắn với xilanh.

- Ban đầu, pittông chuyển động sang trái, nén khí bên trái và dãn khí bên phải. Suy ra áp lực F_1 do khí bên trái tác dụng lên pittông lớn hơn áp lực F_2 do khí bên phải tác dụng lên pittông. Do đó, hợp lực tác dụng lên pittông theo phương ngang hướng sang phải ngược chiều chuyển động của pittông, làm pittông chuyển động chậm dần rồi dừng lại.



- Sau đó, pittông đổi hướng chuyển động nhanh dần sang phải (so với xilanh). Khi pittông về đến vị trí cân bằng ban đầu thì hợp lực tác dụng lên pittông theo phương ngang bằng 0, nhưng do quán tính, pittông tiếp tục chuyển động sang phải làm khí bên phải bị nén và khí bên trái bị dãn (so với ban đầu). Suy ra hợp lực tác dụng lên pittông theo phương ngang hướng hướng sang trái ngược chiều chuyển động của pittông, do đó pittông chuyển động chậm dần rồi dừng lại. Tiếp theo, pittông đổi hướng chuyển động nhanh dần sang phải… Kết quả là pittông dao động trong xilanh quanh vị trí cân bằng ban đầu.

- Trong quá trình dao động, động năng của pittông chuyển dần thành nội năng của khí ở hai bên xilanh. Kết quả là động năng của pittông giảm dần đến 0, khi đó pittông ngừng dao động trong xilanh.

- Khi pittông ngừng dao động thì cả xilanh, pittông và hai khối khí ở hai bên xilanh chuyển động cùng vận tốc v' (trong hệ quy chiếu mặt đất).

- Xét trạng thái đầu và trạng thái ứng với pittông ngừng dao động của hệ (xilanh + pittông + 2 khối khí). Gọi m_0 là tổng khối lượng của hai khối khí ở hai bên pittông.

- Theo định luật bảo toàn động lượng: $m_1 v = (m_1 + m_2 + m_0)v'$

$$\Rightarrow v' = \frac{m_1 v}{m_1 + m_2 + m_0}$$

- Theo định lí động năng, công do khí thực hiện: $A' = \Delta W_{đ} = W_{đ} - W_{0đ}$ với: $W_{đ} = \frac{1}{2}(m_1 + m_2 + m_0)v'^2$

$$\Rightarrow W_{đ} = \frac{1}{2}(m_1 + m_2 + m_0).\left(\frac{m_1 v}{m_1 + m_2 + m_0}\right)^2 = \frac{m_1^2 v^2}{2(m_1 + m_2 + m_0)} \text{ và } W_{0đ} = \frac{1}{2}m_1 v_1^2$$

$$\Rightarrow A' = \Delta W_{đ} = \frac{m_1^2 v^2}{2(m_1 + m_2 + m_0)} - \frac{1}{2}m_1 v_1^2 = -\frac{m_1 v^2 (m_2 + m_0)}{2(m_1 + m_2 + m_0)} \quad (1)$$

- Độ biến thiên nội năng của hai khối khí: $\Delta U = 2c.\Delta T \quad (2)$

- Áp dụng nguyên lí I của nhiệt động lực học: $\Delta U = Q + A = Q - A'$

Vì xilanh cách nhiệt nên $Q = 0 \Rightarrow \Delta U = -A' \quad (3)$

- Từ (1),(2) và (3) ta có: $2c.\Delta T = \frac{m_1 v^2 (m_2 + m_0)}{2(m_1 + m_2 + m_0)}$

$$\Rightarrow \Delta T = \frac{m_1 v^2 (m_2 + m_0)}{4c(m_1 + m_2 + m_0)}$$

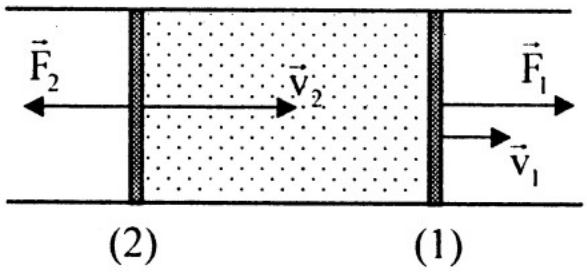
Vì $m_0 << m_1, m_2 \Rightarrow \Delta T = \frac{m_1 m_2 v^2}{4c(m_1 + m_2)}$

Vậy: Độ tăng nhiệt độ của khí sau khi pittông ngừng dao động là:

$$\Delta T = \frac{m_1 m_2 v^2}{4c(m_1 + m_2)}$$

12.40. Một mol khí lí tưởng đơn nguyên tử bị giam trong một ống hình trụ đặt nằm ngang và ngăn cách với bên ngoài

bằng hai pittông. Mỗi pittông có khối lượng m và có thể trượt không ma sát dọc theo xilanh. Truyền cho pittông các vận tốc ban đầu v và 3v theo cùng một chiều. Nhiệt độ ban đầu của khí T_0. Coi xilanh là rất dài. Tìm nhiệt độ cực đại mà khí đạt được. Cho rằng xilanh và pittông cách nhiệt



Bài giải

Giả sử truyền cho pittông (1) vận tốc đầu $v_1 = v$ và pittông (2) vận tốc đầu $v_2 = 3v$ (hình vẽ)

Gọi $\vec{F}_1$ và $\vec{F}_2$ lần lượt là lực do khí trong xilanh tác dụng vào hai pittông. Lực $\vec{F}_1$ cùng hướng với $\vec{v}_1$ nên pittông (1) chuyển động nhanh dần sang phải; lực $\vec{F}_2$ ngược hướng với $\vec{v}_2$ nên pittông (2) chuyển động chậm dần sang phải.

- Trong quá trình hai pittông chuyển động thì khối khí bị nhốt trong xilanh cũng chuyển động. Gọi khối lượng của khối khí này là m_0.

- Vận tốc của pittông (2) đối với pittông (1) là:

$$\vec{v}_{21} = \vec{v}_{2®} + \vec{v}_{®1} = \vec{v}_2 - \vec{v}_1 = 2\vec{v}$$

- Tại thời điểm ban đầu $(t = 0)$, vectơ $\vec{v}_{21}$ hướng sang phải và có độ lớn bằng 2v. Nhưng vì pittông (1) chuyển động nhanh dần sang phải và nên pittông (2) chuyển động chậm dần sang phải nên độ lớn của $\vec{v}_{21}$ giảm dần đến 0, sau đó $\vec{v}_{21}$ đổi chiều ngược lại.

Như vậy, ban đầu pittông (2) dịch chuyển lại gần pittông (1) nên khí trong xilanh bị nén, nhiệt độ khí tăng lên. Sau khi $v_{21} = 0$ thì pittông (2) lại chuyển động ra xa dần pittông (1) nên khí trong xilanh bị dãn, nhiệt độ khí giảm dần. Suy ra, nhiệt độ khí trong xilanh đạt cực đại bằng T_{max} khi vận tốc $v_{21} = 0$, khi đó hai xilanh và khối khí chuyển động cùng vận tốc v' sang phải.

Xét trạng thái đầu và trạng thái ứng với nhiệt độ khí trong xilanh đạt cực đại của hệ (hai pittông + khối khí).

- Theo định luật bảo toàn động lượng, ta có:

$$m.3v + mv = (2m + m_0)v' \Rightarrow v' = \frac{4mv}{2m + m_0}$$

- Theo định lí động năng, công do khí thực hiện là:

$A' = \Delta W_{đ} = W_{đ} - W_{0đ}$

với : $W_{đ} = \frac{1}{2}(2m + m_0)v'^2 = \frac{1}{2}(2m + m_0).\left(\frac{4mv}{2m + m_0}\right)^2 = \frac{8m^2v^2}{2m + m_0}$

$W_{0đ} = \frac{1}{2}mv_1^2 + \frac{1}{2}mv_2^2 = \frac{1}{2}mv^2 + \frac{1}{2}m(3v)^2 = 5mv^2$

$\Rightarrow A' = \Delta W_{đ} = \frac{8m^2v^2}{2m + m_0} - 5mv^2 = -\frac{mv^2(2m + 5m_0)}{2m + m_0}$ (1)

- Độ biến thiên nội năng của khí: $\Delta U = \frac{3}{2}R(T_{max} - T_0)$ (2)

- Áp dụng nguyên lí I của nhiệt động lực học: $\Delta U = Q + A = Q - A'$

Vì xilanh và pittông cách nhiệt nên $Q = 0 \Rightarrow \Delta U = -A'$ (3)

- Từ (1),(2) và (3) ta có: $\frac{3}{2}R(T_{max} - T_0) = \frac{mv^2(2m + 5m_0)}{2m + m_0}$

$\Rightarrow T_{max} = T_0 + \frac{2}{3R}.\frac{mv^2(2m + 5m_0)}{2m + m_0}$

Vì $m >> m_0 \Rightarrow T_{max} = T_0 + \frac{2}{3R}mv^2$

Vậy: Nhiệt độ cực đại mà khí đạt được là $T_{max} = T_0 + \frac{2}{3R}mv^2$

12.41. Để đốt nóng 1kg một chất khí chưa biết, ở áp suất không đổi, tăng thêm 1K thì cần 912J; còn để đốt nóng khối khí đó ở thể tích không đổi tăng thêm 1K thì cần 649J. Đó là chất khí gì?

Bài giải

- Theo nguyên lí I của Nhiệt động lực học: $\Delta U = Q + A = Q - A'$

$\Rightarrow Q = \Delta U + A'$

- Khi đốt nóng đẳng áp: $Q_1 = \Delta U_1 + A_1'$ (1)

- Công do khí thực hiện: $A_1' = p(V_2 - V_1) = pV_2 - pV_1 = \frac{m}{\mu}RT_2 - \frac{m}{\mu}RT_1$

$\Rightarrow A_1' = \frac{m}{\mu}R.\Delta T$ (2)

- Độ biến thiên nội năng của khí : $\Delta U_1 = \frac{m}{\mu}.\frac{i}{2}R\Delta T$ (3)

- Thay (2) và (3) vào (1) ta được:

$Q_1 = \frac{m}{\mu}.\frac{i}{2}R\Delta T + \frac{m}{\mu}R.\Delta T = \frac{m}{\mu}\left(\frac{i}{2}+1\right)R.\Delta T$

$\Rightarrow \left(\frac{i}{2}+1\right) = \frac{\mu Q_1}{R.\Delta T} = \frac{\mu Q_1}{R}$ (4)

- Khi đốt nóng đẳng tích: $Q_2 = \Delta U_2 + A_2'$ (5)

- Công do khí thực hiện: $A_2' = 0$ (6)

- Độ biến thiên nội năng của khí: $\Delta U_2 = \frac{m}{\mu}.\frac{i}{2}R\Delta T'$ (7)

- Thay (6) và (7) vào (5) ta có: $Q_2 = \frac{m}{\mu}.\frac{i}{2}R\Delta T'$

$\Rightarrow \frac{i}{2} = \frac{\mu Q_2}{R.\Delta T'} = \frac{\mu Q_2}{R}$ (8)

- Từ (4) và (8) ta được: $1 = \frac{\mu(Q_1 - Q_2)}{R} \Rightarrow \mu = \frac{R}{Q_1 - Q_2}$

$\Rightarrow \mu = \frac{8,31}{912 - 649} = 0,032kg = 32g$

Vậy: Chất khí đó là ôxi.

12.42. Một bình cách nhiệt, bên trong là chân không. Môi trường xung quanh là chất khí đơn nguyên tử ở nhiệt độ T_0. Tại một thời điểm nào đó, người ta mở nắp cho khí vào đầy bình. Hỏi sau khi chiếm đầy bình, khí có nhiệt độ T là bao nhiêu?

Bài giải

Gọi:

+ p_0 là áp suất khí xung quanh bình; V là thể tích của bình.

+ n là số mol khí trong bình sau khi khí vào đầy bình.

+ V_0 là thể tích của n mol khí ở ngoài bình.

Ta có: Áp suất khí trong bình sau khi khí vào đầy bình vẫn là p_0.

Xét n mol khí ở hai trạng thái: ở ngoài bình và ở trong bình.

- Phương trình trạng thái cho n mol khí ở ngoài bình: $p_0V_0 = nRT_0$.

- Độ biến thiên nội năng của n mol khí: $\Delta U = \frac{3}{2}nR(T - T_0)$ (1)

- Công do khí nhận được: $A = p_0(V_0 - 0) = p_0V_0 = nRT_0$ (2)

- Theo nguyên lí I của Nhiệt động lực học: $\Delta U = Q + A$

- Vì bình cách nhiệt nên $Q = 0 \Rightarrow \Delta U = A$ (3)

- Thay (1) và (2) vào (3) ta được: $\frac{3}{2}nR(T - T_0) = nRT_0 \Rightarrow T = \frac{5}{3}T_0$

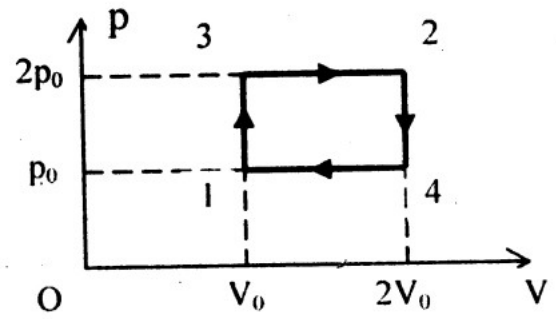
Vậy: Sau khi chiếm đầy bình, khí có nhiệt độ là $T = \frac{5}{3}T_0$

12.43. Một khí lí tưởng đơn nguyên tử chuyển từ trạng thái (1) sang trạng thái (2) bằng hai cách:

* (1) → (3) → (2)

* (1) → (4) → (2)

Hãy tìm tỉ số các nhiệt lượng cần truyền cho khí trong hai quá trình đó.



Bài giải

- Theo nguyên lí I của nhiệt động lực học, ta có: $\Delta U = Q + A = Q - A'$

$\Rightarrow Q = \Delta U + A'$

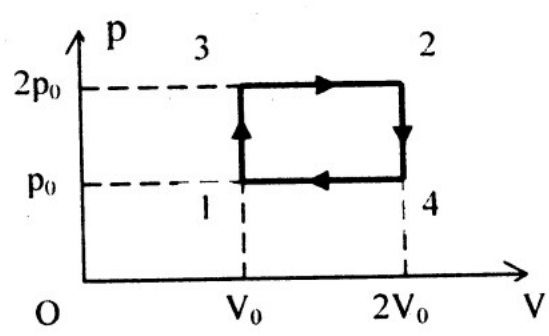
* Quá trình $1 \to 3 \to 2$ (hình vẽ)

+ Độ biến thiên nội năng của khí: $\Delta U_{132} = \frac{3}{2}.\frac{m}{\mu}R(T_2 - T_0)$

với T_0 là nhiệt độ của khí ở trạng thái (1); T_2 là nhiệt độ của khí ở trạng thái (2).

+ Quá trình $1 \to 3$: Đẳng tích: $\frac{p_1}{T_1} = \frac{p_3}{T_3}$

$\Rightarrow T_3 = T_1\frac{p_3}{p_1} = 2T_1 = 2T_0$



+ Quá trình $3 \to 2$: Đẳng áp: $\frac{V_3}{T_3} = \frac{V_2}{T_2}$

$\Rightarrow T_2 = T_3\frac{V_2}{V_3} = 2T_3 = 4T_0$

$\Rightarrow \Delta U_{132} = \frac{9}{2}.\frac{m}{\mu}RT_0$ (1)

+ Công do khí thực hiện: $A'_{132} = A'_{13} + A'_{32}$

với: $A'_{13} = 0$ (đẳng tích); $A'_{32} = 2p_0(2V_0 - V_0) = 2p_0V_0$ (đẳng áp).

$\Rightarrow A'_{132} = 2p_0V_0 = 2\frac{m}{\mu}RT_0$ (2)

+ Nhiệt lượng truyền cho khí: $Q_{132} = \Delta U_{132} + A'_{132}$ (3)

+ Thay (1) và (2) vào (3) ta được:

$Q_{132} = \frac{9}{2}.\frac{m}{\mu}RT_0 + 2\frac{m}{\mu}RT_0 = \frac{13}{2}.\frac{m}{\mu}RT_0$ (4)

* Quá trình $1 \to 4 \to 2$

+ Độ biến thiên nội năng của khí : $\Delta U_{142} = \Delta U_{132} = \frac{9}{2}.\frac{m}{\mu}RT_0$ (5)

+ Công do khí thực hiện: $A'_{142} = A'_{14} + A'_{42}$

với: $A'_{14} = p_0(2V_0 - V_0) = p_0V_0$ (đẳng áp); $A'_{42} = 0$ (đẳng tích).

$\Rightarrow A'_{142} = p_0V_0 = \frac{m}{\mu}RT_0$ (6)

+ Nhiệt lượng truyền cho khí: $Q_{142} = \Delta U_{142} + A'_{142}$ (7)

+ Thay (5) và (6) vào (7) ta được:

$Q_{142} = \frac{9}{2}.\frac{m}{\mu}RT_0 + \frac{m}{\mu}RT_0 = \frac{11}{2}.\frac{m}{\mu}RT_0$ (8)

+ Từ (4) và (8) suy ra: $\frac{Q_{132}}{Q_{142}} = \frac{13}{11}$.

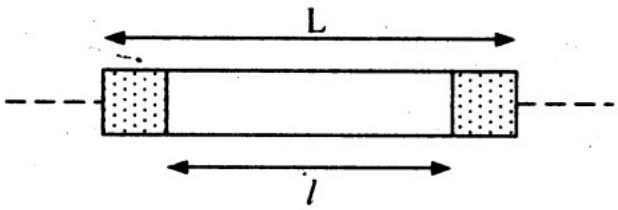
Vậy: Tỉ số các nhiệt lượng cần truyền cho khí trong hai quá trình đó là $\frac{Q_{132}}{Q_{142}} = \frac{13}{11}$.

12.44. Một ống hình trụ hai đầu kín có chiều dài $L = 50cm$, tiết diện $A = 80cm^2$, bên trong có một khối vật trượt dọc theo thành ống (hình vẽ). Khối vật hình trụ cách nhiệt, có chiều dài $l = 40cm$ và khối lượng riêng $\rho = 1,61.10^3 (kg/m^3)$. Hai đầu còn lại của thành ống chứa khí nitơ được xem là chất khí lí tưởng lưỡng nguyên tử.

- Khi ống được đặt vị trí nằm ngang thì thể tích hai khối khí là như nhau.
- Khi ống được đặt thẳng đứng thì khối vật đi xuống một đoạn $\Delta l = 25mm$

a) Xác định áp suất chất khí nằm ngang.

b) Ống được đặt nằm ngang, sau đó cho ống chuyển động đột ngột theo phương ngang, do quán tính khối trụ



dịch chuyển một đoạn $s = 25mm$ dọc

theo thành ống.

- Xác định công để thực hiện chuyển động này.

- Tính gia tốc của ống.

(*Trích đề thi Olimpic Italia -1997*)

Bài giải

a) Áp suất chất khí nằm ngang

Gọi p_0, V_0 là áp suất và thể tích mỗi cột khí khi ống nằm ngang; p_1, V_1, p_2, V_2 là áp suất và thể tích cột khí phía dưới và phía trên khi ống đặt thẳng đứng.

- Chiều dài mỗi cột khí khi ống nằm ngang: $l_0 = \frac{L-1}{2} = \frac{50-40}{2} = 5cm$

- Áp dụng định luật Bôilơ-Mariôt cho mỗi cột khí và phương cân bằng cho khối vật:

$$p_1 S(l_0 - \Delta l) = p_0 S l_0$$

$$p_1 S(l_0 + \Delta l) = p_0 S l_0$$

$$p_1 S = p_2 S + \rho g l S$$

- Từ các phương trình trên, ta được: $p_0 = \frac{\rho g l}{2}\left(\frac{l_0}{\Delta l} - \frac{\Delta l}{l_0}\right)$

$$\Leftrightarrow p_0 = \frac{1,6.10^3.10.40}{2}\left(\frac{5}{2,5} - \frac{2,5}{5}\right) = 4,71.10^3 Pa$$

Vậy: Áp suất chất khí khi ống nằm ngang là $p_0 = 4,71.10^3 Pa$

b) Khi ống chuyển động đột ngột theo phương ngang

- Theo nguyên lí I của nhiệt động lực học, ta có: $Q = A + \Delta U$

- Vì $Q = 0$

$$\Rightarrow A = \Delta U = \Delta U_1 + \Delta U_2 = \frac{p_0 V_0}{\gamma - 1}\left[\left(\frac{V_0}{V_1}\right)^{\gamma-1} - 1\right] + \frac{p_0 V_0}{\gamma - 1}\left[\left(\frac{V_0}{V_2}\right)^{\gamma-1} - 1\right]$$

Với: $\frac{V_0}{V_1} = 2; \frac{V_0}{V_2} = \frac{2}{3}; p_0 V_0 = p_0 A l_0 = 4,71.10^3.8.10^{-3}.5.10^{-2} = 1,88J; \gamma = 1,4$

nên: $A = \frac{1,88}{1,4-1}\left[2^{1,4-1} - 1\right] + \frac{1,88}{1,4-1}\left[\left(\frac{2}{3}\right)^{1,4-1} - 1\right] = 0,8J$

- Vì $\frac{p_1}{p_0} = \left(\frac{V_0}{V_1}\right)^{\gamma} = 2^{\gamma} \Rightarrow p_1 = p_0.2^{\gamma} = 4,71.10^3.2^{1,4} = 12,43.10^3\,Pa$

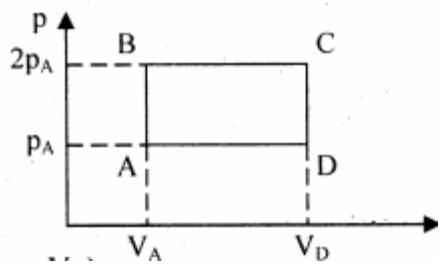
Và $\frac{p_2}{p_0} = \left(\frac{V_0}{V_2}\right)^{\gamma} = \left(\frac{2}{3}\right)^{\gamma} \Rightarrow p_2 = p_0.\left(\frac{2}{3}\right)^{\gamma} = 4,71.10^3.\left(\frac{2}{3}\right)^{1,4} = 2,67.10^3\,Pa$

- Gia tốc của ống: $a = \frac{F}{m} = \frac{(p_1 - p_2)A}{\rho Al} = \frac{(2,67.10^3 - 2,67.10^3).0,8}{1,6.10^3.0,8.0,4} = 15,2\left(m/s^2\right)$

Vậy : + Công để thực hiện chuyển động này là $A = 0,8J$.

+ Gia tốc chuyển động của ống là $a = 15,2\left(m/s^2\right)$.

12.45. Một mol khí lí tưởng đơn nguyên tử hoạt động theo chu trình sau (hình vẽ). Xác định tỉ số $k = \frac{V_D}{V_A}$ khi hiệu suất của chu trình là 15%.



Bài giải

- Công mà khối khí thực hiện: $A = (p_B - p_A)(V_D - V_A)$

$\Leftrightarrow A = (2p_A - p_A)(kV_A - V_A) = p_A V_A (k - 1) = RT_A (k - 1)$

- Nhiệt lượng thu vào: $Q = Q_1 + Q_2 = C_v (T_B - T_A) + C_p (T_C - T_B)$

Với: $T_B = 2T_A$ (AB: đẳng tích); $T_C = kT_B = 2kT_A$ (BC: đẳng áp); $T_D = kT_A$ (DA : đẳng áp).

$\Rightarrow Q = C_v T_A + C_p 2T_A (k - 1)$, ($n = 1$: số mol khí)

- Hiệu suất của chu trình:

$$H = \frac{A}{Q} = \frac{RT_A (k - 1)}{C_v T_A + C_p 2T_A (k - 1)} = \frac{R(k - 1)}{1,5R + 2,5R.2(k - 1)}$$

$$\Leftrightarrow H = \frac{2k - 2}{10k - 7} \Rightarrow k = 1 + \frac{3H}{2 - 10H} = 1 + \frac{3.0,15}{2 - 10.0,15} = 1,9$$

Vậy: Tỉ số $k = \frac{V_D}{V_A} = 1,9$.

12.46. Trong pha đầu tiên của chu trình Ôt-tô, người ta cho hỗn hợp xăng và không khí vào trong xilanh. Khi đó các thông số của hỗn hợp như sau: thể tích $V = 1l$, áp suất $p_0 = 1bar$, nhiệt độ 323K. Trong toàn bộ các quá trình thì tỉ số $\gamma = \frac{C_p}{C_v} = 1,3$.

a) Trong giai đoạn nén, người ta nén đoạn nhiệt khối khí còn $\frac{1}{8}$ thể tích ban đầu. Tính nhiệt độ hỗn hợp khối khí vào cuối quá trình này.

b) Sau đó đến giai đoạn cháy nổ. Vì quá trình xảy ra rất nhanh ta có thể xem thể tích dường như không thay đổi. Trong quá trình này số phân tử tăng lên 10% và nhiệt độ đạt đến 1500K. Tính áp suất của khối khí vào cuối giai đoạn này.

c) Sau giai đoạn cháy, khối khí dãn nở đoạn nhiệt đến thể tích ban đầu. Cuối cùng, đến giai đoạn thoát khí. Tính công thực hiện được trong cả quá trình.

d) Giả sử pittông nhận được 400J mỗi chu trình. Một xe có động cơ bốn kì hoạt động theo nguyên tắc và các thông số đã tính toán ở trên. Giả sử vận tốc của xe là 100km/h, pittông quay 3500 vòng/ phút, hiệu suất 33%. Tính lượng xăng tiêu thụ trên đoạn đường 100km.

(*Trích đề thi Olimpic Thụy Sĩ-1996*)

Bài giải

a) Nhiệt độ hỗn hợp khối khí vào cuối quá trình nén

Quá trình 1-2 (nén đoạn nhiệt) nên: $\frac{T_1}{T_0} = \left(\frac{V_0}{V_1}\right)^{\gamma - 1}$

$$\Rightarrow T_1 = \left(\frac{V_0}{V_1}\right)^{\gamma - 1} T_0 = (8)^{1,3-1} 323 = 603K$$

Vậy: Nhiệt độ hỗn hợp khối khí vào cuối quá trình nén là $T_1 = 603K$.

b) Áp suất của khối khí vào cuối giai đoạn cháy nổ

Quá trình 2-3 (cháy): Áp dụng phương trình trạng thái của khí lí tưởng cho quá trình này, ta được:

$$\frac{p_1V_1}{T_1} = \frac{p_0V_0}{T_0} \Rightarrow p_1 = p_0\frac{V_0}{V_1}.\frac{T_1}{T_0} = 1.8.\frac{603}{323} = 14,9bar$$

Vậy: Áp suất của khối khí vào cuối giai đoạn cháy nổ là $p_1 = 14,9bar$.

c) Công thực hiện được trong cả quá trình dãn đoạn nhiệt

Ta có: $A = A_0 + A_1 = \frac{p_0V_0}{\gamma - 1}\left[1 - \left(\frac{V_0}{V_1}\right)^{\gamma - 1}\right] + \frac{p_1V_1}{\gamma -}\left[1 - \left(\frac{V_1}{V_0}\right)^{\gamma - 1}\right]$

$$\Leftrightarrow A = \frac{1,013.10^5.10^{-3}}{1,3-1}\left[1-8^{1,3-1}\right] + \frac{14,9.1,013.10^5.\frac{10^{-3}}{8}}{1,3-1}\left[1-\left(\frac{1}{8}\right)^{1,3-1}\right]$$

$$\Leftrightarrow A = -289 + 791 = 502J$$

Vậy: Công thực hiện được trong cả quá trình dãn đoạn nhiệt là $A = 502J$

d) Lượng xăng tiêu thụ trên đoạn đường 100km

- Với động cơ bốn kì, mỗi chu trình tương ứng với 2 vòng quay của động cơ.

Trong một giờ, động cơ thực hiện được một công:

$$A' = 4.60.\frac{3500}{2}.502 = 2,11.10^8 J$$

- Lượng xăng tiêu thụ trong 100km đường đi (H: hiệu suất, q: năng suất tỏa nhiệt của nhiên liệu):

$$M = \frac{A'}{Hq} = \frac{2,11.10^8}{0,33.4,3.10^7} = 14,9kg$$

Vậy: Lượng xăng cần dùng là $M = 14,3kg$

3.NGUYÊN LÍ II CỦA NHIỆT ĐỘNG LỰC HỌC- ĐỘNG CƠ NHIỆT

12.47. Động cơ nhiệt lí tưởng làm việc giữa hai nguồn nhiệt $27^\circ C$ và $127^\circ C$. Nhiệt lượng tác nhân nhận của nguồn nóng trong một chu trình là 2400J. Tính:

a) Hiệu suất của động cơ.

b) Công thực hiện trong một chu trình.

c) Nhiệt lượng truyền cho nguồn lạnh trong một chu trình.

Bài giải

a) Hiệu suất của động cơ: $H = \frac{T_1 - T_2}{T_1} = \frac{400-300}{400} = 0,25 = 25\%$

b) Công thực hiện trong một chu trình

Ta có: $H = \frac{A'}{Q_1} \Rightarrow A' = HQ_1 = 0,25.2400 = 600J$

Vậy: Công thực hiện trong một chu trình là 600J.

c) Nhiệt lượng truyền cho nguồn lạnh trong một chu trình

$Q_2 = Q_1 - A' = 2400 - 600 = 1800J$

Vậy: Nhiệt lượng truyền cho nguồn lạnh trong một chu trình là $Q_2 = 1800J$

12.48. Động cơ nhiệt lí tưởng mỗi chu trình truyền 80% nhiệt lượng nhận được cho nguồn lạnh. Biết nhiệt độ nguồn lạnh là $30^\circ C$. Tìm nhiệt độ nguồn nóng.

Bài giải

- Hiệu suất của động cơ: $H = \frac{Q_1 - Q_2'}{Q_1} = \frac{T_1 - T_2}{T_1}$

$\Rightarrow \frac{Q_2'}{Q_1} = \frac{T_2}{T_1} \Rightarrow T_1 = T_2 \frac{Q_1}{Q_2'}$ (1)

- Mặt khác, ta có: $Q_2' = 0,8Q_1$ (2)

- Từ (1) và (2) suy ra: $T_1 = \frac{T_2}{0,8} = \frac{30 + 273}{0,8} = 378,75K$

hay $t_2 = 378,75 - 273 = 105,75^\circ C$

Vậy: Nhiệt độ của nguồn nóng là $105,75^\circ C$

12.49. Máy hơi nước công suất 10kW tiêu thụ 10kg than đá trong 1h. Biết hơi nước vào và ra xilanh có nhiệt độ $227^\circ C$ và $100^\circ C$. Năng suất tỏa nhiệt của than đá là $3,6.10^7 (J/kg)$.Tính hiệu suất thực của máy và của một động cơ nhiệt lí tưởng làm việc giữa hai nhiệt độ nói trên.

Bài giải

- Hiệu suất thực của máy: $H = \frac{A'}{Q_1} = \frac{P't}{mL} = \frac{10.10^3.3600}{10.3,6.10^7} = 0,1 = 10\%$

- Hiệu của động cơ nhiệt lí tưởng: $H_m = \frac{T_1 - T_2}{T_1} = \frac{500 - 373}{500} = 0,254 = 25,4\%$

Vậy: Hiệu suất thực của máy và của một động cơ nhiệt lí tưởng làm việc giữa hai nhiệt độ nói trên là $H = 10\%$ và $H_m = 25,4\%$.

12.50. Trong xilanh có tiết diện $200cm^2$, pittông cách đáy 30cm, có khí ở $27^\circ C$ và $10^6 (N/m^2)$.Khi nhận nhiệt lượng do 5g xăng bị cháy cung cấp, khi dãn nở đẳng áp, nhiệt độ tăng thêm $150^\circ C$.

a) Tính công do khí thực hiện.

b) Tính hiệu suất của quá trình.

Biết khi cháy, 10% nhiệt lượng của xăng cung cấp cho khí. Năng suất tỏa nhiệt của xăng là $q = 4,8.10^7 (J/kg)$

Bài giải

a) Công do khí thực hiện

- Theo định luật Gay-luýtxắc: $\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}$

$\Rightarrow V_2 = V_1\frac{T_2}{T_1} = Sh_1\frac{T_2}{T_1} = 200.30.\frac{450}{300} = 9000cm^3$

- Công do khí thực hiện: $A' = p(V_2 - V_1) = 10^6.(9000 - 6000).10^{-6} = 3000J$

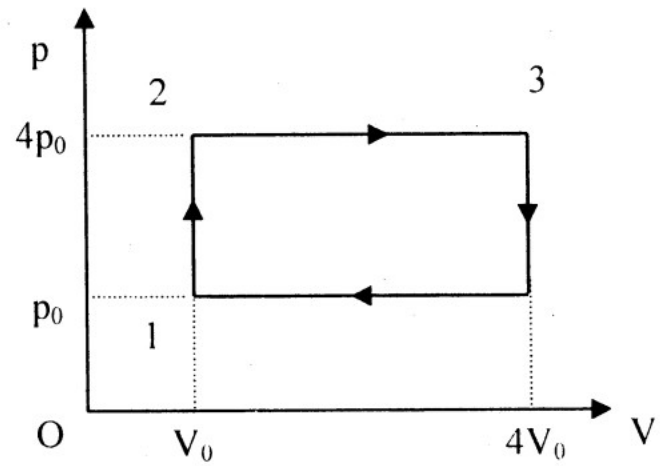
Vậy: Công do khí thực hiện là $A' = 3000J$

b) Hiệu suất của quá trình

$H = \frac{A'}{Q_1} = \frac{A'}{0,1mq} = \frac{3000}{0,1.5.10^{-3}.4,8.10^7} = 0,125 = 12,5\%$

Vậy: Hiệu suất của quá trình là $H = 12,5\%$

12.51. Hình bên là chu trình hoạt động của một động cơ nhiệt có tác nhân là một khối khí lí tưởng đơn nguyên tử. Tính hiệu suất của động cơ .



Bài giải

* Quá trình $1 \to 2$ (đẳng tích):

+ Công do khí thực hiện:

$A'_{12} = 0$

+ Nhiệt lượng khí nhận:

$Q_{12} = \Delta U_{12} = \frac{3}{2}.\frac{m}{\mu}R(T_2 - T_1)$

+ Theo định luật Sác-lơ: $\frac{p_1}{T_1} = \frac{p_2}{T_2} \Rightarrow T_2 = T_1\frac{p_2}{p_1} = 4T_1$

$\Rightarrow Q_{12} = \frac{3}{2}.\frac{m}{\mu}R(4T_1 - T_1) = \frac{9}{2}.\frac{m}{\mu}RT_1$

Vì $Q_{12} > 0$ nên khí nhận nhiệt bằng Q_{12}.

* Quá trình $2 \to 3$ (đẳng áp):

+ Công do khí thực hiện:

$A'_{23} = p_2(V_3 - V_2) = 4p_0(4V_0 - V_0) = 12p_0V_0 = 12\frac{m}{\mu}RT_1$

+ Độ biến thiên nội năng của khí: $\Delta U_{23} = \frac{3}{2}.\frac{m}{\mu}R(T_3 - T_2)$

+ Theo định luật Gay-Luytxắc: $\frac{V_2}{T_2}=\frac{V_3}{T_3}\Rightarrow T_3=T_2\frac{V_3}{V_2}=4T_2=16T_1$

$\Rightarrow \Delta U_{23}=\frac{3}{2}.\frac{m}{\mu}R(16T_1-4T_1)=18\frac{m}{\mu}RT_1$

+ Nhiệt lượng khí nhận được:

$Q_{23}=\Delta U_{23}+A'_{23}=18\frac{m}{\mu}RT_1+12\frac{m}{\mu}RT_1=30\frac{m}{\mu}RT_1$

Vì $Q_{23}>0$ nên khí nhận nhiệt bằng Q_{23}.

* Quá trình $3\rightarrow 4$ (đẳng tích):

+ Công do khí thực hiện: $A'_{34}=0$

+ Nhiệt lượng khí nhận được: $Q_{34}=\Delta U_{34}=\frac{3}{2}.\frac{m}{\mu}R(T_4-T_3)$

+ Theo định luật Sac-lơ: $\frac{p_3}{T_3}=\frac{p_4}{T_4}\Rightarrow T_4=T_3\frac{p_4}{p_3}=4T_1$

$\Rightarrow Q_{34}=\frac{3}{2}.\frac{m}{\mu}R(4T_1-16T_4)=-18\frac{m}{\mu}RT_1$

Vì $Q_{34}<0$ nên khí tỏa nhiệt bằng $|Q_{34}|$

* Quá trình $4\rightarrow 1$(đẳng áp):

+ Công do khí thực hiện: $A'_{41}=p_1(V_1-V_4)=p_0(V_0-4V_0)=-3p_0V_0=-3\frac{m}{\mu}RT_1$

+ Độ biến thiên nội năng của khí: $\Delta U_{41}=\frac{3}{2}.\frac{m}{\mu}R(T_1-T_4)$

$\Rightarrow \Delta U_{41}=\frac{3}{2}.\frac{m}{\mu}R(T_1-4T_1)=-\frac{9}{2}.\frac{m}{\mu}RT_1$

+ Nhiệt lượng khí nhận được:

$Q_{41}=\Delta U_{41}+A'_{41}=-\frac{9}{2}.\frac{m}{\mu}RT_1-3\frac{m}{\mu}RT_1=-\frac{15}{2}.\frac{m}{\mu}RT_1$

Vì $Q_{41}<0$ nên khí tỏa nhiệt bằng $|Q_{41}|$

- Tổng nhiệt lượng khí nhận trong một chu trình:

$Q_1=Q_{12}+Q_{23}=\frac{9}{2}.\frac{m}{\mu}RT_1+30\frac{m}{\mu}RT_1=\frac{69}{2}.\frac{m}{\mu}RT_1$ (1)

- Tổng nhiệt lượng khí tỏa trong một chu trình:

$$Q_2 = |Q_{34}| + |Q_{41}| = 18\frac{m}{\mu}RT_1 + \frac{15}{2}.\frac{m}{\mu}RT_1 = \frac{51}{2}.\frac{m}{\mu}RT_1 \quad (2)$$

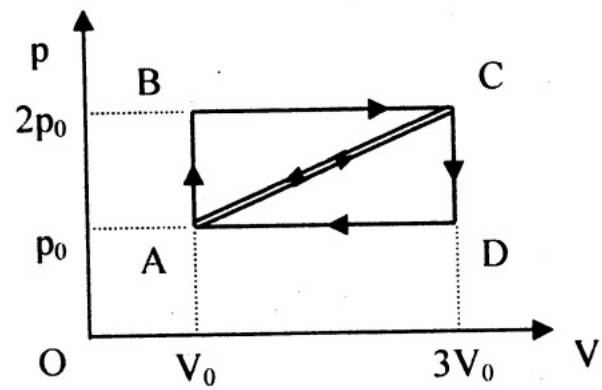
- Hiệu suất của động cơ: $H = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1} = \frac{\frac{69}{2} - \frac{51}{2}}{\frac{69}{2}} = 0,26 = 26\%$

Vậy: Hiệu suất của động cơ là $H = 26\%$.

12.52. Hình bên biểu diễn hai chu trình ABCA và ACDA cả hai chu trình đều thực hiện với một khối khí lí tưởng đơn nguyên tử.

a) Hỏi trong những đoạn nào của chu trình thì khí thu nhiệt, tỏa nhiệt?

b) Hiệu suất phản ứng của chu trình nào cao hơn và cao hơn bao nhiêu lần?



Bài giải

a) Trong những đoạn nào của chu trình thì khí thu nhiệt, tỏa nhiệt

* Quá trình $1 \to 2$ (đẳng tích):

+ Công do khí thực hiện: $A'_{12} = 0$

+ Nhiệt lượng khí nhận: $Q_{12} = \Delta U_{12} = \frac{3}{2}.\frac{m}{\mu}R(T_2 - T_1)$

+ Theo định luật Sac-lơ: $\frac{p_1}{T_1} = \frac{p_2}{T_2} \Rightarrow T_2 = T_1\frac{p_2}{p_1} = 2T_1$

$\Rightarrow Q_{12} = \frac{3}{2}.\frac{m}{\mu}R(2T_1 - T_1) = \frac{3}{2}.\frac{m}{\mu}RT_1$

Vì $Q_{12} > 0$ nên khí nhận nhiệt bằng $Q_{12} = \frac{3}{2}.\frac{m}{\mu}RT_1$

* Quá trình $2 \to 3$ (đẳng áp):

+ Công do khí thực hiện:

$A'_{23} = p_2(V_3 - V_2) = 2p_0(3V_0 - V_0) = 4p_0V_0 = 4\frac{m}{\mu}RT_1$

+ Độ biến thiên nội năng của khí: $\Delta U_{23} = \frac{3}{2}.\frac{m}{\mu}R(T_3 - T_2)$

+ Theo định luật Gay-Luytxắc : $\frac{V_2}{T_2} = \frac{V_3}{T_3} \Rightarrow T_3 = T_2\frac{V_3}{V_2} = 3T_2 = 6T_1$

$\Rightarrow \Delta U_{23} = \frac{3}{2}.\frac{m}{\mu}R(6T_1 - 2T_1) = 6\frac{m}{\mu}RT_1$

+ Nhiệt lượng khí nhận được:

$Q_{23} = \Delta U_{23} + A'_{23} = 6\frac{m}{\mu}RT_1 + 4\frac{m}{\mu}RT_1 = 10\frac{m}{\mu}RT_1$

Vì $Q_{23} > 0$ nên khí nhận nhiệt bằng $Q_{23} = 10\frac{m}{\mu}RT_1$

* Quá trình $3 \to 1$:

+ Công do khí thực hiện: $|A'_{31}|$ =số đo diện tích hình thang $(1 - 3 - 3V_0 - V_0)$

$\Rightarrow |A'_{31}| = \frac{1}{2}(p_0 + 2p_0)(3V_0 - V_0) = 3p_0V_0 = 3\frac{m}{\mu}RT_1$

Quá trình $3 \to 1$ là quá trình nén khí (V giảm) nên khí nhận công, tức là khí sinh công âm, suy ra:

$A'_{31} = -3\frac{m}{\mu}RT_1$

+ Độ biến thiên nội năng của khí:

$\Delta U_{31} = \frac{3}{2}.\frac{m}{\mu}R(T_1 - T_3) = \frac{3}{2}.\frac{m}{\mu}R(T_1 - 6T_1) = -\frac{15}{2}.\frac{m}{\mu}RT_1$

+ Nhiệt lượng khí nhận được:

$Q_{31} = \Delta U_{31} + A'_{31} = -\frac{15}{2}.\frac{m}{\mu}RT_1 + \left(-3\frac{m}{\mu}RT_1\right) = -\frac{21}{2}.\frac{m}{\mu}RT_1$

Vì $Q_{31} < 0$ nên khí tỏa ra nhiệt bằng $|Q_{31}| = \frac{21}{2}.\frac{m}{\mu}RT_1$

* Quá trình $1 \to 3$: Quá trình $1 \to 3$ ngược với quá trình $3 \to 1$ nên ta có:

+ Công do khí thực hiện: $|A'_{13}| = |A'_{31}| = 3\frac{m}{\mu}RT_1$

+ Quá trình $1 \to 3$ là quá trình dãn nở (V tăng) nên khí sinh công, tức là khí sinh công dương, suy ra:

$A'_{13} = 3\frac{m}{\mu}RT_1$

+ Độ biến thiên nội năng của khí:

$\Delta U_{13} = \frac{3}{2}.\frac{m}{\mu}R(T_3 - T_1) = \frac{3}{2}.\frac{m}{\mu}R(6T_1 - T_1) = \frac{15}{2}.\frac{m}{\mu}RT_1$

+ Nhiệt lượng khí nhận được:

$$Q_{13} = \Delta U_{13} + A'_{13} = \frac{15}{2}.\frac{m}{\mu}RT_1 + 3\frac{m}{\mu}RT_1 = \frac{21}{2}.\frac{m}{\mu}RT_1$$

Vì $Q_{13} > 0$ nên khí nhận nhiệt bằng $Q_{13} = \frac{21}{2}.\frac{m}{\mu}RT_1$

* Quá trình $3 \to 4$ (đẳng tích):

+ Công do khí thực hiện: $A'_{34} = 0$

+ Nhiệt lượng khí nhận: $Q_{34} = \Delta U_{34} = \frac{3}{2}.\frac{m}{\mu}R(T_4 - T_3)$

+ Theo định luật Sác-lơ: $\frac{p_3}{T_3} = \frac{p_4}{T_4} \Rightarrow T_4 = T_3\frac{p_4}{p_3} = 6T_1\frac{p_0}{2p_0} = 3T_1$

$$\Rightarrow Q_{34} = \frac{3}{2}.\frac{m}{\mu}R(3T_1 - 6T_1) = -\frac{9}{2}.\frac{m}{\mu}RT_1$$

Vì $Q_{34} < 0$ nên khí tỏa nhiệt bằng $|Q_{34}| = \frac{9}{2}.\frac{m}{\mu}RT_1$

* Quá trình $4 \to 1$ (đẳng áp):

+ Công do khí thực hiện:

$$A'_{41} = p_1(V_1 - V_4) = p_0(V_0 - 3V_0) = -2p_0V_0 = -2\frac{m}{\mu}RT_1$$

+ Độ biến thiên nội năng của khí: $\Delta U_{41} = \frac{3}{2}.\frac{m}{\mu}R(T_1 - T_4)$

$$\Rightarrow \Delta U_{41} = \frac{3}{2}.\frac{m}{\mu}R(T_1 - 3T_1) = -3\frac{m}{\mu}RT_1$$

+ Nhiệt lượng khí nhận được:

$$Q_{41} = \Delta U_{41} + A'_{41} = -3\frac{m}{\mu}RT_1 - 2\frac{m}{\mu}RT_1 = -5\frac{m}{\mu}RT_1$$

Vì $Q_{41} < 0$ nên khí tỏa nhiệt bằng $|Q_{41}| = 5\frac{m}{\mu}RT_1$

Vậy:

+ Khí nhận nhiệt trong các đoạn $1 \to 2; 2 \to 3$ và $1 \to 3$

+ Khí tỏa nhiệt trong các đoạn $3 \to 1; 3 \to 4$ và $4 \to 1$

b) Tỉ số hiệu suất của hai chu trình

- Chu trình $1 \to 2 \to 3 \to 1$:

+ Tổng nhiệt lượng khí nhận trong một chu trình $1 \to 2 \to 3 \to 1$:

$$Q_1 = Q_{12} + Q_{23} = \frac{3}{2}.\frac{m}{\mu}RT_1 + 10\frac{m}{\mu}RT_1 = \frac{23}{2}.\frac{m}{\mu}RT_1 \quad (1)$$

+ Tổng nhiệt lượng khí tỏa trong một chu trình $1 \to 2 \to 3 \to 1$:

$$Q_2 = |Q_{31}| = \frac{21}{2}.\frac{m}{\mu}RT_1 \quad (2)$$

+ Hiệu suất của chu trình $1 \to 2 \to 3 \to 1$:

$$H_1 = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1} \quad (3)$$

+ Từ (1),(2) và (3) ta có: $H_1 = \frac{2}{23}$ (4)

- Chu trình $1 \to 3 \to 4 \to 1$:

+ Tổng nhiệt lượng khí nhận trong một chu trình $1 \to 3 \to 4 \to 1$:

$$Q_3 = Q_{13} = \frac{21}{2}.\frac{m}{\mu}RT_1 \quad (5)$$

+ Tổng nhiệt lượng khí tỏa trong một chu trình $1 \to 3 \to 4 \to 1$:

$$Q_4 = |Q_{34}| + |Q_{41}| = \frac{9}{2}.\frac{m}{\mu}RT_1 + 5\frac{m}{\mu}RT_1 = \frac{19}{2}.\frac{m}{\mu}RT_1 \quad (6)$$

+ Hiệu suất của chu trình $1 \to 3 \to 4 \to 1$:

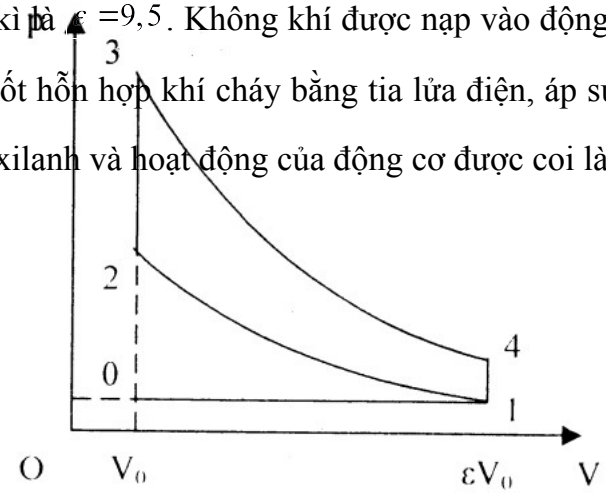
$$H_2 = \frac{Q_3 - Q_4}{Q_3} \quad (7)$$

+ Từ (1),(2) và (3) ta có: $H_2 = \frac{2}{21}$ (8)

+ Từ (4) và (8) ta có: $\frac{H_1}{H_2} = \frac{21}{23}$

Vậy: Hiệu suất phản ứng của chu trình ($1 \to 3 \to 4 \to 1$) cao hơn và cao hơn $\frac{23}{21}$ lần.

12.53. Mức nén của một động cơ đốt trong bốn kì là $\varepsilon = 9,5$. Không khí được nạp vào động cơ dưới áp suất $p_1 = 10^5 (N/m^2)$ và nhiệt độ $27^\circ C$. Khi đốt hỗn hợp khí cháy bằng tia lửa điện, áp suất trong xilanh tăng lên 2 lần. Các quá trình xảy ra trong xilanh và hoạt động của động cơ được coi là lí tưởng theo giản đồ (hình vẽ).



a) Hãy nêu tính chất của các quá trình xảy ra trong xilanh theo các

đường biểu diễn trên giản đồ ứng

với các đoạn $0-1; 2-3; 4-1$.

Các quá trình ứng với $1-2; 3-4$

là những quá trình đoạn nhiệt

$(\gamma = 1,4)$.

b) Xác định các thông số nhiệt p và

T ứng với các điểm 1,2,3,4 của

giản đồ.

c) Tính hiệu suất của động cơ.

d) Hãy đánh giá tính thực tế của các kết quả thu được.

Ghi chú: Mức nén ε là tỉ số giữa thể tích lớn nhất và thể tích nhỏ nhất của hỗn hợp khí trong xilanh.

(*Trích đề thi học sinh giỏi Quốc tế, Tiệp Khắc-1977*)

Bài giải

a) Tính chất của các quá trình xảy ra trong xilanh

- Quá trình $0-1$: Đẳng áp.

- Quá trình $2-3; 4-1$: Đẳng tích.

Vậy: Các quá trình xảy ra trong xilanh: $0-1$: đẳng áp; $1-2$: đoạn nhiệt; $2-3$: đẳng tích; $3-4$: đoạn nhiệt; $4-1$: đẳng tích.

b) Các thông số nhiệt p và T ứng với các điểm 1,2,3,4 của giản đồ

- Quá trình 0-1 (đẳng áp): $T_0 = T_1 = 300K; p_0 = p_1 = 10^5 (N/m^2)$

- Quá trình 1-2 (đoạn nhiệt): $p_1 V_2^{\gamma} = p_2 V_1^{\gamma} \Rightarrow p_2 = p_1 \left(\frac{V_2}{V_1}\right)^{\gamma} = p_1 \varepsilon^{\gamma}$

Và $T_1 V_2^{\gamma-1} = T_2 V_1^{\gamma-1} \Rightarrow T_2 = T_1 \left(\frac{V_2}{V_1}\right)^{\gamma-1} = T_1 \varepsilon^{\gamma-1}$

Thay số: $p_2 = 10^5.9,5^{1,4} = 23.10^5 (N/m^2); T_2 = 300.9,5^{1,4-1} = 740K$

- Quá trình 2-3(đẳng tích): $\frac{p_3}{p_2} = \frac{T_3}{T_2} \Rightarrow T_3 = T_2 \frac{p_3}{p_2} = 740.2 = 1480K$

- Quá trình 4-1 (đẳng tích): Tương tự, ta có:

$p_4 = 2p_1 = 2.10^5 (N/m^2)$ và $T_4 = 2T_1 = 2.300 = 600K$

Vậy: $T_1 = 300K, p_1 = 10^5 (N/m^2); T_2 = 740K, p_2 = 23.10^5 (N/m^2); T_3 = 1480K,$

$p_3 = 46.10^5 (N/m^2); T_4 = 600K, p_4 = 2.10^5 (N/m^2)$

c) Hiệu suất của động cơ

- Công do khí thực hiện: $|A| = Q_{23} + Q_{41} = mc_v(T_3 - T_2) - mc_v(T_4 - T_1)$

- Hiệu suất của động cơ: $H = \frac{|A|}{Q_{23}} = \frac{Q_{23} + Q_{41}}{Q_{23}}$

$$\Leftrightarrow H = 1 - \frac{T_4 - T_1}{T_3 - T_2} = 1 - \frac{T_4}{T_3}.\frac{1 - \frac{T_1}{T_4}}{1 - \frac{T_2}{T_3}} = 1 - \frac{600}{1480}.\frac{1 - \frac{300}{600}}{1 - \frac{740}{1480}} = 59,4\%$$

Vậy: Hiệu suất của động cơ là $H = 59,4\%$

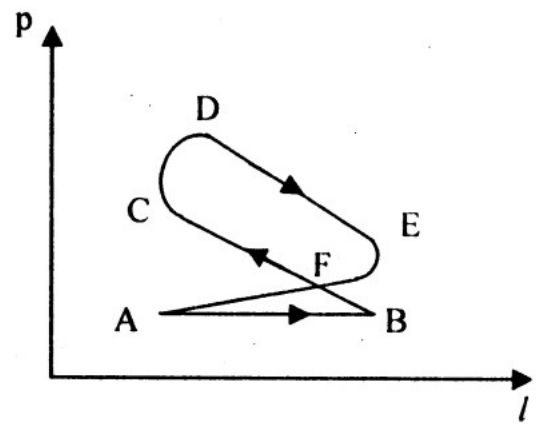
d) Nhận xét: Hiệu suất của động cơ là quá cao so với thực tế.

12.54. Bằng thực nghiệm, người ta vẽ được đồ thị $p - l$ của chu trình biến đổi chất khí trong một động cơ nổ bốn kì (p tỉ lệ với áp suất trong xilanh, l tỉ lệ với khoảng chạy của pittông). Diện tích FCDE bằng $12cm^2$, diện tích FBA bằng $2cm^2; AB = 10cm; 1cm$ của trục p ứng với áp suất $10^6 Pa$. Xilanh có tiết diện $S = 10cm^2$, khoảng chạy của pittông là $d = 5cm$.

a) Bốn kì của động cơ ứng với những đoạn nào trên đồ thị?

b) Tính công suất của động cơ khi trục khuỷu quay với vận tốc 7200 (vòng/phút).

c) Động cơ tiêu thụ mỗi phút 12g xăng có năng suất tỏa nhiệt $q = 46.10^6 (J/kg)$.Tính hiệu suất thực.

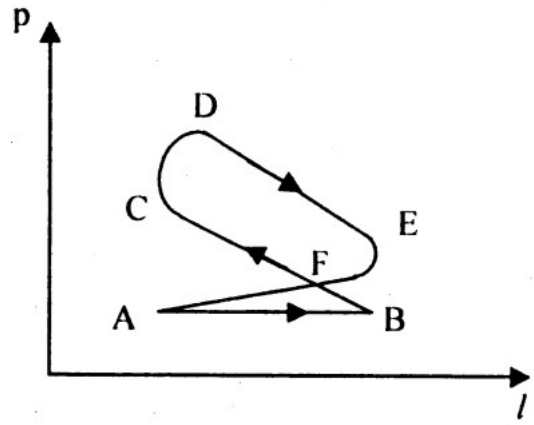


Tính hiệu suất lí thuyết, biết nhiệt độ khí cháy là $1500^\circ C$, nhiệt độ ống xả là $150^\circ C$.

Bài giải

a) Bốn kì của động cơ: Trên đồ thị, ta thấy:

- Đoạn AB ứng với kì hút: *l* tăng, p không đổi.
- Đoạn BC ứng với kì nén: *l* giảm, p tăng.
- Đoạn CD: Tại C, bugi đánh lửa, khí cháy nên áp suất tăng vọt lên p_D nhưng thể tích biến đổi chưa nhiều nên *l* tăng ít. Đoạn DE ứng với kì khí dãn nở sinh công: *l* tăng, p giảm.



- Đoạn EA ứng với kì xả khí: *l* giảm, p giảm.

b) Công suất của động cơ

- Công: $A = S_{FCDE} - S_{FBA} = 12 - 2 = 10cm^2$

- Theo đề:

+ 1 cm của trục *l* ứng với pittông chạy 0,5cm và quét thể tích $0,5S = 5cm^3 = 5.10^{-6}m^3$

+ 1cm của trục p ứng với áp suất $10^6 Pa$.

Do đó: $1cm^2$ của đồ thị ứng với công bằng $5.10^{-6}.10^6 = 5J$

$\Rightarrow A = 10.5 = 50J$

- Mỗi giây trục khuỷu quay $\frac{7200}{60} = 120$ vòng; cứ 2 vòng có 1 kì sinh công nên mỗi giây sẽ có 60 kì sinh ra công: $A = 60.50 = 3000J$

- Công suất của động cơ: $P = \frac{A}{t} = \frac{3000}{1} = 3000W = 3kW$

Vậy: Công suất của động cơ là $P = 3kW$

c) Hiệu suất thực và hiệu suất lí thuyết của động cơ

- Mỗi giây động cơ tiêu thụ $\frac{12}{60} = 0,2g = 0,0002kg$ xăng và tỏa nhiệt một lượng:

$Q = mq = 0,0002.46.10^6 = 9,2.10^3 J$

- Hiệu suất thực: $H = \frac{A}{Q} = \frac{3000}{9200} = 32,6\%$

- Hiệu suất lí thuyết: $H' = \frac{T_1 - T_2}{T_1} = \frac{(1500+273) - (150+273)}{(1500+273)} = 76\%$

Vậy: Hiệu suất thực và hiệu suất lí thuyết của động cơ là $H = 32,6\%$ và $H' = 76\%$