

XÂY DỰNG CHUYÊN ĐỀ NHIỆT HỌC TRONG CÔNG TÁC BỒI DƯỠNG HỌC SINH GIỎI CẤP KHU VỰC VÀ CẤP QUỐC GIA

Tác giả: Nguyễn Thị Phương Thúy
Giáo viên THPT chuyên Lê Quý Đôn

1. MỤC ĐÍCH VÀ SỰ CẦN THIẾT

Trong những năm gần đây, trước sự nghiệp đổi mới toàn diện của đất nước, nền giáo dục nước nhà đang đóng vai trò chức năng của một cỗ máy cái nhằm hoạt động “ nâng cao dân trí, đào tạo nhân lực , bồi dưỡng nhân tài ” để hoàn thành tốt công cuộc công nghiệp hóa - hiện đại hóa đất nước, đưa nước ta tiến kịp và hội nhập với các nước trong khu vực nói riêng và toàn cầu nói chung.

Từ thực tế đó đặt ra cho ngành giáo dục và đào tạo không những có nhiệm vụ đào tạo toàn diện cho thế hệ trẻ mà phải có chức năng phát hiện, bồi dưỡng tri thức năng khiếu cho học sinh nhằm đào tạo các em trở thành những nhà khoa học mũi nhọn trong từng lĩnh vực. Đây chính là nhiệm vụ cấp thiết trong việc bồi dưỡng học sinh giỏi và tuyển chọn các em có năng khiếu thực sự của từng bộ môn và các lớp chuyên ở trung tâm giáo dục chất lượng cao.

Xuất phát từ thực trạng dạy và học ở các lớp chuyên Vật Lí cũng như việc bồi dưỡng học sinh giỏi vật lí còn đang gặp một số khó khăn phổ biến:

- Giáo viên chưa mở rộng được kiến thức vật lí cơ bản phù hợp với học sinh chuyên vật lí và học sinh giỏi vật lí. Nghiên cứu chương trình thi học sinh giỏi tỉnh, khu vực, Olympic 30-4, thi học sinh giỏi quốc gia và IOP cho thấy khoảng cách kiến thức giữa nội dung chương trình thi Olympic là rất xa. Để rút ngắn khoảng cách đó cần trang bị cho các em một số kiến thức vật lí cơ bản ngang tầm với chương trình đại học nước ta về mức độ vận dụng.

- Vì chưa chuẩn bị tốt hệ thống lí thuyết cơ bản nên cũng chưa xây dựng được một hệ thống bài tập nâng cao và chuyên sâu phù hợp với năng khiếu tư duy của các em.

Xây dựng một hệ thống lí thuyết, bài tập Vật Lí cơ bản và chuyên sâu từng vấn đề một để giáo viên bồi dưỡng và học sinh chuyên Vật Lí tham khảo

thiết nghĩ là rất cần thiết. Đề tài này mong muốn góp một phần nhỏ bé vào mục đích to lớn đó.

2. PHẠM VI TRIỂN KHAI THỰC HIỆN

1. Hiện nay đề tài đã và đang được giảng dạy cho các lớp chuyên Lí khối 11,12. Các đội tuyển học sinh giỏi khối 11,12 của trường THPT chuyên Lê Quý Đôn, tỉnh Điện Biên.

2. Chuyên đề đang được áp dụng cho việc giảng dạy các đội tuyển:

HSG khối 10,11 trường THPT Chuyên Hạ Long, tỉnh Quảng Ninh do giáo viên Hương đang áp dụng.

HSG khối 10 trường THPT Chuyên Trần Phú – Hải phòng do cô giáo Thủy đang áp dụng.

HSG khối 10, 11 trường THPT chuyên Bắc Giang do thầy Đóa đang áp dụng.

3. NỘI DUNG

3.1. Tình trạng giải pháp đã biết

Trong quá trình đào tạo nâng cao trình độ giáo viên cho các trường THPT đã có một số luận văn, luận án về tuyển chọn, xây dựng và sử dụng hệ thống bài tập dùng để bồi dưỡng HSG, học sinh lớp chuyên vật lí.

Nhìn chung, các tác giả đã nghiên cứu và tổng hợp khá toàn diện về lí luận của việc xây dựng và sử dụng bài tập vật lí cho HSG, HS chuyên vật lí theo PPDH tích cực. Đồng thời đã đưa ra hệ thống lí thuyết, BT và biện pháp sử dụng nhằm để bồi dưỡng HSG, HS chuyên vật lí có hiệu quả. Tuy nhiên, do phạm vi và thời gian nghiên cứu của từng vấn đề có hạn, nên hệ thống BT chuyên sâu theo từng chuyên đề chưa phong phú, thiếu tính cập nhật. Mặt khác, các tác giả chưa quan tâm đến đối tượng HS ở khu vực miền núi nên nội dung nhiều BT còn quá khó so với khả năng của các em. Từ đó, yêu cầu cần phải xây dựng, tuyển chọn một hệ thống BT có chất lượng, đa

dạng, phong phú, cập nhật, phù hợp với các đối tượng HS ở khu vực khác nhau trong cả nước.

Vì vậy nội dung vấn đề mà tôi lựa chọn nghiên cứu là hoàn toàn mới và phù hợp với học sinh khu vực miền núi đặc biệt là với học sinh trường THPT Chuyên Lê Quý Đôn - Điện Biên.

3.2. Nội dung

3.2.1. Mục đích chuyên đề

Nhiệt học là phần khá khó và trừu tượng, không chỉ học sinh mà giáo viên cũng rất ngại nghiên cứu và giảng dạy phần này, vì thế khi tôi được phân công đảm nhiệm phần Nhiệt học cho đội tuyển HSG cấp khu vực và cấp quốc gia tôi đã mạnh dạn hỏi các đồng nghiệp trong trường, các đồng nghiệp các tỉnh khác: Bắc Giang, Quảng Ninh, Vĩnh Phúc, Nghệ An, Hải Phòng...và xây dựng chuyên đề riêng cho mình.

Mục tiêu: làm sao để học sinh tiếp cận được kiến thức nhanh nhất, dễ nhất, vận dụng được trong các bài toán Nhiệt học thành thạo nhất, xóa tan đi ác cảm của học sinh khi ôn thi phần Nhiệt học. Hy vọng chuyên đề sẽ là nguồn tài liệu hữu ích cho công cuộc BDHSG cấp khu vực và cấp quốc gia của giáo viên trong, ngoài tỉnh Điện Biên và của học sinh.

3.2.2. Nội dung chi tiết

Qua các năm dạy ôn thi cho đội tuyển học sinh giỏi bản thân tôi nhận thấy rằng mặc dù các học sinh trong đội tuyển thông minh, nhưng kiến thức khó, chuyên sâu vận dụng làm bài thi khó khăn vì vậy hơn ai hết việc có một hệ thống lý thuyết và bài tập định hướng là rất cần thiết và phù hợp với học sinh khu vực miền núi.

Trên cơ sở tôi đã phân tích nội dung kiến thức vật lý thường được đề cập trong kỳ thi học sinh giỏi cấp khu vực và cấp quốc gia dựa trên chương trình chuyên lý phổ thông, nội dung chi tiết của chuyên đề tôi đưa ra là :

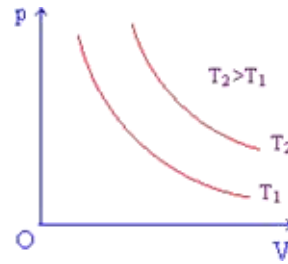
1. HỆ THỐNG LÝ THUYẾT NHIỆT HỌC DÙNG BỒI DƯỠNG HỌC SINH GIỎI VÀ HỌC SINH CHUYÊN VẬT LÝ

1.1. Các định luật về chất khí

1.1.1. Định luật Bôilơ_Mariôt:

Quá trình đẳng nhiệt $pV = \text{const}$

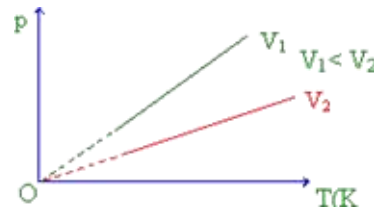
$$\text{hay } p_1V_1 = p_2V_2$$



1.1.2. Định luật Saclo:

Quá trình đẳng tích $\frac{p}{T} = \text{const}$

$$\text{hay } \frac{p_1}{T_1} = \frac{p_2}{T_2}$$



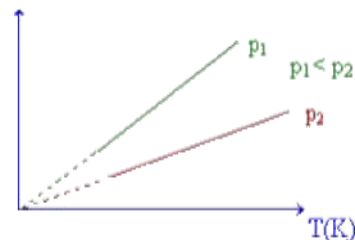
1.1.3. Phương trình trạng thái khí lý tưởng:

$$\frac{pV}{T} = \text{const} \quad \text{hay} \quad \frac{p_1V_1}{T_1} = \frac{p_2V_2}{T_2}$$

1.1.4. Định luật Gayluyxac:

Quá trình đẳng áp $\frac{V}{T} = \text{const}$

$$\text{hay } \frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}$$



1.1.5. Phương trình Clapêrôn_Mendêlêep:

Xét một lượng khí có khối lượng m, khối lượng mol của chất khí là μ

đang ở nhiệt độ T, áp suất p và thể tích V. $pV = \frac{m}{\mu}RT$

Với $R = 8,31 \text{ J/mol.K}$ Gọi là hằng số của các khí

Lưu ý: Thể tích: $1 \text{ m}^3 = 10^3 \text{ dm}^3 = 10^6 \text{ cm}^3 = 1000 \text{ lít}$

Áp suất: Vật lý: $1 \text{ atm} = 760 \text{ mmHg} = 1,013 \cdot 10^5 \text{ Pa} = 1,033 \text{ at}$;

Pa là paxcan ($1\text{Pa} = 1 \text{ N/m}^2$) : dùng trong hệ SI

$$1\text{bar} = 10^5\text{Pa}$$

Kỹ thuật: $1\text{at} = 736\text{mmHg} = 9,81 \cdot 10^4 \text{N/m}^2$ Torr còn gọi là milimet thủy ngân ($1 \text{ torr} = 1 \text{ mmHg} = 133,3 \text{N/m}^2$)

Nhiệt độ: $T = 273 + t$ *Nhiệt độ luôn luôn là độ Kelvin ($^{\circ}\text{K}$)*

1.1.6. Quá trình đoạn nhiệt thuận nghịch cân bằng ($Q=0$):

$$T.V^{\gamma-1} = \text{const} \text{ hay } T.p^{\frac{1-\gamma}{\gamma}} = \text{const} \text{ hay } p.V^{\gamma} = \text{const} \text{ với } \gamma = \frac{c_p}{c_v} = \frac{i+2}{i}$$

- Hệ thức Mayer: $C_p = C_v + R$

1.1.7. Định luật Dalton:

Áp suất của hỗn hợp khí (mà các thành phần không có phản ứng hóa học với nhau) bằng tổng các áp suất riêng phần của từng chất khí có trong hỗn hợp:

$$p = p_1 + p_2 + \dots + p_n$$

1.2. Nguyên lý nhiệt động lực học

1.2.1. Nội dung nguyên lý I NĐLH

- Đối với quá trình nhỏ: $du = \delta A + \delta Q$

- Đối với quá trình lớn: $\Delta U = Q + A$ với $\Delta U = n.c_v.\Delta T$

1.2.2. Công do khí sinh ra

- Đối với quá trình vô cùng nhỏ: $\delta A = p.dV$

- Đối với quá trình lớn: $A = \int p.dV$

(*) Công trong quá trình đẳng tích, đẳng áp và đẳng nhiệt của khí lý tưởng

Để tính công trong các quá trình này, ta dựa vào công thức (1)

a) Đối với quá trình đẳng tích ($dV = 0$): $A = \int p.dV = 0$

b) Đối với quá trình đẳng áp ($p = \text{const}$): $A = \int_{V_1}^{V_2} p.dV = p(V_2 - V_1)$

c) Đối với quá trình đẳng nhiệt ($T = \text{const}$):

$$A = \int_{V_1}^{V_2} p.dV = n.R.T \int_{V_1}^{V_2} \frac{1}{V}.dV = n.R.T \cdot \ln\left(\frac{V_2}{V_1}\right)$$

(*) Công trong quá trình đoạn nhiệt của khí lý tưởng

Quá trình đoạn nhiệt là quá trình trong đó hệ không trao đổi nhiệt với môi trường bên ngoài ($\delta Q = 0$), công A trong quá trình đoạn nhiệt như sau:

$$A = \frac{M}{\mu} \frac{R}{\gamma - 1} T_1 \left[1 - \left(\frac{V_1}{V_2} \right)^{\gamma-1} \right] = \frac{M}{\mu} \frac{R}{\gamma - 1} T_1 \left[1 - \left(\frac{p_2}{p_1} \right)^{\frac{\gamma-1}{\gamma}} \right]$$

1.2.3. Công trong quá trình đa biến (Polytropic)

Vận dụng biểu thức giải tích cho quá trình này ta có:

$$\Rightarrow A = \frac{m}{\mu} (c - c_v) T_1 \left(1 - \frac{T_2}{T_1} \right)$$

Và ta chứng minh được: $T.V^{n-1} = \text{const}$; $p.V^n = \text{const}$; $n = \frac{c_p - c}{c_v - c}$; n là chỉ số đa biến.

Nhận xét:

- Trong quá trình đoạn nhiệt: $n = \gamma$ vì $c = \frac{\delta Q}{dT} = 0$

- Trong quá trình đẳng áp: $n=0$

- Trong quá trình đẳng tích: $n = \infty$

1.2.4. Nguyên lý thứ hai của nhiệt động lực học.

* Cách phát biểu của Clausius :

“Không thể tồn tại một quá trình nhiệt động mà kết quả duy nhất là sự truyền nhiệt từ một nguồn lạnh cho một nguồn nóng.”

1.2.5. Chu trình các nô, các loại động cơ và máy lạnh.

1.2.5.1. Quá trình thuận nghịch và quá trình bất thuận nghịch

Một quá trình biến đổi của hệ nhiệt động từ trạng thái (1) sang trạng thái (2) được gọi là thuận nghịch nếu nó có thể tiến hành theo chiều ngược lại và ở lượt về hệ đi qua mọi trạng thái trung gian như ở lượt đi. Quá trình ngược lại là quá trình bất thuận nghịch.

Như vậy $A=0, \Delta U=0, Q=0$.

Quá trình thuận nghịch là quá trình lý tưởng (thực tế không xảy ra).

1.2.5.2. Hiệu suất của động cơ nhiệt. Định lý Carnot

Động cơ nhiệt là máy biến nhiệt thành công, gồm hai nguồn nhiệt (nguồn nóng T_1 và nguồn lạnh $T_2 < T_1$) và tác nhân (chất môi). Khi động cơ hoạt động,

nguồn nóng T_1 truyền cho chất môi nhiệt lượng Q_1 . Chất môi sẽ giãn nở và sinh công A rồi trả cho nguồn lạnh nhiệt lượng Q_2 . Hiệu suất của động cơ nhiệt là:

$$\eta = \frac{A}{Q} = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1} = 1 - \frac{Q_2}{Q_1}$$

Động cơ nhiệt hoạt động tuần hoàn theo các chu trình. Chu trình thuận nghịch có lợi nhất là chu trình Carnot gồm hai quá trình đẳng nhiệt và quá trình đoạn nhiệt:

1. Quá trình biến đổi đẳng nhiệt: hệ nhận nhiệt Q_1 của nguồn nóng T_1 để giãn khí từ trạng thái (1) đến trạng thái (2) đồng thời cung cấp công A_1 cho môi trường.

2. Quá trình giãn khí đoạn nhiệt: Hệ tiếp tục biến đổi đoạn nhiệt từ trạng thái có nhiệt độ T_1 sang T_2 và cung cấp công A_2 cho môi trường ngoài.

3. Quá trình nén khí đẳng nhiệt: Hệ nhận công A_3 nén khí từ trạng thái (3) về trạng thái (4) và trả nhiệt Q_2 cho nguồn lạnh T_2 .

4. Quá trình nén khí đoạn nhiệt: hệ tiếp tục nhận công A_4 nén khí từ trạng thái (4) về (1). Với chu trình Carnot người ta chứng minh được: $\frac{V_2}{V_1} = \frac{V_3}{V_4}$

* *Định lý Carnot*: Hiệu suất của các động cơ nhiệt chạy theo chu trình không thuận nghịch thì luôn luôn nhỏ hơn hiệu suất của động cơ nhiệt chạy theo chu trình thuận nghịch. Hiệu suất động cơ nhiệt không phụ thuộc vào tác nhân, chỉ phụ thuộc vào nhiệt độ của các nguồn nhiệt theo biểu thức:

$$\eta_c = \frac{A}{Q} = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1} = 1 - \frac{Q_2}{Q_1} = 1 - \frac{T_2}{T_1}$$

1.2.5.3. *Hiệu suất máy làm lạnh*

Máy làm lạnh là máy biến công thành nhiệt.

Đầu tiên tác nhân nhận một công A của môi trường ngoài để lấy đi một lượng nhiệt Q_2 từ nguồn lạnh, sau đó toả lượng nhiệt Q_1 cho nguồn nóng.

Hiệu suất làm lạnh:

$$\eta = \frac{Q_2}{A} = \frac{Q_1 - A}{A} = \frac{Q_1}{A} - 1$$

Động cơ nhiệt tuân theo chu trình Carnot thuận, thì máy lạnh cũng tuân theo chu trình ấy. Chu trình Carnot thuận nghịch cũng gồm 4 giai đoạn:

1. Hệ nhận công A_1 để nén khí đoạn nhiệt từ trạng thái (1) sang (2)
2. Hệ tiếp tục nhận công A_2 để nén khí đẳng nhiệt từ trạng thái (2) sang trạng thái (3) đồng thời trả nhiệt Q_1 cho nguồn nóng
3. Giãn khí đoạn nhiệt từ trạng thái (3) sang trạng thái (4).
4. Giãn khí đẳng nhiệt từ trạng thái (4) sang trạng thái (1)

Đối với máy lạnh chạy theo chu trình Carnot hiệu suất của máy lạnh không phụ thuộc vào tác nhân mà chỉ phụ thuộc vào nhiệt độ nguồn nóng T_1 và nguồn lạnh T_2 .

1.3. Sự chuyển Thể.

Gọi p_b là áp suất hơi bão hòa mà tại áp suất đó hơi bắt đầu ngưng tụ.

$v_h = \frac{V_h}{m}$ là thể tích riêng của hơi bão hòa ở nhiệt độ T

$v_b = \frac{V_b}{m}$ là thể tích riêng của chất lỏng đã bị hóa lỏng ở nhiệt độ T và áp suất p_0 .

Khi ngưng tụ, khí tỏa ra một nhiệt lượng $Q_b = m\lambda_b$, gọi là ẩn nhiệt hóa hơi.

λ_b : ẩn nhiệt hóa hơi riêng của chất lỏng (nhiệt hóa hơi riêng)

p_{hn} : áp suất riêng phần

- Chất lỏng chỉ bay hơi khi $p_{hn} < p_b$ ở cùng nhiệt độ, p_{hn} càng nhỏ so với p_b thì tốc độ bay hơi càng nhanh, ngừng bay hơi khi $p_{hn} = p_b$.

- Độ ẩm tuyệt đối của không khí: $a = \frac{\mu p_{hn}}{RT}$;

Trong đó: μ là khối lượng mol của chất lỏng (g/mol; kg/mol)

a (g; kg)

(Trong 1m^3 khí hơi có chứa một khối lượng hơi chất lỏng là a)

$$a_{\max} = \frac{\mu(p_{hn})_{\max}}{RT} = \frac{\mu(p_b)}{RT} = A$$

- Độ ẩm tỉ đối của không khí (độ ẩm tương đối)= độ ẩm theo khí tượng thủy

văn: $f = \frac{a}{A} = \frac{p_{hn}}{p_b} = H$; f lớn(nhỏ) tốc độ bay hơi càng nhỏ(lớn).

Chú ý: $p_{kk} = p_k + p_{hn}$

Trong đó p_{kk} : áp suất hơi khí

p_k : áp suất khí, nó tuân theo định luật của khí lí tưởng.

p_{hn} : Nếu là hơi khô nó tuân theo định luật của khí lí tưởng.

Nếu là hơi bão hòa, nó không đổi ở nhiệt độ T xác định.

Ví dụ, ở 100°C , nước có $p_b = 1\text{atm}$.

Như vậy: với phần lí thuyết trên rất xúc tích, cô đọng những kiến thức cơ bản, và nâng cao đủ tầm thi cấp quốc gia. Nó không dài dòng, nhưng dễ hiểu, tạo cho HS có cái nhìn rõ ràng và tổng quát về phần nhiệt học.

2. HỆ THỐNG TRONG BÀI TẬP VỀ NHIỆT HỌC DÙNG ĐỂ BỒI DƯỠNG HỌC SINH GIỎI CẤP KHU VỰC VÀ CẤP QUỐC GIA

2.1. Các định luật của chất khí

Ví dụ 1:

Một mol khí đơn nguyên tử trong một xi lanh có piston thực hiện chu trình sau đây, Biết $p_1 = 10^5 \text{ Pa}$, $p_2 = 2.p_1$, $V_1 = 8,31 \text{ lít}$, $T_3 = 400\text{K}$. Nhiệt dung mol đẳng tích $C_V = (i/2).R$.

- Từ trạng thái 1 có áp suất P_1 , thể tích V_1 , biến đổi đẳng tích đến trạng thái 2 có áp suất $p_2 > p_1$.

- Từ trạng thái 2 giãn nở đẳng áp đến trạng thái 3

- Từ trạng thái 3 biến đổi đẳng nhiệt ở nhiệt độ T_3 đến trạng thái 4

- Trạng thái 4 biến đổi đẳng áp về trạng thái 1.

1, Vẽ đồ thị của chu trình trong mặt phẳng tọa độ p-V, P-T, V-T.

2, Trong mỗi quá trình chất khí nhận hay tỏa nhiệt, nhận hay sinh công; tính các nhiệt lượng và công ấy.

3, Áp dụng bảng số: $p_1 = 10^5 \text{ Pa}$, $p_2 = 2p_1$, $V_1 = 8,31\text{dm}^3$, $T_3 = 400\text{k}$.

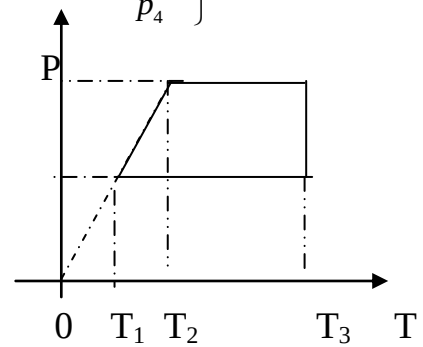
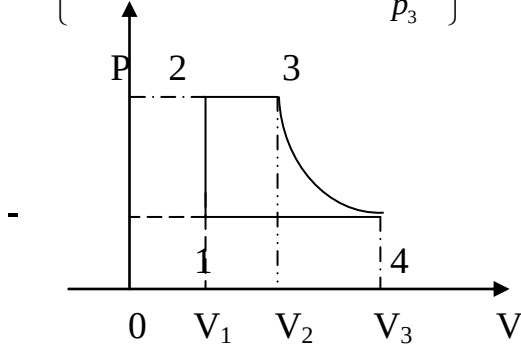
Nhiệt dung mol đẳng tích C_V 1,5R, $R = 8,31\text{J/mol.K}$

Hướng dẫn giải:

a, Trạng thái 1: $p_1 = 10^5 \text{ Pa}$, $V_1 = 8,31 \text{ dm}^3 \Rightarrow$ biết T_1

$$(1): \left\{ p_1; V_1; T_1 = \frac{p_1 V_1}{R} \right\} \Rightarrow (2): \left\{ p_2 = 2p_1; V_2 = V_1; T_2 = \frac{p_2 V_2}{R} \right\} \Rightarrow$$

$$(3): \left\{ p_2 = p_3; T_3 = 400 \text{ K}, V_3 = \frac{R \cdot T_3}{p_3} \right\} \Rightarrow (4): \left\{ p_4 = p_1; T_4 = 400 \text{ K}, V_4 = \frac{R \cdot T_3}{p_4} \right\}$$



- Một cách tương tự các bạn có thể vẽ đồ thị V-T

b,

$$1-2: A_{12} = 0, Q_{12} = \Delta U_{12} = C_V(T_2 - T_1) = 1246,5 \text{ J}$$

$$2-3: Q_{23} = C_p(T_3 - T_2) = 4155 \text{ J}$$

$$A_{23} = P_2(V_3 - V_2) = 1662 \text{ J}$$

$$3-4: \Delta U = 0$$

$$Q_{34} = A_{34} = RT_3 \ln \frac{p_2}{p_1} = 2303,5 \text{ J}$$

$$4-1: A_{41} = -P_1(V_4 - V_1) = -2493 \text{ J}$$

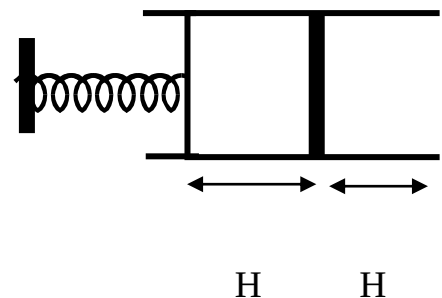
$$Q_{41} = C_p(T_1 - T_4) = 6232,5 \text{ J}$$

- Trong cả chu trình:

$$Q = Q_{12} + Q_{34} + Q_{23} + Q_{41} = A = A_{12} + A_{23} + A_{34} + A_{41} = 1472,5 \text{ J}$$

Ví dụ 2:

Cho một ống tiết diện s nằm ngang được ngăn với bên ngoài bằng 2 pittong. Pittong thứ nhất được nối với lò xo có độ cứng là k như hình vẽ. Ban đầu lò xo không biến dạng, áp suất khí giữa hai pittong bằng áp suất bên ngoài p_0 , khoảng cách giữa hai pittong lúc này là H và bằng $1/2$



chiều dài hình trụ. Tác dụng lên pittong thứ 2 một lực F để nó chuyển từ từ(để nhiệt độ khí giữa hai pittong không thay đổi trong quá trình dịch chuyển) sang bên phải. Tính F khi pittong thứ 2 dừng lại ở bên phải của ống trụ theo p_0 , s , H , k .

Hướng dẫn giải:

- pittong trái: $p_0.s - p.s - k.x = 0 \quad (1)$

x là độ dịch chuyển của pittong trái, p là áp suất khí giữa hai pittong.

- pittong phải: $p_0.s - p.s - F = 0 \quad (2)$

Theo định luật booil- Mariot: $p_0.sH = p.(2H - x)s \quad (3)$

từ (1), (2),(3) ta có $F^2 - (p_0s + 2Hk)F + p_0sHk = 0$

phương trình có nghiệm: $F = \frac{p_0.s}{2} + k.H \pm \sqrt{\frac{p_0^2.s^2}{4} + k^2.H^2}$

Nhận xét: Hai bài ví dụ trên đã thể hiện rõ nét mức độ cơ bản của nâng cao(vì đây không phải bài tập dành cho học sinh bình thường cần nhớ kiến thức). Nó bao gồm đủ kiến thức nâng cao mới để HS khắc sâu kiến thức nâng cao mới vừa được tiếp cận, nó đòi hỏi phải tư duy logic tìm ra hiện tượng vật lí, vận dụng tất cả các kiến thức liên quan để giải quyết bài toán: phân tích lực tác dụng lên pittong, áp dụng định luật II Newton, tưởng tượng đúng quá trình hiện tượng vật lí phải xảy ra, áp dụng các định luật chất khí, định luật bảo toàn năng lượng.....Với 2 ví dụ trên, HS sẽ hiểu được: một bài nhiệt học không chỉ đơn thuần áp dụng các công thức của phần nhiệt, mà tất cả các định luật, các biểu thức... đã học có liên quan đều phải vận dụng để giải quyết vấn đề.

Ví dụ 1: giúp học sinh vận dụng linh hoạt các công thức tính công khí sinh ra, tính nhiệt lượng thông qua nguyên lí I, vận dụng các định luật của khí lí tưởng.

Ví dụ 2 là bài toán cơ nhiệt: buộc học sinh phải thành thạo cả cơ học, kết hợp với kiến thức nhiệt mới tìm ra lời giải.

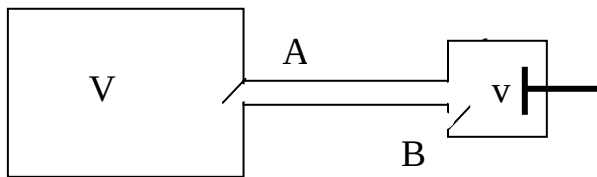
Các bài tập tự luyện(có hướng dẫn hoặc đáp số):

Bài 1:

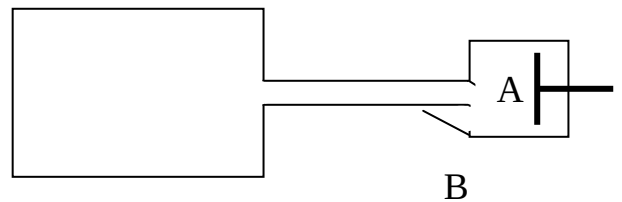
Hình 1 là sơ đồ nén không khí vào bình có thể tích V bằng bơm có thể tích v . Khi pittong đi sang bên phải thì van A đóng không cho không khí thoát ra khỏi bình đồng thời van B mở cho không khí đi vào xi lanh. Khi pittong đi sang bên trái thì van B đóng, van A mở, pittong nén không khí vào bình.

a, Ban đầu pittong ở vị trí 1 và áp suất trong bình p_0 , áp suất khí quyển p_k . Tính số lần phải ấn pittong để áp suất trong bình có giá trị cuối p_c . Người ta ấn chậm để nhiệt độ trong bình không đổi.

b, Bố trí lại các van như trong hình 2 thì có thể rút không khí trong bình. Ban đầu pittong ở vị trí 1, áp suất trong bình p_0 . Tính số lần kéo pittong để áp suất trong bình giảm đi r lần, $p_c = p_0/r$. áp dụng bằng số $r=100$, $V=10v$. Tính số lần kéo pittong.



Hình 1



Hình 2

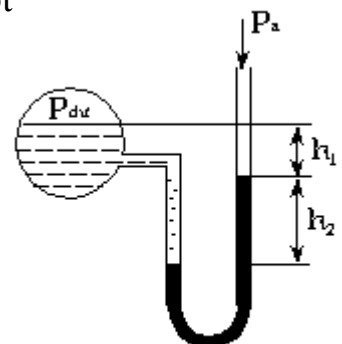
Đ/S: a, $n = \frac{(p_c - p_0)}{p_k \cdot v} \cdot V$. b, 48 lần

Bài 2:

Một mol khí nhận nhiệt lượng Q và giãn nở theo quy luật $V=b.p$, b là hệ số không đổi. Áp suất tăng từ p_1 đến p_2 . Biết nhiệt dung mol đẳng tích C_v . Tính b theo Q , C_v , p_1 , p_2

Đ/S: $b = \frac{2RQ}{(2C_v + R)(p_2^2 - p_1^2)}$

Bài 3: Một áp kế đo chênh thủy ngân, nối với một bình đựng nước.



Hình 2

a) Xác định độ chênh mực nước thủy ngân, nếu $h_1 = 130\text{mm}$ và áp suất dư trên mặt nước trong bình 40000 N/m^2 .

b) Áp suất trong bình sẽ thay đổi như thế nào nếu mực thủy ngân trong hai nhánh bằng nhau.

Giải

a) Xác định độ chênh mực thủy ngân (tìm h_2) :

Chọn mặt đẳng áp như hình vẽ :

Ta có : $p_A = p_B$

$$p_A = p_0 + \gamma_{H_2O} \cdot (h_1 + h_2)$$

$$p_B = p_a + \gamma_{Hg} \cdot h_2$$

$$\Rightarrow p_0 + \gamma_{H_2O} \cdot (h_1 + h_2) = p_a + \gamma_{Hg} \cdot h_2$$

$$\Leftrightarrow h_2 (\gamma_{Hg} - \gamma_{H_2O}) = (p_0 - p_a) + \gamma_{H_2O} \cdot h_1$$

Mà $p_0 - p_a = p_d$

$$\text{Vậy : } h_2 = \frac{p_d + \gamma_{H_2O} \cdot h_1}{(\gamma_{H_2O} - \gamma_{Hg})} = \frac{40000 + 9810 \cdot 0,013}{132890 - 98100} = 0,334 \text{ (m)}$$

b) Áp suất trong bình khi mực thủy ngân trong hai nhánh bằng nhau :

Ta có : $p_C = p_D$; $p_C = p_0 + \gamma_{H_2O} \cdot h$; $p_D = p_a \Rightarrow p_0 + \gamma_{H_2O} \cdot h = p_a$

$$\Leftrightarrow \gamma_{H_2O} \cdot h = p_a - p_0 = p_{ck}$$

$$\Leftrightarrow p_{ck} = \gamma_{H_2O} \cdot h = \gamma_{H_2O} \cdot (h_1 + \frac{1}{2} h_2)$$

$$= 9810 \cdot (0,13 + \frac{1}{2} \cdot 0,334) = 2913,57 \approx 0,0297 \text{ (at)}$$

Bài 4. Một áp kế vi sai gồm một ống chữ U đường kính $d = 5\text{mm}$ nối hai bình có đường kính $D = 50\text{mm}$ với nhau. Máy đựng đầy hai chất lỏng không trộn lẫn với nhau, có trọng lượng riêng gần bằng nhau : dung dịch rượu êtylic trong nước ($\gamma_1 = 8535 \text{ N/m}^3$) và dầu hỏa ($\gamma_2 = 8142 \text{ N/m}^3$). Lập quan hệ giữa độ chênh lệch áp suất $\Delta p = p_1 - p_2$ của khí áp kế phải đo với độ dịch chuyển của mặt phân cách các chất lỏng (h) tính từ vị trí ban đầu của nó (khi $\Delta p = 0$). Xác định Δp khi $h = 250\text{mm}$.

Giải

a) Lập mối quan hệ giữa độ chênh lệch áp suất $\Delta p = p_1 - p_2$:

Chọn mặt đẳng áp như hình vẽ :

Khi $\Delta p = 0$ ($p_1 = p_2$): thì mặt phân cách giữa hai lớp chất lỏng khác nhau ở vị trí cân bằng O : $p_A = p_B$; $p_A = p_1 + \gamma_1 \cdot h_1$; $p_B = p_2 + \gamma_2 \cdot h_2$

Theo điều kiện bình thông nhau : $\gamma_1 \cdot h_1 = \gamma_2 h_2 \Rightarrow h_1 = \frac{\gamma_2 h_2}{\gamma_1}$

Khi $\Delta p > 0$ ($p_1 > p_2$): thì mực nước trong bình 1 hạ xuống 1 đoạn Δh và đồng thời mực nước bình 2 tăng lên 1 đoạn Δh . Khi đó mặt phân cách di chuyển lên trên 1 đoạn h so với vị trí O.

$$p_A = p_1 + \gamma_1 \cdot (h_1 - \Delta h)$$

$$p_B = p_2 + \gamma_2 \cdot (h_2 + \Delta h - h) + \gamma_1 \cdot h$$

Theo tính chất mặt đẳng áp ta có :

$$\begin{aligned} p_1 + \gamma_1 \cdot (h_1 - \Delta h) &= p_2 + \gamma_2 \cdot (h_2 + \Delta h - h) + \gamma_1 \cdot h \\ \Leftrightarrow p_1 - p_2 &= \gamma_2 \cdot (h_2 + \Delta h - h) - \gamma_1 \cdot (h_1 - \Delta h) + \gamma_1 \cdot h \\ \Leftrightarrow p_1 - p_2 &= h \cdot (\gamma_1 - \gamma_2) + \Delta h \cdot (\gamma_1 + \gamma_2) - [\gamma_1 \cdot h_1 - \gamma_2 h_2] \quad (*) \end{aligned}$$

Ta thấy thể tích bình 1 giảm một lượng : $V = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \Delta h$

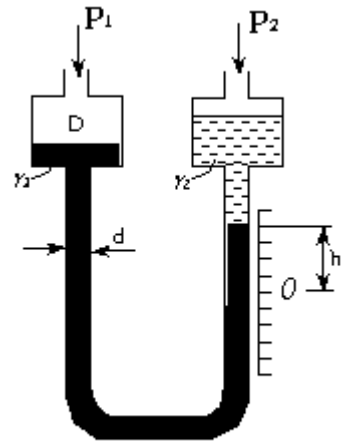
Thể tích trong ống dâng lên một lượng : $V' = \frac{\pi \cdot d^2}{4} h$

Ta có $V = V' \Rightarrow \Delta h = \frac{d^2}{D^2} h$ và $\gamma_1 \cdot h_1 = \gamma_2 h_2$ thay vào (*)

$$\begin{aligned} \Delta p = p_1 - p_2 &= h \cdot (\gamma_1 - \gamma_2) + \frac{d^2}{D^2} h \cdot (\gamma_1 + \gamma_2) \\ \text{Ta được :} & \\ &= h \left[(\gamma_1 - \gamma_2) + \frac{d^2}{D^2} \cdot (\gamma_1 + \gamma_2) \right] \end{aligned}$$

Tính Δp khi $h = 250\text{mm}$

$$\text{Ta có : } \Delta p = 0,25 \left[(8535 - 8142) + \frac{0,005^2}{0,05^2} (8535 + 8142) \right] = 140 \text{ N/m}^2$$



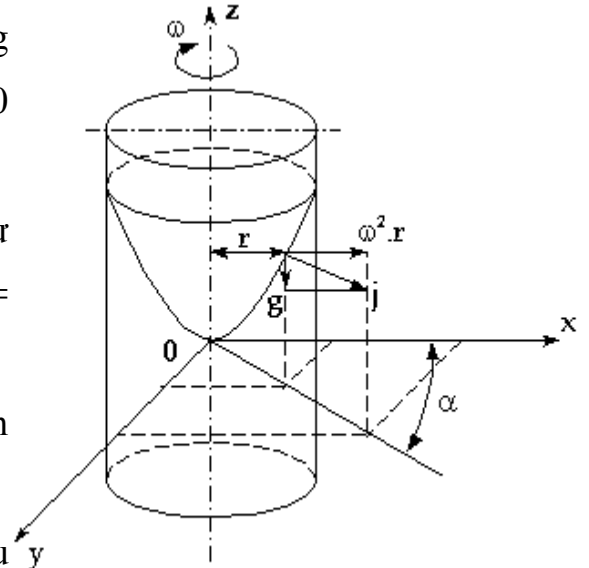
Hình 3

Bài 5. Một bình hở có đường kính $d = 500 \text{ mm}$, đựng nước quay quanh một trục thẳng đứng với số vòng quay không đổi $n = 90$ vòng/phút.

a) Viết phương trình mặt đẳng áp và mặt tự do, nếu mực nước trên trục bình cách đáy $Z_0 = 500 \text{ mm}$.

b) Xác định áp suất tại điểm ở trên thành bình cách đáy là $a = 100 \text{ mm}$.

c) Thể tích nước trong bình là bao nhiêu, nếu chiều cao bình là $H = 900 \text{ mm}$.



Hình 6

Giải

Chọn hệ trục tọa độ như hình vẽ :

a) Viết phương trình mặt đẳng áp và mặt tự do, nếu mực nước trên trục bình cách đáy $Z_0 = 500 \text{ mm}$.

Phương trình vi phân mặt đẳng áp :

$$Xdx + Ydy + Zdz = 0. \text{ Trong đó : } X = \omega^2 x ; Y = \omega^2 y ; Z = -g$$

Thay vào phương trình vi phân ta được : $\omega^2 x dx + \omega^2 y dy - g dz = 0$

$$\text{Tích phân : } \frac{1}{2} \omega^2 x^2 + \frac{1}{2} \omega^2 y^2 - g z = C \Leftrightarrow \frac{1}{2} \omega^2 (x^2 + y^2) - g.z = C$$

$$\Leftrightarrow \frac{1}{2} \omega^2 r^2 - g.z = C \quad (*)$$

$$\text{Vậy phương trình mặt đẳng áp là : } z = \frac{\omega^2 r^2}{2g} + C$$

Đối với mặt tự do cách đáy $Z_0 = 500 \text{ mm}$

Tại mặt tự do của chất lỏng thì : $x = y = 0$ và $z = z_0$ thay vào (*) $\Rightarrow C = -g.z_0$

$$\text{Vậy phương trình mặt tự do sẽ là : } z = \frac{\omega^2 r^2}{2g} - g.z_0 \text{ hay } z = \frac{\omega^2 r^2}{2g} + z_0$$

b) Xác định áp suất tại điểm trên thành bình cách đáy 1 khoảng $a = 100 \text{ mm}$:

Phương trình phân bố áp suất : $dp = \rho(Xdx + Ydy + Zdz)$

Trong đó : $X = \omega^2 x$; $Y = \omega^2 y$; $Z = -g$

Thay vào ta được : $dp = \rho(\omega^2 x dx + \omega^2 y dy - g dz)$

Tích phân : $p = \rho \left(\frac{1}{2} \omega^2 x^2 + \frac{1}{2} \omega^2 y^2 - g z \right) + C \Leftrightarrow p = \rho \left[\frac{1}{2} \omega^2 (x^2 + y^2) - g.z \right] + C$

$$\Leftrightarrow p = \rho \left[\frac{1}{2} \omega^2 r^2 - g.z \right] + C \quad (**)$$

Tại mặt tự do (tại O) ta có : $x = y = 0$ và $z = z_0 \Rightarrow p = p_a$

Thay vào (**) $\Rightarrow C = -\rho.g.z_0 + p_a$

$$(**) \Leftrightarrow p = \rho \frac{1}{2} \omega^2 r^2 - \rho.g.z + p_a + \rho.g.z_0 \Leftrightarrow p_a + \gamma.h + \rho \frac{\omega^2 r^2}{2}$$

$$\text{Vì } \begin{cases} h = z_0 - z \\ r^2 = x^2 + y^2 \\ \gamma = \rho.g \end{cases}$$

Điểm trên thành bình cách đáy 100mm có :

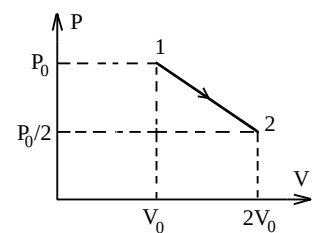
$$p_a = 1 \text{at} \quad ; \quad r = \frac{d}{2} = \frac{0,5}{2} = 0,25 \text{m}$$

$$h = z_0 - z = 500 - 100 = 400 = 0,4 \text{m} \quad ; \quad \omega = \frac{\pi.n}{30} = \frac{3,14.90}{30} = 9,42 \text{ rad/s}$$

Áp suất tại điểm này sẽ là :

$$\Leftrightarrow p_d = p - p_a = \gamma.h + \rho \frac{\omega^2 r^2}{2} = 9810.0,4 + 1000 \frac{9,42^2.0,25^2}{2} = 6697 \text{ N/m}^2 = 0,068 \text{ at}$$

Bài 6: Một mol khí lí tưởng thực hiện quá trình giãn nở từ trạng thái 1 (P_0, V_0) đến trạng thái 2 ($P_0/2, 2V_0$) có đồ thị trên hệ tọa độ P-V như hình vẽ. Biểu diễn quá trình ấy trên hệ tọa độ P-T và xác định nhiệt độ cực đại của khối khí trong quá trình đó.



(ĐỀ THI HSG QG 1991-1992)

Giải

- Vì đồ thị trên P-V là đoạn thẳng nên ta có: $P = \alpha V + \beta$ (*); trong đó α và β là các hệ số phải tìm.

- Khi $V = V_0$ thì $P = P_0$ nên: $P_0 = \alpha V_0 + \beta$ (1)

- Khi $V = 2V_0$ thì $P = P_0/2$ nên: $P_0/2 = 2\alpha V_0 + \beta$ (2)

- Từ (1) và (2) ta có: $\alpha = -P_0 / 2V_0$; $\beta = 3P_0 / 2$

- Thay vào (*) ta có phương trình đoạn thẳng đó : $P = \frac{3P_0}{2} - \frac{P_0}{2V_0} V$ (**)

- Mặt khác, phương trình trạng thái của 1 mol khí : $PV = RT$ (***)

- Từ (**) và (***) ta có : $T = \frac{3V_0}{R} P - \frac{2V_0}{RP_0} P^2$

- T là hàm bậc 2 của P nên đồ thị trên T - P là một phần parabol

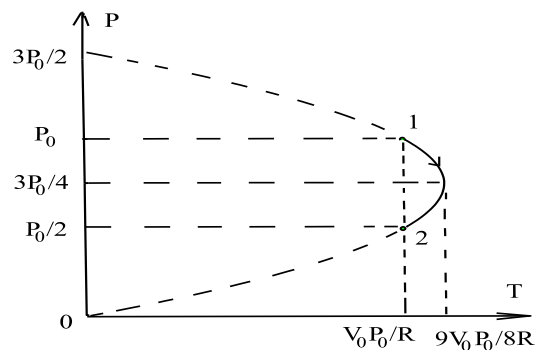
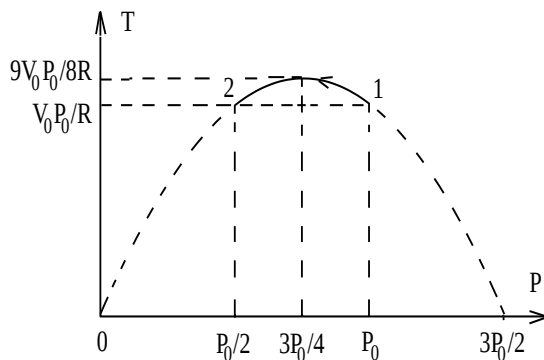
+ khi $P = P_0$ và $P = P_0/2$ thì $T = T_1 = T_2 = \frac{P_0 V_0}{R}$;

+ khi $T = 0$ thì $P = 0$ và $P = 3P_0/2$.

- Ta có : $T'_{(P)} = \frac{3V_0}{R} - \frac{4V_0}{RP_0} P \Rightarrow T'_{(P)} = 0 \Leftrightarrow P = \frac{3P_0}{4}$;

cho nên khi $P = \frac{3P_0}{4}$ thì nhiệt độ chất khí là $T = T_{\max} = \frac{9V_0 P_0}{8R}$

- Đồ thị biểu diễn quá trình đó trên hệ tọa độ T - P là một trong hai đồ thị dưới đây :



NX: đây là dạng bài tập đồ thị, bắt buộc học sinh phải vận dụng kiến thức toán học về đồ thị để phán đoán bài toán cho dạng đồ thị gì, phương trình toán học tương ứng. Bài toán cho học sinh thấy, một bài vật lí cần phải nắm vững kiến thức toán học về nhiều khía cạnh.

Bài 7. Một mol khí lí tưởng thực hiện chu trình 1-2-3-1. Trong đó, quá trình 1 - 2 được biểu diễn bởi phương trình $T = T_1(2 - bV)bV$ (với b là một hằng số

đương và thể tích $V_2 > V_1$). Quá trình 2 - 3 có áp suất không đổi. Quá trình 3 - 1 biểu diễn bởi phương trình : $T = T_1 b^2 V^2$. Biết nhiệt độ ở trạng thái 1 và 2 là: T_1 và $0,75T_1$. Hãy tính công mà khối khí thực hiện trong chu trình đó theo T_1 .

Giải:

+ Để tính công mà khối khí thực hiện , ta vẽ đồ thị biểu diễn chu trình biến đổi trạng thái của chất khí trong hệ tọa độ hệ tọa độ (PV)

+ Quá trình biến đổi từ 1-2: $T = PV/R$ và $T = T_1(2 - bV)bV$

$$\Rightarrow P = -Rb^2T_1V + 2RbT_1$$

+ Quá trình 2-3 là quá trình đẳng áp $P_2 = P_3$

+ Quá trình biến đổi từ 3-1 $T = PV/R$ và $T = T_1 b^2 V^2 \Rightarrow$

$$P = Rb^2T_1V$$

+Thay $T = T_1$ vào phương trình $T = T_1(2 - bV)bV$

$$\Rightarrow V_1 = 1/b \Rightarrow P_1 = RbT_1$$

+Thay $T_2 = 0,75T_1$ vào phương trình $T = T_1(2 - bV)bV \Rightarrow$

$$V_2 = 3/2b = 1,5V_1 \text{ v} \mu V_2 = 0,5V_1 (\text{vì } V_2 > V_1 \text{ nên loại nghiệm } V_2 = 0,5V_1)$$

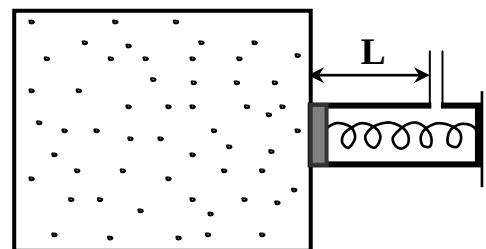
+ Thay $V_2 = 1,5/b$ vào $P = -Rb^2T_1V + 2RbT_1$

$$\Rightarrow P_2 = P_3 = 0,5RbT_1 = 0,5P_1 \Rightarrow V_3 = 0,5V_1 = 1/2b .$$

+Ta có công $A = 0,5(P_1 - P_2).(V_2 - V_3) = 0,25RT_1$

Bài 8 (bài toán cơ nhiệt):

Một bình có thể tích V chứa một mol khí lí tưởng và có một cái van bảo hiểm là một xilanh (có kích thước rất nhỏ so với bình) trong đó có một pít tông diện tích S , giữ bằng lò xo có độ cứng k (hình 2). Khi nhiệt độ của khí là T_1 thì pít tông ở cách lỗ thoát



Hình 2

khí một đoạn là L . Nhiệt độ của khí tăng tới giá trị T_2 thì khí thoát ra ngoài. Tính T_2 ?

Giải

Kí hiệu P_1 và P_2 là các áp suất ứng với nhiệt độ T_1 và T_2 ; Δl là độ co ban đầu của lò xo, áp dụng điều kiện cân bằng của piston ta luôn có:

$$k.\Delta l = p_1 S; k.(\Delta l + L) = p_2 S \Rightarrow k.L = (p_2 - p_1)S; (1);$$

Vì thể tích của xilanh không đáng kể so với thể tích V của bình nên có thể coi thể tích của khối khí không đổi và bằng V ;

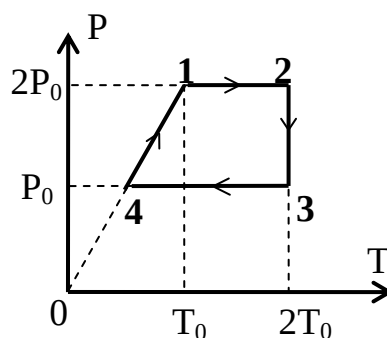
áp dụng phương trình trạng thái ta luôn có:

$$\left. \begin{array}{l} \frac{P_1 V}{T_1} = R; \Rightarrow P_1 \cdot V = RT_1. \\ \frac{P_2 V}{T_2} = R \Rightarrow P_2 \cdot V = RT_2. \end{array} \right\} \Rightarrow P_2 - P_1 = \frac{R}{V}(T_2 - T_1) \quad (2)$$

Từ (1) và (2) ta có hệ phương trình
$$\begin{cases} P_2 - P_1 = \frac{R}{V}(T_2 - T_1) \\ kL = (P_2 - P_1)S \end{cases}$$

Như vậy khí thoát ra ngoài khi nhiệt độ của khí lên đến: $T_2 = T_1 + \frac{kLV}{RS}$

Bài 9: Có 1 g khí Heli (coi là khí lý tưởng đơn nguyên tử) thực hiện một chu trình 1 – 2 – 3 – 4 – 1 được biểu diễn trên giản đồ P-T như hình vẽ. Cho $P_0 = 10^5 \text{Pa}$; $T_0 = 300\text{K}$.



- 1) Tìm thể tích của khí ở trạng thái 4.
- 2) Hãy nói rõ chu trình này gồm các đẳng quá trình nào. Vẽ lại chu trình này trên giản đồ P-V và trên giản đồ V-T (cần ghi rõ giá trị bằng số và chiều biến đổi của chu trình).
- 3) Tính công mà khí thực hiện trong từng giai đoạn của chu trình.

Giải:

- a) Quá trình 1 – 4 có P tỷ lệ thuận với T nên là quá trình đẳng tích, vậy thể tích ở trạng thái 1 và 4 là bằng nhau: $V_1 = V_4$. Sử dụng phương trình C-M ở trạng thái 1 ta có:

$$P_1 V_1 = \frac{m}{\mu} RT_1, \text{ suy ra: } V_1 = \frac{m}{\mu} \frac{RT_1}{P_1}$$

Thay số: $m = 1\text{g}$; $\mu = 4\text{g/mol}$; $R = 8,31 \text{ J/(mol.K)}$; $T_1 = 300\text{K}$ và $P_1 = 2 \cdot 10^5$

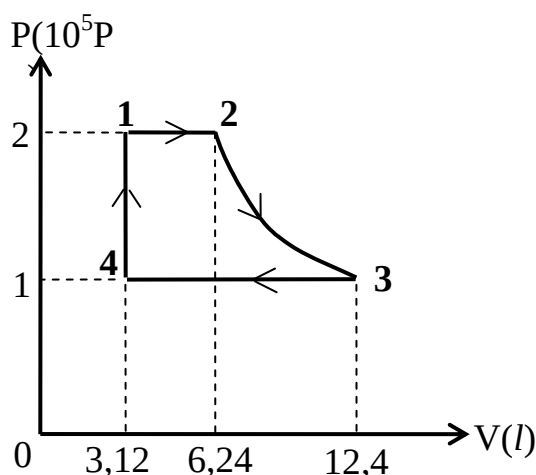
$$\text{Pa ta được: } V_1 = \frac{1}{4} \frac{8,31 \cdot 300}{2 \cdot 10^5} = 3,12 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$$

b) Từ hình vẽ ta xác định được chu trình này gồm các đẳng quá trình sau:

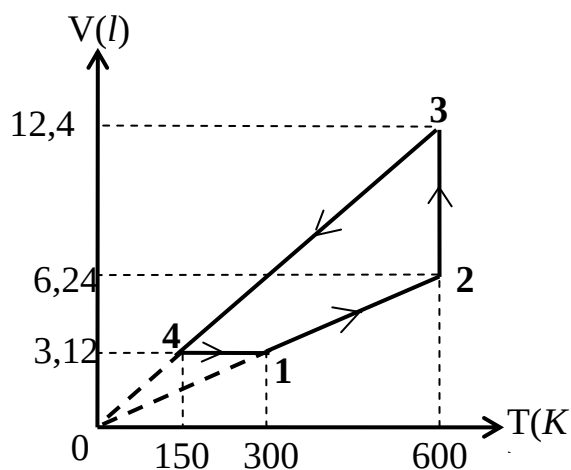
1 – 2 là đẳng áp; 2 – 3 là đẳng nhiệt;

3 – 4 là đẳng áp; 4 – 1 là đẳng tích.

Vì thế có thể vẽ lại chu trình này trên giản đồ P-V (hình a) và trên giản đồ V-T (hình b) như sau:



Hình a



Hình b

c) Để tính công, trước hết sử dụng phương trình trạng thái ta tính được các thể tích: $V_2 = 2V_1 = 6,24 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$; $V_3 = 2V_2 = 12,48 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$.

Công mà khí thực hiện trong từng giai đoạn:

$$A_{12} = p_1(V_2 - V_1) = 2 \cdot 10^5 (6,24 \cdot 10^{-3} - 3,12 \cdot 10^{-3}) = 6,24 \cdot 10^2 \text{ J}$$

$$A_{23} = p_2 V_2 \ln \frac{V_3}{V_2} = 2 \cdot 10^5 \cdot 6,24 \cdot 10^{-3} \ln 2 = 8,65 \cdot 10^2 \text{ J}$$

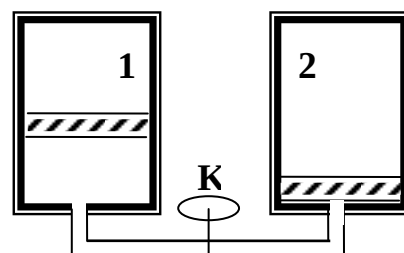
$$A_{34} = p_3(V_4 - V_3) = 10^5 (3,12 \cdot 10^{-3} - 12,48 \cdot 10^{-3}) = -9,36 \cdot 10^2 \text{ J}$$

$$A_{41} = 0 \text{ vì đây là quá trình đẳng áp.}$$

Bài 10(bài toán cơ nhiệt).

Hai xi lanh cách nhiệt giống hệt nhau được nối với nhau bằng một ống cách nhiệt có kích thước nhỏ, trên ống

nối có lắp một van K. Lúc đầu K đóng. Trong xi lanh 1, dưới pit-tông khối lượng M, chứa một



Hình 1

lượng khí lý tưởng đơn nguyên tử có khối lượng mol μ , nhiệt độ T_0 . Trong xi lanh 2 có pit-tông khối lượng $m = M/2$ và không chứa khí. Phần trên của pit-tông trong hai xi lanh là chân không. Sau đó van K được mở để khí từ xi lanh 1 tràn qua xi lanh 2. Xác định nhiệt độ của khí sau khi khí đã cân bằng, biết rằng khi đó phần trên của pit-tông trong xi lanh 2 vẫn còn khoảng trống. Cho $\nu\mu/M = 0,1$, với ν là số mol khí; ma sát giữa pit-tông và xi lanh là rất nhỏ.

Giải

Khi K mở, toàn bộ lượng khí chuyển qua xi lanh 2.

Kí hiệu: H_0 – độ cao cột khí trong bình 1 khi K chưa mở;

H và T – độ cao và nhiệt độ cột khí trong xi lanh 2 khi K mở và khí đã cân bằng.

Áp dụng nguyên lý thứ nhất nhiệt động lực học có:

$$\frac{3}{2}\nu R(T - T_0) = MgH_0 - mgH + \frac{\nu\mu g}{2}(H_0 - H)$$

Trước khi K mở, ở xi lanh 1: $P_0 = \frac{Mg}{S}; V_0 = H_0 S \rightarrow MgH_0 = \nu RT_0 \rightarrow gH_0 = \frac{\nu}{M} RT_0$

Sau khi K mở và khí đã cân bằng, ở xi lanh 2: $gH = \frac{\nu}{m} RT$

Vậy: $\frac{3}{2}\nu R(T - T_0) = \nu R(T_0 - T) + \frac{\nu\mu}{2}\left(\frac{\nu}{M} RT_0 - \frac{\nu}{m} RT\right)$ Hay: $T = T_0 \frac{1 + \frac{\nu\mu}{5M}}{1 + \frac{2\nu\mu}{5M}} = 0,98T_0$

Bài 11(bài toán cơ nhiệt).

Một xi lanh cách nhiệt nằm ngang được chia thành hai phần nhờ một pit-tông mỏng dẫn nhiệt. Pit-tông được nối với một thành ở đầu xi lanh bằng một lò xo nhẹ. Ở hai bên của pit-tông đều có ν mol khí lý tưởng đơn nguyên tử. Xi lanh có chiều dài 2ℓ , chiều dài của lò xo lúc chưa dẫn là $\ell/2$. Ở trạng thái ban đầu lò xo bị dẫn một đoạn là X và nhiệt độ của khí trong hai phần của xi lanh là T . Sau đó, người ta đục một lỗ nhỏ qua thành của pit-tông. Xác định độ biến thiên nhiệt độ của khí trong xi lanh ΔT sau khi khí trong xi lanh đã cân bằng. Bỏ qua nhiệt lượng hấp thụ bởi xilanh, pit-tông, lò xo và ma sát giữa pit-tông và xi lanh.

Giải:

Ở trạng thái đầu, lực đàn hồi của lò so cân bằng với lực tác động lên pit-tông gây ra bởi độ chênh lệch về áp suất ở hai bên của pit-tông.

$$\frac{\nu RT}{(\frac{3l}{2}-x)} - \frac{\nu RT}{(\frac{l}{2}+x)} = -kx \quad \Rightarrow k = \frac{\nu RT}{x} \left(\frac{1}{\frac{l}{2}+x} - \frac{1}{\frac{3l}{2}-x} \right)$$

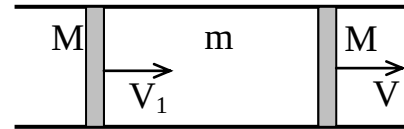
Sau khi pit-tông thủng, áp suất hai bên pit-tông cân bằng, độ giãn của lò xo bằng không. Toàn bộ năng lượng từ thế năng đàn hồi dự trữ trong lò xo biến

thành nội năng của khí, nên: $\frac{kx^2}{2} = \frac{3}{2} 2\nu R \Delta T$

$$\text{Vậy: } \Delta T = \frac{kx^2}{6\nu R} = \frac{x}{6} \left(\frac{1}{\frac{l}{2}+x} - \frac{1}{\frac{3l}{2}-x} \right) T = \frac{2x}{3} \frac{l-2x}{(l+2x)(3l-2x)} T$$

Bài 12 (áp dụng định luật bảo toàn năng lượng trong bài toán cơ nhiệt):

Trong một xilanh cách nhiệt khá dài nằm ngang có nhốt 1 mol khí lí tưởng đơn nguyên tử có khối lượng m nhờ hai pittông cách nhiệt có khối lượng bằng nhau và bằng M có thể chuyển động không ma sát trong xilanh (Hình 4).



Hình 4

Lúc đầu hai pittông đứng yên, nhiệt độ của khí trong xilanh là T_0 . Truyền cho hai pittông các vận tốc v_1, v_2 cùng chiều ($v_1=3v_0, v_2=v_0$). Tìm nhiệt độ cực đại mà khí trong xilanh đạt được, biết bên ngoài là chân không.

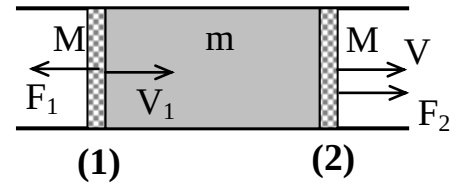
Giải:

* Khi pitton 1 chuyển động với vận tốc $v_1=3v_0$, pitton 2 chuyển động với vận tốc $v_2=v_0$, Thể tích của lượng khí giảm (khí bị nén), dẫn tới áp suất tăng, tăng cả sự chuyển động hỗn loạn của các phân tử khí $\Rightarrow$ nhiệt độ cũng tăng. Khi đó:

- Đối với pittông (1): lực tác dụng vào pittông theo phương ngang là lực đẩy F_1 (do áp suất khí bị tăng) ngược chiều v_1 nên pittông (1) chuyển động chậm dần đều.
- Đối với pittông (2): tương tự, lực đẩy F_2 (do áp suất khí bị tăng) cùng chiều v_2 nên pittông (2) chuyển động nhanh dần đều.

- Trong quá trình hai pittông chuyển động, khối khí nhốt trong xi lanh chuyển động theo.

- Chọn hệ quy chiếu gắn với pittông (2), vận tốc của pittông (1) đối với pittông (2) là:



$\vec{v}_{12} = \vec{v}_1 - \vec{v}_2 \rightarrow$ pittông (1) chuyển động về phía pittông (2) chậm dần rồi dừng lại tại thời điểm t_0 , sau đó $t > t_0$ thì pittông (1) chuyển động xa dần với pittông (2) và khí lại giãn nở (thể tích của lượng khí tăng, dẫn tới áp suất giảm, giảm cả sự chuyển động hỗn loạn của các phân tử khí $\Rightarrow$ nhiệt độ cũng giảm.)

$\Rightarrow$ Vậy ở thời điểm t_0 , Vận tốc hai pitton bằng nhau, và nhiệt độ lúc đó là lớn nhất

- Gọi G là khối tâm của khối khí trong xi lanh lúc $t < t_0$: khí bị nén, G chuyển động về phía pittông (2).

- Lúc $t > t_0$: khí bị giãn, G chuyển động ra xa dần pittông (2). Vậy ở THỜI ĐIỂM t_0 thì $v_G = 0 \rightarrow$ cả hai pittông cùng khối khí chuyển động cùng vận tốc v .

- Định luật bảo toàn động lượng (tại hai thời điểm: ngay khi truyền vận tốc cho 2 pitton và khi hai pitton cùng vận tốc so với trái đất) ta có:

$$M3v_0 + Mv_0 = (2M + m)v \rightarrow v = 4Mv_0 / (2M + m).$$

- Động năng của hệ lúc đầu: $W_{d1} = \frac{1}{2}M(v_1^2 + v_2^2) = 5Mv_0^2$.

- Động năng của hệ lúc ở t_0 là: $W_{d2} = \frac{1}{2}(2M + m)v^2$.

$\rightarrow$ Độ biến thiên động năng: $\Delta W = W_{d2} - W_{d1} = \frac{Mv_0^2(2M + 5m)}{2M + m}$.

- Nội năng của khí: $U = \frac{i}{2}nRT = \frac{3}{2}nRT \rightarrow \Delta U = \frac{3}{2}nR\Delta T = \frac{3}{2}nR(T_{\max} - T_0)$.

- Vì $\Delta U = Q + A = \Delta W$ nên $T_{\max} = T_0 + \frac{2}{3R} \frac{Mv_0^2(2M + 5m)}{2M + m}$ (do $n=1$)

(vì trong quá trình đó khí không nhận và không nhả nhiệt ra bên ngoài, A là công của ngoại lực nên nó đúng bằng độ biến thiên động năng)

NX: đây là bài toán cơ nhiệt nhưng chúng ta phải áp dụng cả định luật bảo toàn năng lượng, lại một bài toán dạng mới đối với HS.

Bài 13(Cơ – nhiệt).

Một xylanh đặt thẳng đứng, bịt kín hai đầu, được chia làm hai phần bởi một pittông nặng cách nhiệt. Cả hai bên pittông đều chứa cùng một lượng khí lý tưởng. Ban đầu khi nhiệt độ khí của hai phần như nhau thì thể tích phần khí ở trên pittông gấp $n = 2$ lần thể tích khí ở phần dưới pittông. Hỏi nếu nhiệt độ của khí ở phần trên pittông được giữ không đổi thì cần phải tăng nhiệt độ khí ở phần dưới pittông lên bao nhiêu lần để thể tích khí ở phần dưới pittông sẽ gấp $n = 2$ lần thể tích khí ở phần trên pittông ? Bỏ qua ma sát giữa pittông và xylanh.

Giải:

Lượng khí ở 2 phần xylanh là như nhau nên:

$$\frac{m}{\mu} \cdot R = \frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_1} = \frac{P_1' V_1'}{T_1} = \frac{P_2' V_2'}{T_2}$$

Vì $V_1 = nV_2$ nên $P_2 = nP_1$

Theo giả thiết: $V_1' = V_2' / n$, suy ra:

$$\frac{T_2}{T_1} = n \frac{P_2'}{P_1'} \quad (1)$$

Để tính $\frac{P_2'}{P_1'}$ ta dựa vào các nhận xét sau:

1. Hiệu áp lực hai phần khí lên pittông bằng trọng lượng Mg của pittông:

$$(P_2' - P_1')S = Mg = (P_2 - P_1)S ; \quad P_2' - P_1' = P_2 - P_1 = (n-1)P_1$$

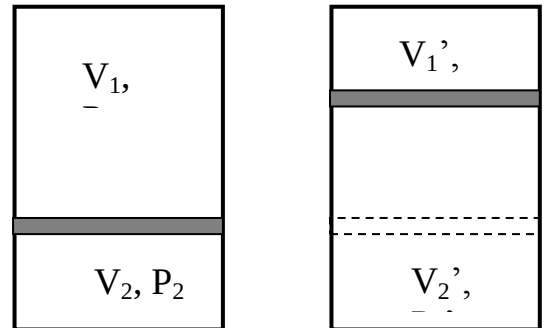
$$P_2' = P_1' + (n-1)P_1 \quad (2)$$

2. Từ phương trình trạng thái của khí lý tưởng ở phần trên của pittông:

$$P_1 V_1 = P_1' V_1' \rightarrow P_1 = P_1' \cdot \frac{V_1'}{V_1} \text{ Thay vào (2), ta suy ra: } \frac{P_2'}{P_1'} = 1 + (n-1) \frac{V_1'}{V_1} \quad (3)$$

3. Để tìm $\frac{V_1'}{V_1}$ ta chú ý là tổng thể tích 2 phần khí là không đổi:

$$V_1 + V_2 = V_1' + V_2' ; V_1 + \frac{V_1}{n} = V_1' + nV_1' \Rightarrow \frac{V_1'}{V_1} = \frac{1}{n}$$



Thay vào (3) ta được: $\frac{P_2'}{P_1} = 1 + (n-1)\frac{1}{n} = \frac{2n-1}{n}$

Thay vào (1) ta có kết quả: $\frac{T_2}{T_1} = n \frac{P_2'}{P_1} = 2n-1 = 3.$

Bài 14: Một lượng khí lý tưởng ở 27°C được biến đổi qua 2 giai đoạn: Nén đẳng nhiệt đến áp suất gấp đôi, sau đó cho giãn nở đẳng áp về thể tích ban đầu.

1) Biểu diễn quá trình trong hệ tọa độ p-V và V-T.

2) Tìm nhiệt độ cuối cùng của khí.

Giải:

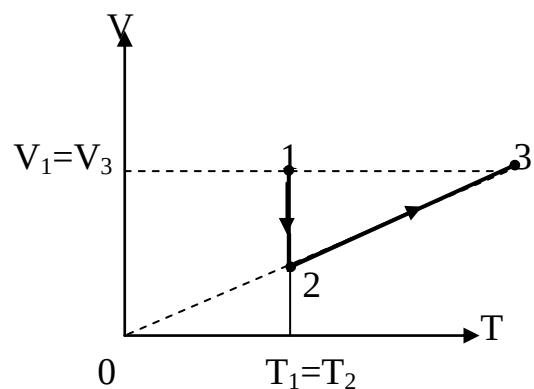
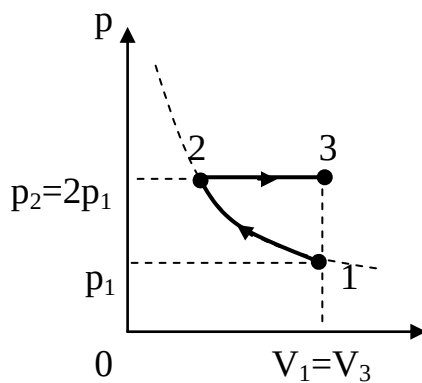
1) Theo bài ra ta vẽ được đồ thị như 2 hình dưới đây

2) Từ (1) đến (2) là quá trình đẳng nhiệt nên ta có:

$$p_1 V_1 = p_2 V_2 \quad \text{Với } p_1 = p_2$$

Từ (2) đến (3) là quá trình giãn đẳng áp nên ta có: $V_1 = V_3$ và:

$$\frac{V_3}{T_3} = \frac{V_2}{T_2} \Rightarrow T_3 = \frac{V_3}{V_2} T_2 = \frac{V_1}{V_2} T_2. \text{ Kết hợp (a) và (b) ta có: } T_3 = \frac{p_2}{p_1} T_2 = 2 \cdot 300 = 600^\circ\text{K}$$



2.2. Áp dụng nguyên lí I cho chu trình.

Ví dụ 1:

Dùng một bơm xe đạp (bơm có piston) để bơm một quả bóng đá. Lúc đầu ruột bóng xẹp. Sau 40 lần bơm, quả bóng căng và thể tích là 3 lít. Cho rằng độ đàn hồi của ruột bóng và vỏ da là không đáng kể, ma sát trong bơm của thể bỏ qua, nhiệt độ của khí không thay đổi, hãy xác định:

a, áp suất cuối cùng trong quả bóng.

b, Công tiêu tốn trong quá trình bơm bóng và trong 20 lần bơm đầu tiên.

Cho biết: mỗi nhát bơm, bơm hút 150cm^3 không khí vào thân bơm rồi đẩy toàn bộ số khí ấy vào trong bóng; áp suất khí quyển là $1\text{atm} = 10^5\text{pa}$

Hướng dẫn giải:

a, $p = 2\text{atm}$

$$\text{b, } A = RT \ln \frac{p_2}{p_1} = 416J$$

- Trong 20 nhát đầu tiên, ta chỉ làm nhiệm vụ chuyển không khí từ ngoài trời vào ruột bóng mà không nén khí. Công tiêu tốn khi không có ma sát.

Ví dụ 2:

Một mol khí lưỡng nguyên tử từ trạng thái 1 với $p_1 = 2 \cdot 10^5\text{Pa}$, $V_1 = 8,31\text{ dm}^3$, giãn nở đẳng nhiệt đến trạng thái 2 có thể tích $V_2 = 6V_1$, rồi bằng quá trình đẳng tích 2-3 và đoạn nhiệt cân bằng 3-1 trở lại trạng thái 1.

a, Tính các thông số của trạng thái và vẽ đồ thị P-V.

b, Tính cộng nhận được của lượng khí và nhiệt lượng trong từng quá trình và trong cả chu trình.

Hướng dẫn giải:

a,

$$(1) \left\{ p_1 = 2 \cdot 10^5\text{Pa}, V_1 = 8,31\text{ dm}^3, T_1 = \frac{p_1 V_1}{R} = 200K \right\}$$

$$\Rightarrow (2) \left\{ p_2 = \frac{p_1}{6}, V_2 = 6 \cdot V_1, T_2 = \frac{p_1 V_1}{R} = 200K \right\}$$

$$\Rightarrow (3) \left\{ p_3 = \frac{p_1}{12,3} = 16260\text{Pa}, V_3 = 6 \cdot V_1, T_3 = 98K \right\}$$

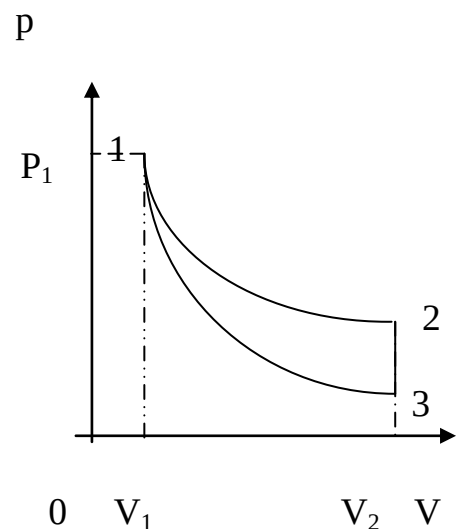
b,

$$1-2: \Delta U = 0; Q_{12} = A_{12} = RT_1 \ln \frac{p_1}{p_2} = 2978J;$$

$$2-3: A_{23} = 0, Q_{23} = \Delta U_{23} = C_v(T_3 - T_2) = -2119J$$

$$3-1: Q_{31} = 0; A_{31} = \Delta U_{31} = C_v(T_1 - T_3) = -2119J$$

$$Q = Q_{12} + Q_{23} + Q_{31} = A = A_{12} + A_{23} + A_{31} = 859J$$

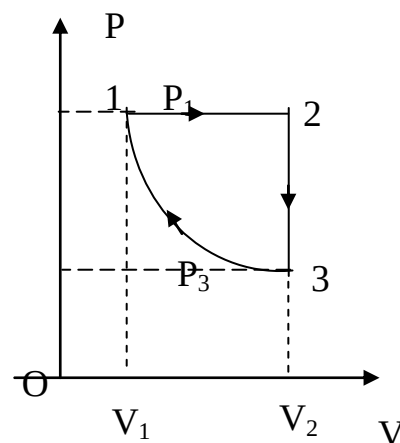


Ví dụ 3:

Một mol khí lí tưởng thực hiện chu trình thuận nghịch được biểu diễn trên hình vẽ. Biết:

- Nội năng U của một mol khí lí tưởng có biểu thức $U = kRT$. Trong đó k là hệ số có giá trị tùy thuộc vào loại khí ($k = 1,5$ đối với khí đơn nguyên tử, $k = 2,5$ đối với khí lưỡng nguyên tử), R là hằng số khí, T là nhiệt độ tuyệt đối.

- Công mà khí thực hiện trong quá trình 1-2 gấp n lần công mà ngoại lực thực hiện để nén khí trong quá trình đoạn nhiệt 3-1.



a, Tìm hệ thức liên hệ giữa n, k , và hiệu suất h của chu trình.

b, Cho biết khí nói trên là khí lưỡng nguyên tử và hiệu suất 25%. Tính n .

c, Giả sử khối khí lưỡng nguyên tử trên thực hiện một quá trình thuận nghịch nào đó được biểu diễn trong mặt phẳng pV bằng một đoạn thẳng có đường kéo dài đi qua gốc tọa độ. Tính nhiệt dung của khối khí trong quá trình đó.

Hướng dẫn giải:

a,

$$A_{12} = P_1(V_2 - V_1) = R.(T_2 - T_1)$$

$$A_{23} = 0$$

$$\text{Công thực hiện trong toàn chu trình: } A = A_{12} + A_{23} + A_{31} = \left(1 - \frac{1}{n}\right)A_{12}$$

$Q_{31} = 0$ vì là quá trình đoạn nhiệt:

$$Q_{23} = A_{23} + \Delta U_{23} = \Delta U_{23} = k.R(T_3 - T_2) < 0$$

Vậy khí chỉ nhận nhiệt trong quá trình 1-2: $Q_{12} = A_{12} + \Delta U_{12} = (k+1).R.(T_2 - T_1)$

Hiệu suất của quá trình: $h = \frac{A}{Q} = \frac{n-1}{n(k+1)} \Rightarrow n-1 = n.h(k+1) \quad (1)$

b, $n=8$

c, phương trình đoạn thẳng đi qua gốc tọa độ có dạng $\frac{p}{T} = \text{const} \quad (2)$

ngoài ra ta còn có phương trình: $p.V = n.RT \quad (3)$

- xét quá trình yếu tố: $dQ = dA + dU = p.dV + \frac{5}{2}RdT \quad (4)$

từ (2) và (3) ta có: $p.dV - V.dp = 0; p.dV + V.dp = RdT \Rightarrow p.dV = 0,5RdT \quad (5)$

Thay (5) vào(4): $dQ = 0,5RdT + \frac{5}{2}RdT = 3RdT \Rightarrow C = \frac{dQ}{dT} = 3R$

Các bài tập vận dụng(có đáp số hoặc lời giải):

Bài 1: (QG 2001- ngày thứ nhất)

1. Cho một mol khí lí tưởng lưỡng nguyên tử ở áp suất p_1 , thể tích V_1 và nhiệt độ T_1 . Cho khí giãn đoạn nhiệt thuận nghịch tới thể tích V_2 . Biết phương trình của biến đổi đoạn nhiệt là $p.V^\gamma = \text{const}$ (γ là tỉ số nhiệt dung đẳng áp và nhiệt dung đẳng tích)

a, Tính nhiệt độ T_2 của khí sau khi giãn.

b, Tính độ biến thiên nội năng ΔU của khí, từ đó suy ra biểu thức của công A_1 , mà khí sinh ra theo p_1, V_1, V_2 .

2. Sau quá trình giãn nói trên khí được làm nóng đẳng tích tới nhiệt độ ban đầu T_1 , rồi lại giãn đoạn nhiệt thuận nghịch tới thể tích V_3 .

a, Biểu diễn hai quá trình giãn trên đồ thị $p - V$.

b, Tính công A_2 mà khí sinh ra trong quá trình giãn khí thứ hai và công tổng cộng $A = A_1 + A_2$ mà khí sinh ra trong hai quá trình giãn trên theo p_1 và V_1, V_2, V_3

c, Nếu V_1 và V_3 cho trước, với giá trị nào của V_2 thì công A là cực tiểu? So sánh A_1 và A_2 khi đó.

Hướng dẫn giải:

1.

a, Lập pt: $T_2 = T_1 \left(\frac{V_1}{V_2} \right)^{\gamma-1}$

$$\text{b, } \Delta U = \frac{m}{\mu} C_v (T_2 - T_1) = \frac{p_1 \cdot V_1}{\gamma - 1} \left[\left(\frac{V_1}{V_2} \right)^{\gamma-1} - 1 \right]$$

$$\text{Vì quá trình đoạn nhiệt nên } A_1 = -\Delta U = -\frac{m}{\mu} C_v (T_2 - T_1) = -\frac{p_1 \cdot V_1}{\gamma - 1} \left[\left(\frac{V_1}{V_2} \right)^{\gamma-1} - 1 \right]$$

2.

a, đồ thị như hình vẽ:

$$\text{b, } A_2 = -\Delta U = -\frac{m}{\mu} C_v (T_3 - T_2) = -\frac{p_2 \cdot V_2}{\gamma - 1} \left[\left(\frac{V_2}{V_3} \right)^{\gamma-1} - 1 \right]$$

$$A = A_1 + A_2 = \frac{p_1 \cdot V_1}{\gamma - 1} \left[2 - \left(\frac{V_2}{V_3} \right)^{\gamma-1} - \left(\frac{V_1}{V_2} \right)^{\gamma-1} \right]$$

$$\text{c, Ta viết lại biểu thức A như sau } A = A_1 + A_2 = \frac{p_1 \cdot V_1}{\gamma - 1} [2 - B]$$

$$\text{Trong đó: } B = \left(\frac{V_2}{V_3} \right)^{\gamma-1} + \left(\frac{V_1}{V_2} \right)^{\gamma-1}$$

- Nếu cho trước V_1 và V_3 thì B là số hạng của tổng có tích không đổi và bằng

$$\left(\frac{V_1}{V_3} \right)^{\gamma-1}. B \text{ sẽ là cực tiểu khi hai số hạng bằng nhau } \left(\frac{V_2}{V_3} \right)^{\gamma-1} = \left(\frac{V_1}{V_2} \right)^{\gamma-1} \Rightarrow V_2 = \sqrt{V_1 \cdot V_3}$$

khí đó A sẽ đạt cực tiểu. Nếu A_1 hoặc A_2 bằng 0, nghĩa là $V_2 = V_1$, hoặc $V_2 = V_3$ không phù hợp với giả thiết có hai quá trình giãn khác nhau.

Bài 2:

Một mol khí đơn nguyên tử, lí tưởng thực hiện chu trình biến đổi sau: từ trạng thái 1 với áp suất $p_1 = 10^5 \text{ Pa}$, nhiệt độ $T_1 = 600\text{K}$, dẫn nở đoạn nhiệt đến trạng thái 2 có áp suất $2,5 \cdot 10^4 \text{ Pa}$, rồi bị nén đẳng áp đến trạng thái 3 có $T_3 = 300\text{K}$, rồi bị nén đẳng nhiệt đến trạng thái 4 và trở lại trạng thái 1 bằng quá trình đẳng tích.

1, Tính các thể tích V_1, V_2, V_3 và áp suất p_4 . Vẽ đồ thị chu trình trong tọa độ p-V (trục hoành V, trục tung p).

2, Chất khí nhận hay sinh bao nhiêu công, nhận hay tỏa bao nhiêu nhiệt lượng trong mỗi quá trình và trong cả chu trình?

(Đề thi HSG QG năm 1991-1992)

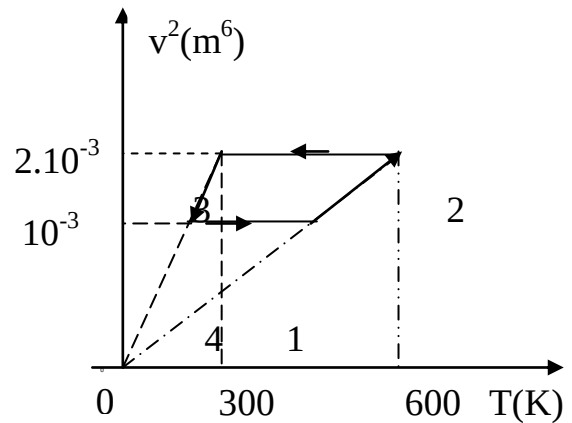
Đ/S: $0,05\text{m}^3$; $0,02\text{m}^3$, $0,1\text{m}^3$, $p_4 = 5 \cdot 10^4 \text{ P}_a$,

$Q = 2683\text{J}$, $A = 2683\text{J}$

Bài 3:

Một mol khí lưỡng nguyên tử thực hiện chu trình kín được biểu diễn trên đồ thị $T - V^2$ hình vẽ 3

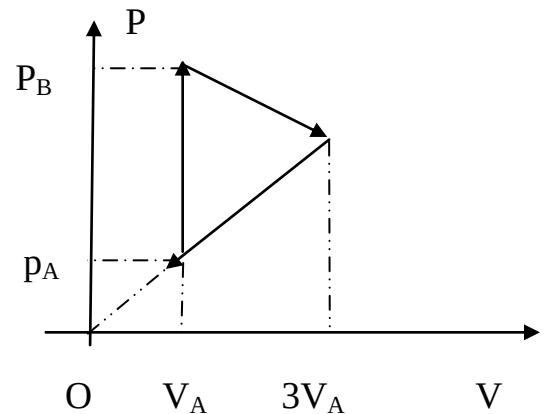
Hãy biến đổi thành đồ thị $p - V$ từ đó tính ra công và hiệu suất của chu trình



Bài 4: (Trại hè hùng vương 2011)

Một lượng khí lí tưởng thực hiện một chu trình như hình vẽ. Nhiệt độ khí ở trạng thái A là 200K . Ở hai trạng thái B và C khí có cùng nhiệt độ.

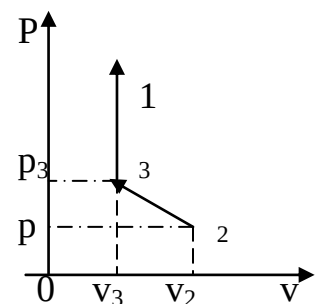
- Xác định nhiệt độ cực đại của khí.
- Vẽ đồ thị biểu diễn chu trình đó trên hệ tọa độ $T - V$



Hình vẽ

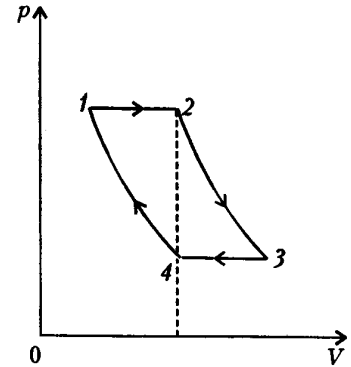
Bài 5 (olympic 30-4 năm 2004):

Một mol khí lí tưởng đơn nguyên tử từ trạng thái ban đầu (1) với nhiệt độ $T_1 = 100\text{K}$ dẫn nở qua tua bin vào chân không. Khối khí sinh công và chuyển (không thuận nghịch) sang trạng thái (2) có $V_2 = 3V_1$, trong quá trình này, khối khí không trao đổi nhiệt lượng với bên ngoài. Sau đó bị nén theo quá trình thuận nghịch mà áp suất phụ thuộc tuyến tính vào



thể tích đến trạng thái (3). Với $V_3 = V_1$ và $T_2 = T_3$, (T_2 là nhiệt ở trạng thái (2)). Tiếp đó khí biến đổi đẳng tích về trạng thái đầu (1) hình vẽ. Tính công mà khí sinh ra trong quá trình dẫn từ 1 đến 2 biết trong quá trình (231) tổng nhiệt lượng mà khí nhận được $Q = 72\text{J}$.

Bài 6. Trên giản đồ pV đối với một khối lượng khí lý tưởng nào đó, gồm hai quá trình đẳng nhiệt cắt hai quá trình đẳng áp tại các điểm 1, 2, 3, 4 (xem hình vẽ). Hãy xác định tỷ số nhiệt độ T_3/T_1 của chất khí tại các trạng thái 3 và 1, nếu biết tỷ số thể tích $V_3/V_1 = \alpha$. Cho thể tích khí tại các trạng thái 2 và 4 bằng nhau.



Giải:

Xét hai đoạn đẳng áp với phương trình có dạng $T/V = \text{const}$. Nghĩa là ta có:

$$\frac{T_1}{V_1} = \frac{T_2}{V_2} \quad \text{và} \quad \frac{T_3}{V_3} = \frac{T_4}{V_4} \quad (1)$$

Nhưng do $T_2 = T_3$; $T_1 = T_4$ (do quá trình 2-3 và 4-1 là đẳng nhiệt) và $V_2 = V_4$

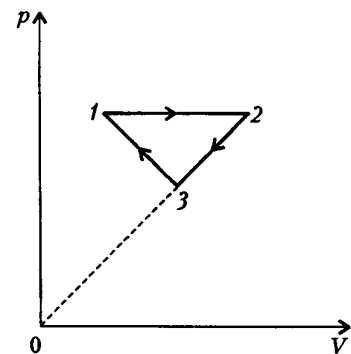
$$\text{(theo giả thiết), ta có: } \frac{T_3}{V_3} = \frac{T_4}{V_4} = \frac{T_1}{V_2} \quad (2)$$

$$\text{Từ (1) và (2) suy ra: } \frac{T_3}{T_1} = \frac{V_2}{V_1} \quad \text{và} \quad \frac{T_3}{T_1} = \frac{V_3}{V_2}$$

Nhân hai phương trình trên với nhau, ta được:

$$\left(\frac{T_3}{T_1}\right)^2 = \frac{V_3}{V_1} = \alpha \quad \text{Từ đó suy ra: } \frac{T_3}{T_1} = \sqrt{\alpha}$$

Bài 7: Trên hình vẽ cho chu trình thực hiện bởi n mol khí lý tưởng, gồm một quá trình đẳng áp và hai quá trình có áp suất p phụ thuộc tuyến tính vào thể tích V. Trong quá trình đẳng áp 1-2, khí thực hiện một công A và nhiệt độ của nó tăng 4 lần.



Nhiệt độ tại 1 và 3 bằng nhau. Các điểm 2 và 3 nằm trên đường thẳng đi qua gốc

toạ độ. Hãy xác định nhiệt độ khí tại điểm 1 và công mà khối khí thực hiện trong chu trình trên.

Giải:

Công do khí thực hiện trong quá trình đẳng áp 1-2 bằng:

$$A = p_1(V_2 - V_1) \quad \text{Vì} \quad p_1V_1 = nRT_1 \quad \text{và} \quad p_2V_2 = nRT_2 = 4nRT_1$$

Nên $A = 3nRT_1$ Suy ra: $T_1 = \frac{A}{3nR}$

Công mà khí thực hiện trong cả chu trình được tìm bằng cách tính diện tích tam giác 123 và bằng: $A_{ct} = \frac{1}{2}(p_1 - p_3)(V_2 - V_1)$

Từ các phương trình trạng thái ở trên ta tìm được:

$$V_1 = \frac{nRT_1}{p_1} = \frac{A}{3p_1} \quad \text{và} \quad V_2 = \frac{4nRT_1}{p_1} = \frac{4A}{3p_1} \quad \text{Do đó:} \quad A_{ct} = \frac{A}{2} \left(1 - \frac{p_3}{p_1} \right)$$

Vì các điểm 2 và 3 nằm trên đường thẳng đi qua gốc toạ độ nên: $\frac{p_3}{p_1} = \frac{V_3}{V_2}$

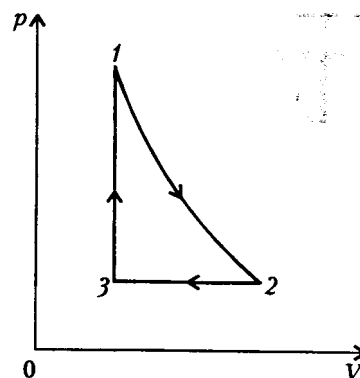
Mặt khác, cũng từ phương trình trạng thái ta có:

$$V_3 = \frac{nRT_1}{p_3} = \frac{A}{3p_3} \quad \text{và} \quad V_2 = \frac{4A}{3p_1} \quad \text{Từ đây suy ra:} \quad \frac{p_3}{p_1} = \frac{p_1}{4p_3} \quad \text{hay} \quad \frac{p_3}{p_1} = \frac{1}{2}$$

Vậy công mà khối khí thực hiện trong chu trình là:

$$A_{ct} = \frac{A}{4}.$$

Bài 8: Một mol khí hêli thực hiện một chu trình như hình vẽ gồm các quá trình: đoạn nhiệt 1-2, đẳng áp 2-3 và đẳng tích 3-1. Trong quá trình đoạn nhiệt hiệu nhiệt độ cực đại và cực tiểu của khí là ΔT . Biết rằng trong quá trình đẳng áp, khí toả ra một nhiệt lượng bằng Q. Hãy xác định công A do khối khí thực hiện trong chu trình trên.



Giải:

Trong quá trình đoạn nhiệt 1-2, T_1 là nhiệt độ cực đại, T_2 là nhiệt độ cực tiểu, bởi vậy có thể viết: $T_1 - T_2 = \Delta T$

Trong quá trình đẳng áp 2-3, áp dụng nguyên lý I nhiệt động lực học, ta có:

$$-Q = C_V(T_3 - T_2) + p_2(V_3 - V_2) \quad (1)$$

với $C_V = 3R/2$. Từ (1) và các phương trình trạng thái của các trạng thái 2 và 3, ta

$$\text{có: } T_2 - T_3 = \frac{Q}{C_V + R} = \frac{2Q}{5R}$$

Trên đoạn đẳng tích 3-1, khí không thực hiện công, còn độ tăng nội năng của khí là do nhiệt lượng mà khí nhận được:

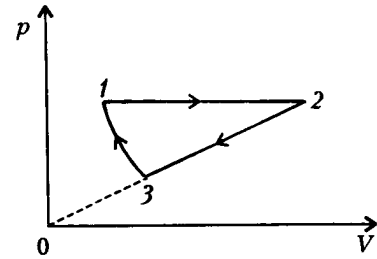
$$Q_{3-1} = C_V(T_1 - T_3) = C_V[(T_1 - T_2) + (T_2 - T_3)] = C_V(\Delta T + \frac{2Q}{5R})$$

Vậy công mà khối khí thực hiện sau một chu trình là: $A = Q_{3-1} - Q = \frac{3}{2}R\Delta T - \frac{2}{5}Q$.

Bài 9: Một khối khí hêli ở trong một xilanh có pittông di chuyển được. Người ta đốt nóng khối khí này trong điều kiện áp suất không đổi, đưa khí từ trạng thái 1 tới trạng thái 2.

Công mà khí thực hiện trong quá trình này là A_{1-2} .

2. Sau đó, khí bị nén theo quá trình 2-3, trong đó áp suất p tỷ lệ thuận với thể tích V . Đồng thời



khối khí nhận một công là A_{2-3} ($A_{2-3} > 0$). Cuối cùng khí được nén đoạn nhiệt về trạng thái ban đầu. Hãy xác định công A_{31} mà khí thực hiện trong quá trình này.

Giải:

Trong quá trình đẳng áp 1-2, công do khối khí thực hiện là:

$$A_{1-2} = p_1(V_2 - V_1) = nR(T_2 - T_1) \quad (1)$$

Trong quá trình 2-3, công do chất khí nhận vào có trị số bằng:

$$A_{2-3} = \frac{p_2 + p_3}{2}(V_2 - V_3) = \frac{p_2V_2 + p_3V_2 - p_2V_3 - p_3V_3}{2}$$

Vì trên giản đồ pV hai điểm 2 và 3 nằm trên đường thẳng đi qua gốc tọa độ, nên

$$\text{ta có: } \frac{p_2}{p_3} = \frac{V_2}{V_3} \text{ hay } p_3V_2 - p_2V_3 = 0$$

$$\text{Do đó: } A_{2-3} = \frac{p_2V_2 - p_3V_3}{2} = \frac{nR(T_2 - T_3)}{2} \quad (2)$$

Trong quá trình đoạn nhiệt 3-1, độ tăng nội năng của khối khí bằng công mà

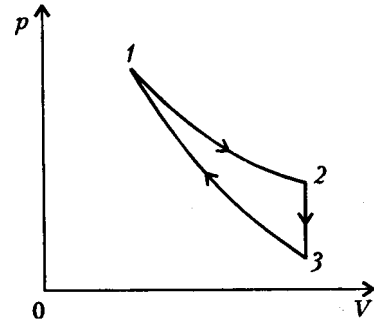
$$\text{khối khí nhận được: } A_{3-1} = \frac{3}{2}nR(T_1 - T_3) \quad (3)$$

Từ (1) và (2) suy ra: $T_1 - T_3 = \frac{2A_{2-3} - A_{1-2}}{nR}$

Thay biểu thức trên vào (3), ta được:

$$A_{3-1} = \frac{3}{2}nR(T_1 - T_3) = \frac{3}{2}(2A_{2-3} - A_{1-2}).$$

Bài 10: Cho một máy nhiệt hoạt động theo chu trình gồm các quá trình: đẳng nhiệt 1-2, đẳng tích 2-3 và đoạn nhiệt 3-1 (xem hình vẽ). Hiệu suất của máy nhiệt này là η và hiệu nhiệt độ cực đại



và cực tiểu của khí trong chu trình bằng ΔT . Biết rằng chất công tác trong máy nhiệt này là n mol khí lý tưởng đơn nguyên tử. Hãy xác định công mà khối khí đó thực hiện trong quá trình đẳng nhiệt.

Giải:

Trong đề bài đã cho hiệu suất của chu trình, nên trước hết ta phải tìm hiểu xem quá trình nào là nhận nhiệt và quá trình nào tỏa nhiệt. Trong quá trình đẳng nhiệt 1-2, khí thực hiện công A (thể tích tăng), và vì nội năng không đổi, nên quá trình này tỏa nhiệt lượng mà ta ký hiệu là Q_1 ($Q_1 = A$). Trong quá trình đẳng tích 2-3, khi thể tích không đổi, áp suất giảm. Điều này xảy ra là do nhiệt độ khí giảm và trong trường hợp đó khí tỏa một nhiệt lượng là Q_2 . Trong quá trình đoạn nhiệt 3-1, khí không nhận cũng không tỏa nhiệt và do thể tích giảm nên khí nhận công và nhiệt độ của nó tăng. Do đó, tại 3 khí có nhiệt độ nhỏ nhất là $T_{\min}$, còn nhiệt độ lớn nhất $T_{\max}$ của khối khí đạt được ở quá trình đẳng nhiệt 1-2. Do đó:

$$T_{\max} - T_{\min} = \Delta T$$

Theo định nghĩa, hiệu suất của chu trình bằng:

$$\eta = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1} = 1 - \frac{Q_2}{Q_1}$$

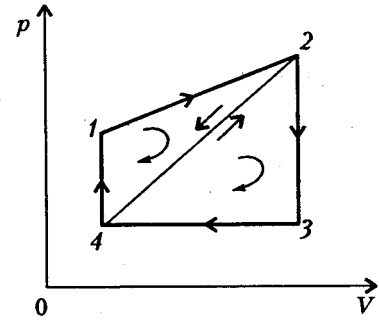
Mà như trên đã nói $Q_1 = A$. Mặt khác, trong quá trình 2-3, nhiệt lượng tỏa ra

$$\text{đúng bằng độ tăng nội năng: } Q_2 = \frac{3}{2}nR(T_{\max} - T_{\min}) = \frac{3}{2}nR\Delta T$$

Thay Q_1 và Q_2 vào công thức tính hiệu suất, ta được:

$$\eta = 1 - \frac{3nR\Delta T}{2A} \text{ Suy ra: } A = \frac{3nR\Delta T}{2(1-\eta)}.$$

Bài 11: Cho hiệu suất của chu trình 1-2-4-1 bằng η_1 và của chu trình 2-3-4-2 bằng η_2 (xem hình vẽ). Hãy xác định hiệu suất của chu trình 1-2-3-4-1, biết rằng các quá trình 4-1, 2-3 là đẳng tích, quá trình 3-4 là đẳng áp, còn trong các quá trình 1-2; 2-4 áp suất p phụ thuộc



tuyến tính vào thể tích V . Các quá trình nói trên đều được thực hiện theo chiều kim đồng hồ. Biết rằng chất công tác ở đây là khí lý tưởng.

Giải:

Xét chu trình 1-2-4-1. Trong quá trình 1-2, khí nhận một nhiệt lượng mà ta ký hiệu là Q_1 . Trong quá trình 2-4, khí toả một nhiệt lượng là Q_2 . Trong quá trình đẳng tích 4-1, khí nhận một nhiệt lượng là Q_3 . Công do khí thực hiện trong cả chu trình là A_1 . Theo định nghĩa hiệu suất: $\eta_1 = \frac{A_1}{Q_1 + Q_3}$

Mặt khác, $\eta_1 = 1 - \frac{Q_2}{Q_1 + Q_3}$, suy ra: $Q_2 = (1 - \eta_1)(Q_1 + Q_3)$

Xét chu trình 2-3-4-2, trong các quá trình 2-3 và 3-4, khí đều toả nhiệt. Khí chỉ nhận nhiệt trong quá trình 4-2 và lượng nhiệt nhận vào này hiển nhiên là bằng Q_2 . Vậy hiệu suất của chu trình này bằng: $\eta_2 = \frac{A_2}{Q_2}$

trong đó A_2 là công do khí thực hiện trong chu trình này. Dùng biểu thức của Q_2 nhận được ở trên ta có thể viết:

$\eta_2 = \frac{A_2}{(1 - \eta_1)(Q_1 + Q_3)}$ Hiệu suất của chu trình 1-2-3-4-1 bằng: $\eta_3 = \frac{A_1 + A_2}{Q_1 + Q_3}$

Rút A_1 và A_2 từ các biểu thức của η_1 và η_2 , rồi thay vào biểu thức trên, ta được:

$$\eta_3 = \eta_1 + \eta_2 - \eta_1 \eta_2.$$

2.3. Nguyên lý thứ hai của nhiệt động lực học

Ví dụ 1: Tính công cực đại mà một động cơ nhiệt có thể sinh ra nếu dùng nguồn nóng là một thỏi sắt có khối lượng $m = 1\text{kg}$ và nhiệt độ ban đầu $T_1 = 1500\text{K}$, nguồn lạnh là nước biển ở nhiệt độ $T_0 = 285\text{K}$. Nhiệt dung riêng của sắt $c = 0,46\text{J/g.K}$.

Giải:

Với một nguồn nóng và một nguồn lạnh đã cho thì hiệu suất cực đại, do đó công sinh ra cực đại, ứng với chu trình các nô thuận nghịch.

Khi miếng sắt có nhiệt độ T dùng làm nguồn nóng cho chu trình các nô, nhiệt lượng dQ_1 mà tác nhân nhận được do miếng sắt giảm nhiệt độ dT .

$$dQ_1 = -mcdT$$

Hiệu suất của chu trình các nô: $H = \frac{T - T_0}{T}$

Công dA sinh ra : $dA = HdQ_1 = \frac{T - T_0}{T}(-mcdT) = -mcdT + T_0mc \frac{dT}{T}$

Công cực đại sinh ra ứng với sự giảm nhiệt độ của nguồn nóng từ T_1 đến T_0

$$A_{\max} = \int dA = \int_T^{T_0} -mcdT + \int_T^{T_0} T_0mc \frac{dT}{T} = 340kJ$$

Ví dụ 2:

Máy điều hòa nhiệt độ hai cực, hai chiều là một kiểu máy lạnh có thể chạy theo hai chiều(hai chiều bơm của tác nhân trong máy, còn chiều diễn biến trên giản đồ p - V thì luôn luôn ngược chiều kim đồng hồ). Mùa hè máy chạy theo một chiều, ứng với chiều này dàn máy đặt trong phòng là dàn lạnh còn dàn máy đặt ngoài trời là dàn nóng, máy nhận công và chuyển nhiệt lượng trong phòng ra ngoài làm mát không khí trong phòng. Mùa đông máy chạy theo chiều ngược lại, ứng với chiều này, dàn máy trong phòng trở thành dàn nóng còn dàn đặt ngoài trời trở thành dàn lạnh, máy nhận công và chuyển nhiệt lượng từ ngoài trời vào phòng, sưởi ấm không khí trong phòng.

Vào một ngày trời lạnh, nhiệt độ ngoài trời là -13°C , người ta cho máy chạy để giữ nhiệt độ trong phòng 17°C .

Nếu máy chạy theo chu trình các nô thuận nghịch thì công nhận 1J. Máy chuyển một nhiệt lượng bao nhiêu cho phòng?

Giải:

Máy điều hòa bây giờ đóng vai trò máy bơm nhiệt lượng, hiệu suất bơm là

$$\varepsilon = \frac{Q_1}{A} = \frac{Q_1}{Q_1 - Q_2} = \frac{T_1}{T_1 - T_2} = 9,67$$

Khi nhận công 1J thì máy chuyển cho phòng nhiệt lượng 9,67J. sưởi bằng bơm nhiệt lượng như vậy tiêu tốn công ít hơn sưởi bằng lò sưởi điện.

Ví dụ 3:

Động cơ nhiệt lý tưởng làm việc giữa hai nguồn nhiệt có nhiệt độ 270C và 1270C. Nhiệt lượng mà tác nhân nhận được từ nguồn nóng trong một chu trình là 2400J. Tính:

- Hiệu suất của động cơ.
- Công mà động cơ thực hiện được trong một chu trình.
- Nhiệt lượng tác nhân truyền cho nguồn lạnh trong một chu trình

Giải:

a) Hiệu suất của chu trình lý tưởng:

$$\eta_c = \frac{A}{Q_1} = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1} = 1 - \frac{Q_2}{Q_1} = 1 - \frac{T_2}{T_1} = 1/3$$

b) Công thực hiện trong 1 chu trình: $\eta_c = \frac{A}{Q_1}$ Suy ra: $A=800J$

c) Nhiệt lượng truyền cho nguồn lạnh $A=Q_1 - Q_2$ Suy ra $Q_2=1600J$

Bài tập vận dụng(có đáp số hoặc hướng dẫn)

Bài 1:

Động cơ lý tưởng có hiệu suất H chạy theo chiều nghịch. Tính nhiệt lượng lớn nhất có thể lấy từ nguồn lạnh nếu động cơ nhận công A.

Hướng dẫn:

Hiệu suất làm lạnh $C = \frac{Q_2}{A} = \frac{T_1}{T_1 - T_2}$ là cực đại đối với máy lạnh chạy theo chu

trình các thuận nghịch.

Với các công A' thì giá trị cực đại của nhiệt lượng Q_2 lấy từ nguồn lạnh là

$$Q_{2MAX} = A' \frac{T_2}{T_1 - T_2}. \text{ Chú ý } H = \frac{T_1 - T_2}{T_1} \Rightarrow Q_{2MAX} = A' \frac{1-H}{H}$$

Bài 2:

Nhiệt độ của môi trường là 20^0C . ản nhiệt nóng chảy của nước là 334kJ/kg . Tính công nhỏ nhất cần tiêu thụ để:

- a, Làm cho 1kg nước ở 0^0C đông đặc.
- b, Làm cho 1kg nước ở nhiệt độ môi trường đông đặc.

Hướng dẫn:

$$\text{a, } dA = HdQ_1; H = \frac{T_1 - T_2}{T_1}; A_{MIN} = \frac{T_1 - T_0}{T_{01}} Q_2 = 24,5\text{KJ}$$

b, Muốn làm cho 1kg nước ở $T_1=293\text{K}$ đông đặc thì cần làm cho nước lạnh đi từ nhiệt độ 293K đến $T_0=273\text{K}$ rồi sau đó làm đông đặc ở nhiệt độ T_0 . Công nhỏ nhất cần thiết để làm đông đặc nước đã tính ở câu a). Bây giờ tính công để làm lạnh, ta có:

$$dQ_2 = -mcdT; dA = HdQ_2 = \frac{T - T_1}{T} (-mcdT) = -mcdT + T_1 mc \frac{dT}{T}$$

Lấy tích phân ta được công nhỏ nhất, ứng với quá trình thuận nghịch là 3kJ .

Bài 3:

Tủ lạnh không thể cách nhiệt hoàn toàn. Giả thiết rằng công suất dẫn nhiệt từ ngoài trời vào là $0,1\text{ W}$. Để duy trì nhiệt độ thấp trong tủ(giữ nhiệt độ không đổi) máy lạnh cần chạy liên tục với công suất là bao nhiêu trong trường hợp sau đây?

- a, Phòng lạnh có nhiệt độ -13^0C và môi trường ngoài trời 20^0C .
- b, Phòng lạnh có nhiệt độ 10^{-4} K và môi trường ngoài trời 20^0C .

Hướng dẫn giải:

- a, $A=0,013\text{J}$. Công suất của máy là $0,013\text{w}$ (nhỏ)
- b, $A= 290\text{KkJ}$. Công suất của máy là 290kw (lớn)

Nếu máy lạnh không phải là lí tưởng thì công suất của máy phải lớn hơn những giá trị tính ở trên. Để duy trì nhiệt độ thấp gần 0 K , công suất làm lạnh khá cao, tỷ lệ thuận với công suất dẫn nhiệt từ ngoài vào và tỷ lệ nghịch với nhiệt độ thấp cần duy trì.

2.4. Sự chuyển thể

Ví dụ : Trong xi lanh cách nhiệt đặt trong khí quyển, dưới một pittong có trọng lượng không đáng kể, có một g hơi nước bão hòa. Người ta đưa vào xi lanh $m=1\text{g}$ nước ở nhiệt độ 20^0C . Bỏ qua nhiệt dung của xi lanh và ma sát, hãy tính công của lực áp suất của khí quyển tác dụng lên xi lanh.

Giải:

m gam nước nóng lên từ T_0 295K đến $T = 373$ K nhận một nhiệt lượng $mc(T-T_0)$, để có nhiệt lượng đó Δm gam hơi nước ngưng tụ, nhiệt lượng do hơi nước ngưng tụ $\Delta m \cdot L$ bằng nhiệt lượng làm nóng nước: $\Delta m \cdot L = mc(T-T_0)$

Với Δm gam hơi nước ngưng tụ, thể tích hơi nước giảm một lượng ΔV sao cho

$\Delta V \cdot p_0 = \frac{\Delta m}{\mu} RT$ với p_0 là áp suất khí quyển. Công của áp suất khí quyển là:

$$W = \Delta V \cdot p_0 = \frac{cm(T-T_0)}{\mu L} RT = 25J$$

Các bài tập vận dụng:

Bài 1: Không gian trong xi lanh, dưới pittong, có thể tích $V_0=5,0\text{L}$ chứa hơi bão hòa ở nhiệt độ 100^0C . Nén hơi đẳng nhiệt đến thể tích $V=1,6$ L. Tìm khối lượng nước ngưng tụ. Coi hơi bão hòa như lí tưởng.

Hướng dẫn:

$$|A| = p \cdot \Delta V = \frac{\Delta m}{\mu} RT = 120J \Rightarrow \Delta m = 2g$$

Bài 2: Hơi nước bão hòa ở nhiệt độ 100^0C chứa trong một xi lanh, dưới một pittong có trọng lượng không đáng kể. Đẩy pittong đi xuống chậm, một lượng hơi khối lượng $0,7\text{g}$ ngưng tụ lại. Tính công mà khí nhận được. Hơi coi như khí lí tưởng, thể tích của nước có thể bỏ qua.

Hướng dẫn:

$$|A| = p \cdot \Delta V = \frac{\Delta m}{\mu} RT = 120J$$

Bài 3: Nước có khối lượng $m= 20\text{g}$ ở nhiệt độ 0^0C trong một xi lanh cách nhiệt dưới 1 pittong có trọng lượng không đáng kể, có diện tích $S=410\text{ cm}^2$. Áp suất ngoài bằng áp suất khí quyển chuẩn. Nếu truyền cho nước nhiệt lượng $Q=20\text{kJ}$

thì pittong được nâng chiều cao bao nhiêu? ản nhiệt hóa hơi của nước là $L=2250\text{kJ/kg}$.

Hướng dẫn:

$$h = \frac{Q - mc\Delta T}{L\mu p_0 S} RT = 21\text{cm}$$

Bài 4: Một bình hình trụ(xi lanh) chứa không khí và nước, được đóng kín bằng một pittong di động. Nhiệt độ của bình và khí không đổi. Thể tích ban đầu $V_1=22,4\text{L}$, áp suất ban đầu $p_1=3\text{atm}$. Pitton chuyển động chậm để hơi trong bình luôn bão hòa. Khi thể tích hơi trong bình tăng gấp đôi là $V_2=2V_1$ thì nước lỏng không còn và áp suất trong bình là $p_2=2\text{atm}$. Hãy tính:

- áp suất p_b của hơi nước bão hòa.
- Khối lượng khí trong bình?
- Khối lượng toàn phần của nước(hơi + lỏng) trong bình.
- Tính công mà khí tác dụng lên pittong.
- Tính nhiệt lượng cần cung cấp cho không khí và nước để giữ nhiệt độ không đổi.

Biết ản nhiệt hóa hơi của nước ở nhiệt độ của khí là $L=2250\text{J/g}$.

Hướng dẫn giải:

a, $p_b=1\text{atm}$

b, $m_k=42,5\text{g}$

c, $m_n=26,4\text{g}$

d, $A = \int_{V_1}^{V_2} p dV = \int_{V_1}^{V_2} (p_k + p_b) dV = 5,4\text{kJ}$

e, $Q=33\text{kJ}$

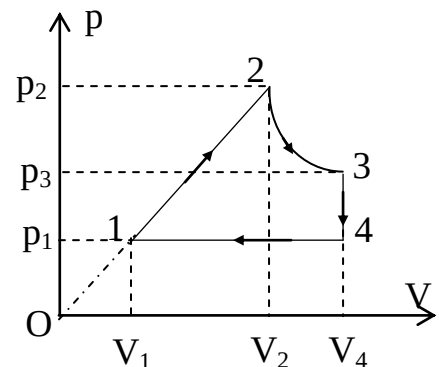
Nhận xét: Trước kia, khi chưa có chuyên đề này, đối với học sinh trường THPT chuyên Lê Quý Đôn nói riêng và các học sinh miền núi phía bắc nói chung rất sợ phần “ sự chuyển thể” và “Nguyên lí II của nhiệt động lực học” nó bắt đầu đề cập đế khí thực. Nhưng sau khi tôi giảng dạy theo chuyên đề này, tôi nhận thấy HS không còn sợ và mơ hồ về các vấn đề trên nữa, cũng chính vì vậy

mà đề thi HSGQG năm 2015 vừa rồi, học sinh của tôi là khá tốt, khi tôi lấy đề và yêu cầu HS làm nghiêm túc để tôi kiểm tra.

MỘT SỐ BÀI TRONG ĐỀ THI QUỐC GIA

Bài 1: (HSG QG 2003)

Cho một mol khí lí tưởng đơn nguyên tử biến đổi theo một chu trình thuận nghịch được biểu diễn trên đồ thị như hình 3; trong đó đoạn thẳng 1- 2 có đường kéo dài đi qua gốc toạ độ và quá trình 2 - 3 là đoạn nhiệt. Biết : $T_1 = 300\text{K}$; $p_2 = 3p_1$; $V_4 = 4V_1$.



Hình 3

1. Tính các nhiệt độ T_2 , T_3 , T_4 .
2. Tính hiệu suất của chu trình.
3. Chứng minh rằng trong quá trình 1-2 nhiệt dung của khí là hằng số.

Hướng dẫn giải:

$$1. T_2 = T_1 \frac{p_2 V_2}{p_1 V_1} = 9T_1 = 2700^0\text{K}$$

$$(\text{thay } V_3 = V_4) ; T_3 = T_2 \left(\frac{V_2}{V_3} \right)^{\gamma-1} = T_2 \left(\frac{3}{4} \right)^{2/3} = 0,825T_2 = 7,43T_1 = 2229^0\text{K}$$

$$\text{Quá trình 4 - 1 : } T_4 = T_1 \frac{V_4}{V_1} = 4T_1 = 1200^0\text{K}$$

$$2. \eta = \frac{A}{Q_{1-2}} = 20,97\% \approx 21\%.$$

$$3. \text{Vi phân hai vế: } pV = RT \quad (1) ; pV^{-1} = \text{hằng số}$$

$$pdV + Vdp = RdT$$

$$- pV^{-2}dV + V^{-1}dp = 0 \quad . \text{Giải hệ: } pdV = -Vdp = 0,5RdT$$

$$dQ = C_v dT + p dV = 1,5RdT + 0,5RdT = 2RdT$$

$$C = dQ/dT = 2R = \gamma R$$

Bài 2(HSG QG 2004):

Cho một mol khí lí tưởng có hệ số $\frac{C_p}{C_v} = \gamma$. Biết nhiệt dung mol của khí này phụ thuộc vào nhiệt độ tuyệt đối T theo công thức $C = a + bT$, trong đó a, b là các hằng số.

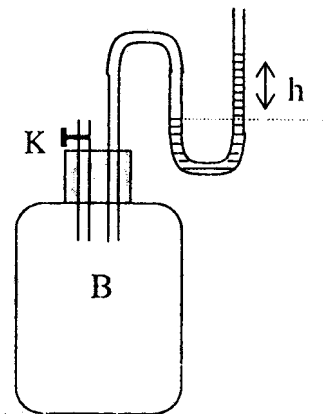
1. Tính nhiệt lượng cần truyền cho mol khí này để nó tăng nhiệt độ từ T_1 lên T_2 .
2. Tìm biểu thức thể hiện sự phụ thuộc của thể tích V vào nhiệt độ tuyệt đối T của mol khí này

Hướng dẫn giải:

$$1. Q = \int_{T_1}^{T_2} (a + bT) dT = a(T_2 - T_1) + \frac{b(T_2^2 - T_1^2)}{2}$$

$$2. V = AT^{\left(\frac{a}{R} - \frac{1}{\gamma - 1}\right)} e^{\frac{bT}{R}}, \quad A = h.s.$$

Bài 3(HSG QG 2005). Trong bình kín B có chứa hỗn hợp khí ôxi và hêli. Khí trong bình có thể thông với môi trường bên ngoài bằng một ống có khoá K và một ống hình chữ U hai đầu để hở, trong đó có chứa thuỷ ngân (áp kế thuỷ ngân như hình vẽ). Thể tích của khí trong ống chữ U nhỏ không đáng kể so với thể tích của bình. Khối khí trong bình cân bằng nhiệt với môi trường bên ngoài nhưng áp suất thì cao hơn nên sự chênh lệch của mức thuỷ ngân trong hai nhánh chữ U là $h = 6,2 \text{ cm}$. Người ta mở khoá K cho khí trong bình thông với bên ngoài rồi đóng lại ngay. Sau một thời gian đủ dài để hệ cân bằng nhiệt trở lại với môi trường bên ngoài thì thấy độ chênh lệch của mức thuỷ ngân trong hai nhánh là $h' = 2,2 \text{ cm}$. Cho $O = 16$; $He = 4$.



1. Hãy xác định tỷ số khối lượng của ôxi và hêli có trong bình.
2. Tính nhiệt lượng mà khí trong bình nhận được trong quá trình nói trên.
Biết số mol khí còn lại trong bình sau khi mở khoá K là $n = 1$; áp suất và

nhệt độ của môi trường lần lượt là $p_0 = 10^5 \text{ N/m}^2$; $T_0 = 300\text{K}$, khối lượng riêng của thủy ngân là $\rho = 13,6\text{g/cm}^3$; gia tốc trọng trường $g = 10\text{m/s}^2$.

Bài 4: (HSG QG 2006)

Một bình chứa khí oxy (O_2) nén ở áp suất $P_1 = 1,5 \cdot 10^7 \text{ Pa}$ và nhiệt độ $t_1 = 37^\circ\text{C}$, có khối lượng (cả bình) là $M_1 = 50\text{kg}$. Sau một thời gian sử dụng khí, áp kế chỉ $P_2 = 5 \cdot 10^6 \text{ Pa}$ và nhiệt độ $t_2 = 7^\circ\text{C}$. Khối lượng bình và khí lúc này là $M_2 = 49\text{kg}$. Tính khối lượng khí còn lại trong bình lúc này và tính thể tích của bình.

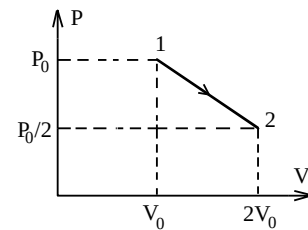
Hướng dẫn giải:

$$\Rightarrow m_2 = \frac{P_2 T_1 (M_1 - M_2)}{P_1 T_2 - P_2 T_1} = 0,585 \text{ (kg)}$$

Thể tích bình (bằng thể tích khí): $V = \frac{R \cdot T_2 \cdot m_2}{\mu \cdot P_2} = 0,0085 \text{ (m}^3\text{)} = \mathbf{8,5 \text{ (lít)}}$

Bài 5: (HSG QG 2007)

Một mol khí lí tưởng thực hiện quá trình giãn nở từ trạng thái 1 (P_0, V_0) đến trạng thái 2 ($P_0/2, 2V_0$) có đồ thị trên hệ toạ độ P-V như hình vẽ. Biểu diễn quá trình ấy trên hệ toạ độ P-T và xác định nhiệt độ cực đại của khối khí trong quá trình đó.



Hướng dẫn giải bên trên.

Bài 6: (HSG QG 2008)

Một quả bóng cao su hình cầu, vỏ rất mỏng, được bơm căng bằng khí hiđrô (khí lưỡng nguyên tử) nằm lơ lửng trong một bình thủy tinh. Bình thủy tinh được nối với một bơm chân không. Lúc đầu áp suất của khí trong quả bóng là p_1 , áp suất khí trong bình là p_2 và đường kính của quả bóng là d_0 .

1. Chứng minh rằng giữa p_1 và p_2 có hệ thức $p_1 = p_2 + \frac{4W}{d_0}$

với W là công cần thực hiện để tăng diện tích mặt ngoài của vỏ quả bóng lên một đơn vị diện tích; W có giá trị không đổi.

2. Cho biết $p_2 = \frac{15}{16}p_1$. Cho bơm hoạt động để hút hết khí trong bình (hút chân không).

Xét hai trường hợp:

a. Quá trình bơm được thực hiện một cách từ từ để cho nhiệt độ của hệ không thay đổi.

b. Quá trình bơm được thực hiện rất nhanh.

Tính bán kính lớn nhất của quả bóng sau từng quá trình bơm trên. So sánh hai kết quả thu được và giải thích tại sao chúng khác nhau.

Hướng dẫn:

1. Giả sử đường kính quả bóng tăng một lượng nhỏ dx .

$$\text{Từ } dA = Wds \rightarrow (p_1 - p_2)dV = Wds \text{ với } dV = d\left(\frac{4\pi r^3}{3}\right) = \frac{\pi d^2}{2}dx;$$

$$ds = d(4\pi r^2) = 2\pi d \cdot dx \rightarrow (p_1 - p_2) \frac{\pi d_0^2}{2} dx = W \cdot 2\pi d_0 \cdot dx \quad (1) \rightarrow p_1 - p_2 = \frac{4W}{d_0}$$

$$2. \text{ Thay } p_2 = \frac{15}{16}p_1 \text{ vào (1) ta được } p_1 = \frac{64W}{d_0} \quad (2)$$

a.

$$\frac{64W}{d_0} = \frac{4W}{d_1} \left(\frac{d_1}{d_0}\right)^3 \rightarrow d_1 = 4d_0$$

b.

$$\frac{\frac{64W}{d_0}}{\frac{4W}{d_2}} = \left(\frac{d_2}{d_0}\right)^{\frac{21}{5}} \rightarrow \left(\frac{d_2}{d_0}\right)^{\frac{16}{5}} = 16 \rightarrow d_2 = (16)^{\frac{5}{16}} d_0 \approx 2,38d_0$$

c. Ta thấy $d_1 > d_2$. Vì trong quá trình đẳng nhiệt khí có xu hướng lạnh đi, nên để giữ nhiệt độ không đổi, khí phải được nhận nhiệt. Năng lượng này làm bóng căng thêm.

Bài 7 (HSG QG 2009)

Dùng máy lạnh để làm đông đặc 2 kg nước thành nước đá ở 0°C . Nhiệt độ môi trường là 30°C . Cho biết ẩn nhiệt nóng chảy của nước đá là $\lambda = 334 \text{ kJ/kg}$ và nhiệt dung riêng của nước là $C = 4,18 \text{ kJ/kg.K}$.

Tính công tối thiểu cần tiêu thụ trong hai trường hợp:

1. Ban đầu nước có nhiệt độ 0°C .
2. Ban đầu nước có nhiệt độ bằng nhiệt độ của môi trường.

Hướng dẫn giải:

$$1. A_{\min} = 668 \cdot \frac{303 - 273}{273} = 73,4 \text{ kJ}$$

$$2. A = A'_{\min} + A_{\min} = 86,7 \text{ kJ.}$$

Bài 8: (HSG QG 2010)

Người ta đưa một quả cầu bằng nước đá ở nhiệt độ $t_0 = 0^{\circ}\text{C}$ vào sâu và giữ đứng yên trong lòng một hồ nước rộng có nhiệt độ đồng đều $t_1 = 20^{\circ}\text{C}$. Do trao đổi nhiệt, quả cầu bị tan dần. Giả thiết rằng sự trao đổi nhiệt giữa nước hồ và quả cầu nước đá chỉ do sự dẫn nhiệt. Biết hệ số dẫn nhiệt của nước là $k = 0,6 \text{ J.s}^{-1}.\text{m}^{-1}.\text{K}^{-1}$; nhiệt nóng chảy của nước đá là $\lambda = 334.10^3 \text{ J.kg}^{-1}$; khối lượng riêng của nước đá là $\rho = 920 \text{ kg.m}^{-3}$; nhiệt lượng truyền qua diện tích S vuông góc với phương truyền nhiệt trong thời gian dt là $dQ = -kS \frac{dT}{dx} dt$ với $\frac{dT}{dx}$ là độ biến thiên nhiệt độ trên một đơn vị chiều dài theo phương truyền nhiệt.

Từ thời điểm quả cầu nước đá có bán kính $R_0 = 1,5 \text{ cm}$, hãy tìm:

- a. Thời gian để quả cầu tan hết.
- b. Thời gian để bán kính quả cầu còn lại một nửa.

Hướng dẫn giải:

a. Thời gian để quả cầu tan hết là t_m :

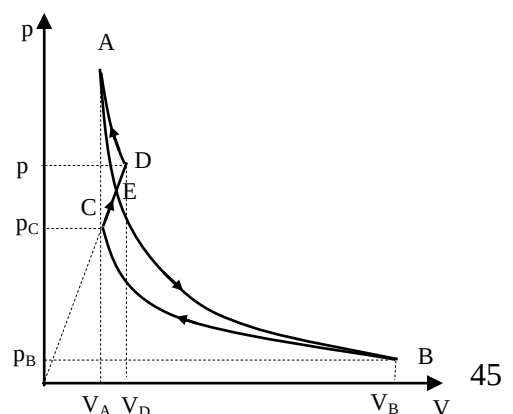
$$t_m = \int_0^{t_m} dt = \int_{R_0}^0 \frac{\lambda R dR}{k(T_0 - T_1)}$$

$$\Rightarrow t_m = \frac{\lambda \rho R_0^2}{2k(T_0 - T_1)} = \frac{334.10^3 \cdot 0,92.10^3 \cdot (1,5.10^{-2})^2}{2 \cdot 0,6 \cdot 20} \approx 2881(\text{s}) \approx 48(\text{min})$$

b. Thời gian để bán kính quả cầu giảm đi một nửa

$$\int_0^t dt = \int_{R_0}^{R_0/2} \frac{\lambda \rho R dR}{k(T_0 - T_1)} \Rightarrow t = \frac{\lambda \rho}{k(T_0 - T_1)} \left(\frac{R_0^2}{2} - \frac{R_0^2}{8} \right)$$

$$= 2881 \cdot \frac{3}{4} \approx 2160(\text{s}) = 36(\text{min})$$



Bài 9 (HSG QG 2012)

Một mol khí lí tưởng lưỡng nguyên tử thực hiện chu trình ABCDA trên giản đồ p-V gồm các quá trình đoạn nhiệt AB, đẳng nhiệt BC, đẳng nhiệt DA và quá trình CD có áp suất tỉ lệ thuận với thể tích (Hình 2). Biết nhiệt độ tuyệt đối trong quá trình DA gấp đôi nhiệt độ tuyệt đối trong quá trình BC. Cho $p_C = 4.10^5 \text{ N/m}^2$, $V_C = V_A = 5 \text{ dm}^3$.

1. Xác định các thông số trạng thái p_A , p_B , V_B , V_D , p_D .

2. Gọi E là giao điểm của đường AB và CD. Tính công của chu trình EBCE.

Hướng dẫn giải:

1. Xét quá trình AB: $\left(\frac{V_B}{V_A}\right)^{\gamma-1} = \frac{T_A}{T_B} = 2$ với $\gamma = \frac{7}{5}$ tính được

$$V_B = 2^{\frac{5}{2}} V_A = 28,28.10^{-3}(\text{m}^3)$$

Xét quá trình đẳng nhiệt BC:

$$p_B V_B = p_C V_C = RT_1 \Rightarrow p_B = \frac{p_C V_C}{V_B} = 2^{-\frac{5}{2}}.4.10^5 = 0,71.10^5 (\text{ N/m}^2)$$

$$p_C V_C = RT_1 \Rightarrow T_1 = \frac{p_C V_C}{R} = \frac{4.10^5.5.10^{-3}}{8,31} = 240,67(\text{K})$$

$$\text{Xét quá trình đẳng nhiệt DA: } p_D V_D = RT_2 \Rightarrow p_D = \frac{RT_2}{V_D} \quad (1)$$

Xét quá trình CD: Vì đồ thị là đường thẳng đi qua

$$\text{gốc toạ độ nên } p = kV \text{ với } k = \frac{p_C}{V_C} = 0,8.10^8 (\text{N.m}^{-5}) \text{ Vậy } p_D = kV_D \quad (2)$$

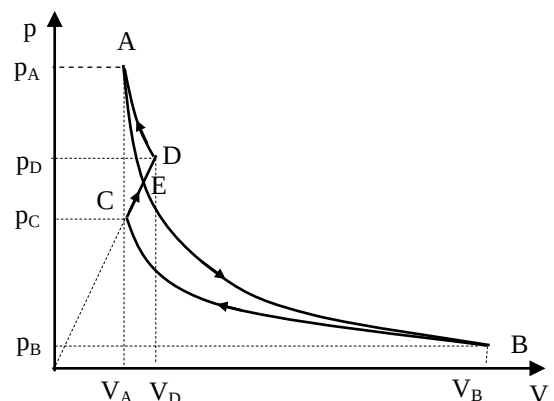
$$\text{Từ (1) và (2) tính được } V_D = \sqrt{\frac{RT_2}{k}} = \sqrt{\frac{2RT_1}{k}}$$

$$\approx 7,07.10^{-3} (\text{m}^3)$$

$$p_D = kV_D = 5,66.10^5 (\text{ N/m}^2)$$

2. E là giao điểm của CD và AB, tại đó có

$$\left(\frac{V_A}{V_E}\right)^{\gamma-1} = \frac{T_E}{T_A} \Rightarrow T_E = T_2 \left(\frac{V_A}{V_E}\right)^{\gamma-1} \text{ thay số tính được}$$



Hình 2.

$$T_E = 481,34 \cdot \left(\frac{5}{6,67} \right)^{\frac{2}{5}} = 428,94(\text{K})$$

$$\text{Quá trình EB: } A_{EB} = -\Delta U_{EB} = \frac{R(T_B - T_E)}{1 - \gamma} = \frac{8,31 \cdot (240,67 - 428,94)}{1 - \frac{7}{5}} = 3911,31(\text{J})$$

$$\text{Quá trình BC: } A_{BC} = RT_B \ln \frac{V_C}{V_B} = RT_1 \ln \frac{V_A}{V_B} = 8,31 \cdot 240,67 \cdot \ln 2^{-\frac{5}{2}} = -3465,68(\text{J})$$

$$\text{Quá trình CE: } A_{CE} = \frac{1}{2}(p_C + p_E)(V_E - V_C) = \frac{1}{2}(4,00 + 5,34)(6,67 - 5) \cdot 10^2 = 779,89(\text{J})$$

$$\begin{aligned} \text{Công của chu trình là: } A &= A_{EB} + A_{BC} + A_{CE} = \\ &= 3911,31 - 3465,68 + 779,89 = 1225,52(\text{J}) \end{aligned}$$

Nhận xét:

- Trên đây là hệ thống các bài tập đầy đủ các khía cạnh, các hình thức của một bài toán nhiệt phân đầu tiên, có đầy đủ lời giải giúp học sinh nâng cao khả năng tự học: tự đọc, tự mày mò tìm hiểu.....kiến thức để chiếm lấy kiến thức quan trọng mà các thầy cô giáo không thể cho các em. Trong quá trình giảng dạy, tôi hướng dẫn thật kỹ các em học sinh các bài ví dụ dù dễ hay khó. Từ đó yêu cầu các em tự làm tiếp các bài tiếp theo, tôi sẽ kiểm tra sát từng học sinh để đánh giá được mức độ tư duy, khả năng trình bày, kết quả thu được của các em trong đội tuyển. Đương nhiên, khi các em gặp phải các vấn đề khó thì thầy cô sẽ là người gỡ rối cho các em.

- Điểm yếu của HS đội tuyển vật lý của tôi là yếu về sử lý toán học: các dạng đồ thị, các dạng hàm số, khảo sát hàm số, tính tích phân, vi phân...chính vì lý do đó mà các bài toán trên tôi chọn cũng có mục đích bắt các em HS trong đội tuyển rèn luyện kỹ năng toán học nhiều, “Vật lý mà không có toán thì coi như hỏng”.

3.2.3. Điểm mới trong kết quả nghiên cứu

a. Về lý luận: Bước đầu đề tài đã xác định và góp phần xây dựng được một hệ thống lý thuyết, bài tập về “Nhiệt Học” tương đối phù hợp với yêu cầu và mục đích bồi dưỡng học sinh giỏi Vật lý ở trường phổ thông cấp khu vực và cấp quốc gia tại trường THPT chuyên Lê Quý Đôn tỉnh Điện Biên.

b. Về mặt thực tiễn: Nội dung của đề tài giúp giáo viên có thêm nhiều tư liệu bổ ích trong việc giảng dạy lớp chuyên và bồi dưỡng đội tuyển học sinh giỏi.

- Xây dựng, tuyển chọn hệ thống bài tập “*Nhiệt Học*” bám sát chương trình chuyên sâu dành cho HS đội tuyển cấp khu vực và cấp quốc gia .
- Đề xuất một số biện pháp sử dụng hệ thống BT đã xây dựng và tuyển chọn nhằm phát triển năng lực sáng tạo của HS chuyên lí tỉnh Điện Biên .

3.3. Khả năng áp dụng, hiệu quả :

- *Khả năng áp dụng* : Chuyên đề này có thể áp dụng rộng rãi: sử dụng để dạy chuyên đề cho các lớp chuyên, cho HSG cấp trường, cấp tỉnh, cấp khu vực và cấp quốc gia cho tỉnh Điện Biên và các tỉnh khác.
- *Hiệu quả*: Chuyên đề trên tôi đã thực hiện từ tháng 01 năm 2014 cho đội tuyển học sinh giỏi dự thi vòng tỉnh và tháng 4 năm 2014, cho đội tuyển dự thi trại hè hùng vương tháng 8 năm 2014 tại Quảng Ninh, cho đội tuyển dự thi vòng tỉnh và thi duyên hải bắc bộ tại Quảng Ninh, cho 6 học sinh trong đội dự tuyển quốc gia môn vật lí năm 2016 tới đây. Kết quả tôi thu được: HS coi phần nhiệt học là phần gỡ điểm cho các phần học khác.

HS tham gia thi vòng tỉnh: làm 100% bài Nhiệt(18/18 HS đều có giải)

HS tham gia Trại hè Hùng Vương hồi tháng 8-2014 làm 100% bài nhiệt(3 HS tham gia thi đã đạt được 2 huy chương vàng, 1 huy chương bạc).

Hiện tại chuyên đề này tôi vẫn đang tiếp tục thực hiện, đã có thêm rất nhiều bài tập tương tự như các bài tập được chọn lọc ở trên để học sinh tiếp tục rèn luyện chuẩn bị cho các kì thi khu vực và quan trọng nhất là kì thi cấp quốc gia vào năm 2016.

Cùng tham gia giảng dạy chuyên đề của tôi có các đồng nghiệp sau:

- Chuyên đề đang được áp dụng cho việc giảng dạy các đội tuyển:

HSG khối 10,11 trường THPT Chuyên Hạ Long, tỉnh Quảng Ninh do giáo viên Hương đang áp dụng.

HSG khối 10 trường THPT Chuyên Trần Phú – Hải phòng do cô giáo Thủy đang áp dụng.

HSG khối 10, 11 trường THPT chuyên Bắc Giang do thầy Đóa đang áp dụng.

Kết quả học sinh tham gia học chuyên đề trên đều thể hiện rất tốt trong các kì thi từ vòng tỉnh, các vòng khu vực và vòng quốc gia.

3.4. Đánh giá về phạm vi ảnh hưởng của sáng kiến:

** Đối với lĩnh vực khoa học giáo dục và đào tạo:*

- Góp phần làm giàu cho nguồn tài liệu tham khảo cho HSG phù hợp với HS các tỉnh miền núi phía bắc.

** Đối với kinh tế - xã hội:* Nâng cao chất lượng nguồn nhân lực phục vụ sự nghiệp công nghiệp hoá - hiện đại hoá.

3.5. Những kiến nghị, đề xuất

Để có thể đạt được kết quả cao trong các kỳ thi học sinh giỏi cấp Tỉnh, cấp khu vực, cấp quốc Gia theo tôi:

1. Ưu tiên công tác bồi dưỡng học sinh giỏi.

- Phân công các thầy cô giáo giỏi trực tiếp phụ trách bồi dưỡng các đội học sinh giỏi.

- Tạo mọi điều kiện để các thầy cô giáo trẻ tích lũy kiến thức, học hỏi phương pháp và kinh nghiệm, nâng cao trình độ, nhanh chóng đảm nhận được nhiệm vụ bồi dưỡng học sinh giỏi với chất lượng ngày càng cao.

- Dành nhiều thời gian, lập kế hoạch triển khai sớm và phù hợp, bố trí phòng học, nâng cao dần và từng bước chế độ cho các thầy cô giáo bồi dưỡng học sinh giỏi thể hiện ở hai biện pháp song song: tính hệ số cho các tiết bồi dưỡng HSG và mức khen thưởng cho các giải. Tôn vinh các thầy cô giáo và học sinh đạt nhiều thành tích xuất sắc.

2. Phát huy trí tuệ của tập thể, đề cao năng lực và trách nhiệm cá nhân:

- Nhà trường, các tổ nhóm chuyên môn, các đoàn thể đều cần coi trọng công tác bồi dưỡng học sinh giỏi.

- Nhà trường cần quan tâm tạo nhiều điều kiện tốt cho BDHSG.

- Coi bồi dưỡng đội học sinh giỏi mỗi môn là nhiệm vụ chung của tổ (nhóm) chuyên môn. Các thầy cô giáo giỏi, có kinh nghiệm cần xây dựng chương trình, nội dung, hệ thống luyện tập cụ thể đầy đủ chi tiết, đúc kết kinh nghiệm thành tài liệu chung quý giá của nhà trường qua các thế hệ, truyền đạt lại

cho các lực lượng trẻ. Các thầy cô giáo trẻ cần tích cực chủ động nghiên cứu, tìm tòi, khám phá, tận dụng công nghệ thông tin để tích lũy kiến thức nâng cao trình độ. Lấy nỗ lực của bản thân là chính, coi việc học hỏi vốn kiến thức, kinh nghiệm của các thế hệ đi trước là quan trọng trong việc định hướng tìm tòi, xác định trọng tâm kiến thức, kỹ năng, phương pháp để đạt được hiệu quả cao trong thời gian ngắn nhất.

-Từng các nhân được phân công phụ trách bồi dưỡng học sinh giỏi cần đề cao trách nhiệm, lựa chọn đội tuyển cẩn thận, có chất lượng, lên kế hoạch bồi dưỡng sớm, cụ thể, đầy đủ; bồi dưỡng thường xuyên, liên tục, tăng cường kiểm tra, đánh giá, thi thử để điều chỉnh, uốn nắn kiến thức kỹ năng một cách kịp thời và hiệu quả.

- Các đoàn thể xây dựng kế hoạch hành động của mình coi trọng việc đẩy mạnh công tác bồi dưỡng học sinh giỏi : Công đoàn tổ chức thi đua, động viên, khen thưởng; đoàn TN tổ chức bồi dưỡng, huấn luyện, đưa đón, cổ vũ, tổ chức các cuộc thi trí tuệ đạt hiệu quả cao.

Đề nghị tiếp tục mở rộng phạm vi nghiên cứu các vấn đề trọng tâm của lý thuyết, bài tập về phần “ Nhiệt học” thường được đề cập đến trong các kỳ thi Olympic Vật lí các cấp.

Với tâm huyết lòng yêu nghề, với sự nỗ lực cố gắng bản thân tôi viết đề tài này để giúp các bạn đồng nghiệp và học sinh có một chuyên đề thiết thực trong quá trình ôn luyện học sinh giỏi, với mong muốn đóng góp chút công sức nhỏ bé của mình vào sự nghiệp nâng cao chất lượng giáo dục và đào tạo nói chung và nhiệm vụ giáo dục mũi nhọn nói riêng của tỉnh nhà.

Cuối cùng tôi nhận thấy rằng đây chỉ là những kết quả nghiên cứu ban đầu. Vì trình độ năng lực bản thân và điều kiện thời gian còn hạn chế tôi rất mong được sự góp ý xây dựng của các thầy cô giáo làm công tác bồi dưỡng học sinh giỏi, giảng dạy ở các lớp chuyên lí cũng như các bạn đồng nghiệp quan tâm đến vấn đề này.

4. DANH SÁCH ĐỒNG TÁC GIẢ:

Xin chân thành cảm ơn!

