

ĐỀ TÀI:

PHÂN LOẠI VÀ ĐỀ XUẤT

PHƯƠNG PHÁP GIẢI BÀI TẬP

CHƯƠNG

NHỮNG NGUYÊN LÝ CƠ BẢN

CỦA NHIỆT ĐỘNG LỰC HỌC

Nhóm thực hiện:

1. Võ Hữu Trọng
2. Nguyễn Hoàng Anh Minh
3. Nguyễn Thị Thùy Quyên
4. Nguyễn Lê Gia Hỷ
5. Tạ Hoàng Anh Khoa

Tài liệu tham khảo

- [1] Bùi Quang Hân - Giải toán vật lý 10 (tập hai) - Nhà xuất bản giáo dục
- [2] David Halliday - Cơ sở vật lý (Tập 3: Nhiệt học) (2012) – Nhà xuất bản giáo dục Việt nam
- [3] Lê Văn - Giáo trình vật lý học phân tử và nhiệt học (1977) - Nhà xuất bản giáo dục.
- [4] Lương Duyên Bình - Bài tập vật lý đại cương (tập một: cơ – nhiệt) (1990) –Nhà xuất bản giáo dục Việt Nam
- [5] Phạm Viết Trinh - Bài tập vật lý đại cương (tập 1) (1993) – Nhà xuất bản giáo dục Việt Nam
- [6] Phạm Quý Tư - Bồi dưỡng học sinh giỏi vật lý trung học phổ thông: Nhiệt học và vật lý phân tử - Nhà xuất bản giáo dục
- [7] Stephen Lower, Professor Emeritus (Simon Fraser U.); Limits of Thermodynamics,
http://chemwiki.ucdavis.edu/Physical_Chemistry/Kinetics/Limits_of_Thermodynamics

I. Giới thiệu đề tài

- Vật lý phân tử và nhiệt học là một trong những phân ngành lớn và cổ xưa nhất của Vật Lý. Trong đó, vật lý phân tử và nhiệt học nghiên cứu những mối liên quan giữa tính chất vĩ mô của hệ vật chất (như nhiệt độ, áp suất, thể tích,...) với những tính chất và định luật chuyển động của các phân tử cấu tạo nên hệ đó.
- Để tiến hành nghiên cứu về vật lý phân tử và nhiệt học, có rất nhiều phương pháp để thực hiện mà trong đó, hai trong số phương pháp được sử dụng rộng rãi nhất chính là phương pháp động học phân tử còn gọi là phương pháp vật lý thống kê và phương pháp nhiệt động lực học.
- Phương pháp động học phân tử cho phép ta đưa ra được một mô hình khá đơn giản về sự chuyển động của các phân tử chất khí khi các phân tử chuyển động hỗn loạn không ngừng và lực tương tác giữa chúng là rất bé có thể bỏ qua, phương pháp này đã đưa ra được những định luật chuyển động gần đúng của các phân tử chất khí (động năng trung bình, quãng đường tự do trung bình,...) từ đó khái quát lên cho cả tập hợp khí lớn hơn. Nhờ vậy mà ta đi sâu vào bản chất hiện tượng, hiểu tường tận những quá trình phân tử sâu thẳm bên trong vật chất. Tuy nhiên các giá trị gần đúng quá nhiều, khiến cho kết quả định lượng và việc tính toán trở nên khó khăn. Hơn nữa với khí thực (khí ở nhiệt độ thấp hoặc áp suất cao) hay chất lỏng, chất rắn,... những chất mà lực tương tác giữa các phân tử là không thể bỏ qua thì phương pháp này không còn đúng trong việc giải thích các hiện tượng của chúng nữa. Chính vì thế mà một phương pháp mới ra đời, phương pháp “Nhiệt động lực học”.
- Tuy cùng chung đối tượng và nhiệm vụ nghiên cứu là tính chất của vật chất gây ra bởi chuyển động phân tử tuy nhưng khác với phương pháp động học phân tử, nhiệt động lực học không khảo sát chi tiết các quá trình phân tử mà chỉ khảo sát các hiện tượng xảy ra cùng với sự biến đổi năng lượng đi kèm với quá trình ấy, nghĩa là lượng năng lượng bị thay đổi trong mỗi quá trình từ đó nêu lên bản chất của quá trình, dự đoán được diễn biến quá trình và áp dụng chúng vào thực tiễn đời sống. Phương pháp này không phụ thuộc vào tính chất chuyển động của các phân tử, lực tương tác và cấu trúc phân tử nên tổng quát và luôn nghiệm đúng với thực tiễn[3]. Thế nhưng, nhược điểm của phương pháp nhiệt động lực học chính là: không nói rõ được những gì đang diễn biến bên trong các chất tác nhân (điều mà phương pháp động học phân tử rất thành công), không nêu lên được tốc độ diễn biến của quá trình mà chỉ dự đoán trước được hướng diễn biến của quá trình.[7]

- Những kiến thức về nhiệt động lực học cùng với động học phân tử bổ sung hoàn thiện lẫn nhau góp phần làm nên một phần kiến thức tổng quan cơ bản nhất mà mỗi người phải được trang bị cho mình trên hành trình khám phá thế giới nói chung và cho các sinh viên, học sinh đang học tập nghiên cứu bộ môn Vật lý nói riêng.
- Để tìm hiểu bằng phương pháp Nhiệt động lực học, đối với các sinh viên ngoài việc nghiên cứu lý thuyết về các định luật cũng như nguyên lý của các quá trình trao đổi năng lượng qua sách vở hay được giảng dạy tại trường học thì việc tiến hành làm các bài tập cũng là một thao tác rèn luyện hết sức cần thiết. Qua việc làm bài tập, sinh viên không những có cơ hội ôn lại lý thuyết mà còn được áp dụng chúng vào từng trường hợp cụ thể để từ đó hiểu rõ hơn và ghi nhớ lâu hơn, đồng thời làm bài tập cũng rèn luyện sự nhanh nhạy và óc phán đoán của sinh viên khi biết áp dụng đúng lý thuyết cần thiết cho từng bài từ đó tìm ra kết quả chính xác, phù hợp yêu cầu đề và thực tế với sai số nhỏ nhất có thể.
- Việc làm bài tập quan trọng và cần thiết là vậy nhưng dưới áp lực của việc phải học quá nhiều môn học trong nhà trường, áp lực thi cử,... cùng với việc những bài tập của chương nhiệt động lực học đòi hỏi kỹ năng phân tích đề và hiểu biết tính chất diễn biến của quá trình cách chính xác từ đó áp dụng công thức phù hợp để giải đã khiến cho nhiều sinh viên gặp phải khó khăn trong việc nhận diện và giải các bài tập của chương. Hơn nữa, vì là một trong những kiến thức đại cương quan trọng của môn vật lý nên đối với các sinh viên ngành vật lý mà cụ thể là ở trường đại học sư phạm thành phố Hồ Chí Minh trong các bài kiểm tra luôn luôn xuất hiện ít nhất là một câu bài tập của chương nhưng chiếm một số điểm khá lớn, từ 3-4 điểm. Do nắm bắt kiến thức cách rời rạc, thiếu hệ thống, nhiều sinh viên đã bị mất điểm oan uổng ở phần này, phải tốn thời gian, công sức, tiền bạc để học lại bộ môn. Theo kết quả thống kê lớp nhiệt học của giảng viên Thạc sĩ Nguyễn Thanh Loan năm học 2015 – 2016 thì có hơn 50% sinh viên (63/121 sinh viên) theo học là những khóa trước phải học lại, trong số đó khi được khảo sát thì tất cả đều trả lời họ không làm được câu Nhiệt động lực học.
- Trước tình hình ấy, chúng tôi quyết định tiến hành đề tài này với mục đích chính là để hệ thống, phân loại và đề xuất cách giải khái quát cho các bài tập của chương nhiệt động lực học từ đó giải quyết những khó khăn của sinh viên trong việc giải bài tập của chương, góp phần hoàn thiện kiến thức về nhiệt động lực học đồng thời giúp các bạn tiết kiệm được thời gian, công sức, tiền bạc trong quá trình học và lĩnh hội tri thức của mình không chỉ trên giảng đường đại học mà còn trên con đường sự nghiệp giáo viên sau này.

II. Nội dung đề tài

1. Nhắc lại lý thuyết

a) Bậc tự do, năng lượng chuyển động nhiệt (nhiệt năng)

- Bậc tự do (i) là số tọa độ độc lập cần để xác định vị trí và cấu hình của hệ trong không gian.

- Năng lượng chuyển động nhiệt (nhiệt năng) là tổng năng lượng chuyển động của tất cả các phân tử cấu tạo nên vật

➤ Định luật phân bố động năng theo bậc tự do: $E = \frac{i}{2} NkT = \frac{i}{2} \cdot \frac{m}{M} RT$

- Với khí có 1 nguyên tử: He, Ne, Ar,... số bậc tự do là $i = 3$
- Với khí có 2 nguyên tử: O_2 , N_2 , H_2 ,... số bậc tự do là $i = 5$
- Với khí có từ 3 nguyên tử trở lên, liên kết rắn chắc: H_2O , NH_3 ,... số bậc tự do là $i = 6$
- Với khí có từ 3 nguyên tử trở lên, liên kết theo đường thẳng: CO_2 ,... số bậc tự do là $i = 5$

b) Nhiệt dung riêng:

- Nhiệt dung riêng (c) của một chất là nhiệt lượng cần cung cấp cho 1kg chất đó để tăng lên 1 độ K
- Nhiệt dung riêng phân tử (C) là nhiệt lượng cần cung cấp cho 1 kmol chất đó để tăng thêm 1 độ K

$$C = Mc \quad \text{với } M \text{ là khối lượng mol của chất đó (kg/kmol)}$$

- Nhiệt dung riêng phân tử với mỗi quá trình biến đổi:

- Đẳng nhiệt: $C = \infty$
 - Đẳng tích: $C_V = \frac{i}{2} R$
 - Đẳng áp: $C_p = \frac{i+2}{i} R$
 - Đa biến: $C_d = \frac{n-\gamma}{n-1} C_V$
 - Đoạn nhiệt: $C = 0$
- Hệ thức Mayer: $C_p - C_V = R$
- Hằng số Poisson: $\gamma = \frac{C_p}{C_V} = \frac{i+2}{i}$
- với n là hệ số đa biến: $n = \frac{C_p - C_d}{C_V - C_d}$

c) Công và nhiệt lượng trong các quá trình biến đổi trạng thái:

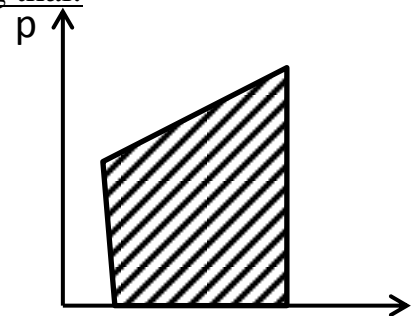
Đơn vị của công và nhiệt lượng là Jun (J)

- Gọi các thông số ứng với trạng thái 1 của khí là: T_1 , p_1 , V_1 .
- Gọi các thông số ứng với trạng thái 2 của khí là: T_2 , p_2 , V_2 .

- Công thức tính công: $A = \int_{(1)}^{(2)} p dV$ hay $\partial A = p dV$

- Lưu ý:

- A có thể được tính bằng $A = \int_{V_1}^{V_2} p(V) dV$ nếu biết được phương trình của quá trình đó trong đồ thị (p,V)
- Độ lớn A bằng diện tích của đường dưới của quá trình trong đồ thị (p,V) và dấu của A lấy sao cho nếu thể tích tăng ($V_2 > V_1$) thì $A > 0$, nếu thể tích giảm ($V_2 < V_1$) thì $A < 0$.



- **Cách tính công và nhiệt lượng trong các quá trình biến đổi trạng thái khí lý tưởng:**

- Đẳng nhiệt: $A = \frac{m}{M} RT \ln \frac{V_2}{V_1} = \frac{m}{M} RT \ln \frac{p_1}{p_2}$; $Q = -A$
- Đẳng tích: $A = 0$; $Q = \frac{m}{M} \cdot C_V \cdot \Delta T$
- Đẳng áp: $A = p(V_2 - V_1)$; $Q = \frac{m}{M} \cdot C_p \cdot \Delta T$
- Đa biến: $A = \frac{1}{n-1} \cdot (p_1 V_1 - p_2 V_2)$; $Q = \frac{m}{M} \cdot C \cdot \Delta T$
- Đoạn nhiệt: $A = \frac{m}{M} \cdot \frac{R}{\gamma-1} \cdot (T_1 - T_2)$; $Q = 0$
 $= \frac{1}{\gamma-1} \cdot (p_1 V_1 - p_2 V_2)$
- Giãn tự do: $A = 0$ và $Q = 0$

- Chuyển trạng thái:

- Nhiệt chuyển pha (nhiệt biến đổi) của một chất là nhiệt lượng cung cấp (hoặc lấy đi) để làm biến đổi 1kg chất đó từ trạng thái này sang trạng thái khác. Gồm hai loại: nhiệt hóa hơi L_h và nhiệt nóng chảy L_c . [2]
- Cách tính nhiệt lượng trao đổi trong quá trình chuyển trạng thái $Q = m \cdot L \cdot \Delta T$
- Phương trình truyền nhiệt: $Q_{thu} + Q_{tỏa} = 0$

d) Công và nhiệt lượng trong một chu trình:

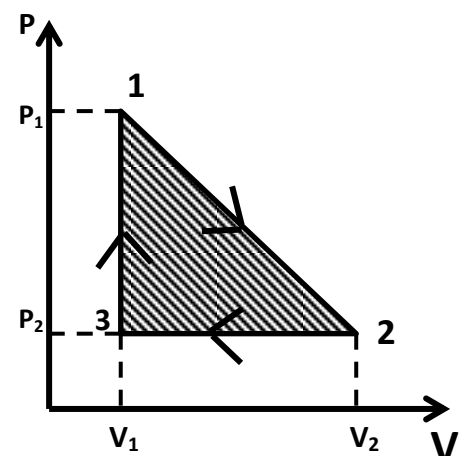
- Quá trình mà sau một loạt các biến đổi hệ trở lại trạng thái ban đầu gọi là một chu trình, được biểu thị bằng đường cong kín trên giản đồ trạng thái
- Nội năng không đổi khi thực hiện một chu trình kín:

$$\Delta U = 0 \Leftrightarrow Q_{thu} = A_{thực\ hiện} \text{ hay } Q_{tỏa} = A_{thu}$$

- Tổng đại số công mà hệ thực hiện bằng đúng tổng đại số nhiệt lượng mà hệ nhận được và ngược lại.
- Công trong một chu trình có thể tính bằng hai cách:
 - Cách 1: Công hệ thực hiện trong một chu trình bằng tổng hệ thực hiện trong từng quá trình của chu trình đó

$$A_{ct} = A_{12} + A_{23} + A_{31}$$

- Cách 2: Công trong một chu trình có
 - Độ lớn bằng diện tích phần giới hạn bởi đường biểu diễn chu trình trong hệ tọa độ chuẩn p-V hay T-S.



- Dấu + nếu chu trình cùng chiều kim đồng hồ
- Dấu – nếu chu trình ngược chiều kim đồng hồ

$$A_{ct} = +S_{\Delta 123}$$

e) Nguyên lý I của nhiệt động lực học:

- Nội năng (U) của một vật (hay hệ) là tổng năng lượng bên trong của vật (hay hệ).

- Nội năng của khí lý tưởng:
$$U = \frac{m}{M} \cdot \frac{i}{2} RT$$

- Độ biến thiên nội năng khí lý tưởng:
$$\Delta U = \frac{m}{M} \cdot \frac{i}{2} R \cdot \Delta T \quad \text{hay} \quad dU = \frac{m}{M} \cdot \frac{i}{2} R \cdot dT$$

- Phát biểu Nguyên lý I của nhiệt động lực học: Độ biến thiên nội năng của hệ bằng tổng công và nhiệt lượng mà hệ nhận được trong một quá trình biến đổi.

$$\Delta U = Q - A$$

$$dU = \partial Q - \partial A$$

- Quy ước về dấu:



- **Lưu ý:** Biểu thức của nguyên lý I nhiệt động lực học có thể viết thành dạng khác là

$\Delta U = Q + A'$. Lúc này quy ước về dấu của A' sẽ ngược với A . Cụ thể là:

$$\begin{cases} A' > 0: \text{hệ nhận công từ ngoại vật} \\ A' < 0: \text{hệ sinh công cho ngoại vật} \end{cases}$$

f) Nguyên lý II của nhiệt động lực học:

- Một máy nhiệt làm việc giữa hai nguồn nhiệt T_1 và T_2 có: $|Q_1| = |A| + |Q_2|$ với
 - Q_1 là nhiệt lượng lấy ra hay đưa vào ở nguồn nóng có nhiệt độ T_1
 - Q_2 là nhiệt lượng đưa vào hay lấy ra ở nguồn lạnh có nhiệt độ T_2
 - A là công mà tác nhân thực hiện hay thu vào trong chu trình

- Động cơ nhiệt: hoạt động theo chu trình thuận, cùng chiều đồng hồ, biến nhiệt thành công.
- Hiệu suất động cơ:

- Theo chu trình bất kì:

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

- Theo chu trình Carnot:

$$\eta = \frac{|A|}{|Q_1|} = \frac{T_1 - T_2}{T_1}$$

- Máy lạnh: hoạt động theo chu trình nghịch, ngược chiều đồng hồ, biến công thành nhiệt

+Hệ số làm lạnh:

- Theo chu trình bất kì:

$$\varepsilon = \frac{|Q_2|}{|A|} = \frac{|Q_2|}{|Q_1| - |Q_2|}$$

- Theo chu trình Carnot:

$$\varepsilon = \frac{|Q_2|}{|A|} = \frac{T_2}{T_1 - T_2}$$

- Định lý Carnot:

$$H_{\text{không thuận nghịch}} < H_{\text{thuận nghịch}}$$

Hay

$$H_{\text{bất kì}} \leq \frac{T_1 - T_2}{T_1}$$

g) Entropy

- Entropy là thước đo tính thuận nghịch của chu trình. Đơn vị của entropy là J/K
- Độ biến thiên Entropy giữa hai trạng thái 1 và 2 theo một quá trình thuận nghịch bất kì:

$$\Delta S = S_1 - S_2 = \int_{(1)}^{(2)} \frac{\delta Q}{T}$$

- Khi hệ trao đổi với môi trường thì: $\Delta S_{\text{hệ}} = -\Delta S_{\text{môi trường}}$

2. Bảng tóm tắt công thức

	Đẳng tích	Đẳng áp	Đẳng nhiệt	Đoạn nhiệt	Đa biến
Phương trình	$\frac{p}{T} = \text{const}$	$\frac{V}{T} = \text{const}$	$pT = \text{const}$	$pV^\gamma = \text{const}$ $T \cdot V^{\gamma-1} = \text{const}$ $T \cdot p^{\frac{1-\gamma}{\gamma}} = \text{const}$	$pV^n = \text{const}$ $T \cdot V^{n-1} = \text{const}$ $T \cdot p^{\frac{1-n}{n}} = \text{const}$

C	$\frac{i}{2}R$	$\frac{i+2}{i}R$	∞	0	$\frac{n-\gamma}{n-1}C_V$
A	0	$p(V_2 - V_1)$	$\begin{aligned} & * \frac{m}{M} RT \ln \frac{V_2}{V_1} \\ & * \frac{m}{M} RT \ln \frac{p_1}{p_2} \end{aligned}$	$\begin{aligned} & * \frac{m}{M} \cdot \frac{R}{\gamma-1} \cdot (T_1 - T_2) \\ & * \frac{1}{\gamma-1} \cdot (p_1 V_1 - p_2 V_2) \\ & * -\Delta U \end{aligned}$	$\begin{aligned} & * \frac{m}{M} \cdot \frac{R}{n-1} \cdot (T_1 - T_2) \\ & * \frac{1}{n-1} \cdot (p_1 V_1 - p_2 V_2) \\ & * -\Delta U + Q \end{aligned}$
Q	$\frac{m}{M} \cdot C_V \cdot \Delta T$	$\frac{m}{M} \cdot C_p \cdot \Delta T$	A	0	$\frac{m}{M} \cdot C \cdot \Delta T$
ΔU	$\frac{m}{M} \cdot \frac{i}{2} R \cdot \Delta T$	$\frac{m}{M} \cdot \frac{i}{2} R \cdot \Delta T$	0	$\frac{m}{M} \cdot \frac{i}{2} R \cdot \Delta T$	$\frac{m}{M} \cdot \frac{i}{2} R \cdot \Delta T$
ΔS	$\frac{m}{M} C_V \ln \frac{T_2}{T_1}$	$\frac{m}{M} C_p \ln \frac{T_2}{T_1}$	$\begin{aligned} & * \frac{m}{M} R \ln \frac{V_2}{V_1} \\ & * \frac{m}{M} R \ln \frac{p_1}{p_2} \end{aligned}$	0	$\frac{m}{M} \cdot C_d \ln \frac{T_2}{T_1}$

3. Phân loại và đề xuất cách giải bài tập:

a) **Dạng 1: Năng lượng chuyển động nhiệt**

➤ Loại 1:

- Cho bậc tự do của cơ, hệ (khí hai nguyên tử, khí đơn nguyên tử, khí đa nguyên tử); khối lượng của khí, hoặc thể tích; nhiệt độ.
- Tính năng lượng chuyển động nhiệt, năng lượng chuyển động quay hoặc năng lượng chuyển động tịnh tiến

Cách giải:

- Xác định bậc tự do của chất khí, khối lượng, nhiệt độ, áp suất
- Sử dụng Định luật phân bố động năng theo bậc tự do để tìm theo yêu cầu đề bài.

Chú ý: Phân tử CO₂ có 3 nguyên tử nhưng do cấu hình không gian là O-C-O (đường thẳng) nên có bậc tự do là i=5

Ví dụ: Tính năng lượng chuyển động nhiệt của 20g ô-xy ở nhiệt độ 10⁰C? Bao nhiêu phần của năng lượng này là động năng của chuyển động tịnh tiến của các phân tử và bao nhiêu phần là động năng của chuyển động quay của các phân tử?

Hướng dẫn giải:

Tóm tắt:

$$t=10^0\text{C} \rightarrow T=273\text{K}$$

$$m=20\text{g}=2.10^{-2}\text{Kg}, \mu = 32\text{g/mol} = 32.10^{-3}\text{Kg/mol}$$

$i=5$ (Khí O_2 có 2 nguyên tử).

$$W=?, W_{tt}=?, W_q=?$$

Bài giải:

- Năng lượng chuyển động nhiệt của chất khí là:

$$W = \frac{m}{\mu} E_0 = \frac{m}{\mu} \frac{i}{2} RT = \frac{20.10^{-3}}{32.10^{-3}} \frac{5}{2} 8,314.283 = 3,7.10^3 J$$

- Đối với khí O_2 có $i=5$ trong đó $i_1=3$ ứng với chuyển động tịnh tiến, $i_2=2$ ứng với chuyển động quay.
- Động năng chuyển động tịnh tiến là:

$$W_{tt} = \frac{m}{\mu} \frac{i_1}{2} RT = \frac{20.10^{-3}}{32.10^{-3}} \frac{3}{2} 8,314.283 = 2,2.10^3 J$$

- Động năng chuyển động quay là:

$$W_q = W - W_{tt} = 3,7.10^3 - 2,2.10^3 = 1,5.10^3 J$$

Hoặc:
$$W_q = \frac{m}{\mu} \frac{i_2}{2} RT = \frac{20.10^{-3}}{32.10^{-3}} \frac{2}{2} 8,314.283 = 1,5.10^3 J$$

➤ **Loại 2:**

- Cho năng lượng chuyển động nhiệt, năng lượng chuyển động tịnh tiến hoặc năng lượng chuyển động quay; bậc tự do, nhiệt độ; thể tích hoặc áp suất của chất khí.
- Tìm khối lượng của chất khí; áp suất hoặc thể tích của chất khí.

Cách giải:

- Tóm tắt đề, đổi đơn vị phù hợp (thông thường đưa về đơn vị theo hệ SI).
- Dùng Định luật phân bố động năng theo bậc tự do và Phương trình trạng thái của khí lí tưởng để tìm theo yêu cầu đề bài.

Ví dụ: Động năng của chuyển động tịnh tiến của các phân tử Ni-tơ trong bình dung tích $0,02\text{m}^3$ bằng 5.10^3J và vận tốc căn trung bình bình phương của phân tử bằng 2.10^3m/s . Tính:

a/ Khối lượng của khí ni-tơ trong bình

b/ Áp suất của khí ni-tơ trong bình

Hướng dẫn giải:

Tóm tắt:

$$W_{tt}=5.10^3\text{J}, V=0,02\text{m}^3; \mu = 28\text{g/mol} = 28.10^{-3}\text{kg/mol}$$

$$i=5, \bar{c} = 2.10^3\text{m/s}$$

a/ $m=?$ b/ $P=?$

Bài giải:

a/ Do N_2 là phân tử có 2 nguyên tử nên có bậc tự do $i=5$, trong đó $i_1=3$ ứng với chuyển động tịnh tiến và $i_2=2$ ứng với chuyển động quay.

$$W_{tt} = \frac{i_1}{2} \frac{m}{\mu} RT$$

$$\Rightarrow m = \frac{2\mu W_{tt}}{i_1 RT} \quad (1)$$

$$\text{Mà } \bar{c} = \sqrt{\frac{3RT}{\mu}} \Rightarrow RT = \frac{(\bar{c})^2 \mu}{3} \quad (2)$$

Từ (1) và (2) ta có:

$$m = \frac{3.2\mu W_{tt}}{i_1 (\bar{c})^2 \mu} = \frac{6.5.10^3}{3.(2.10^3)^2} = 2,5.10^{-3}\text{kg}$$

b/ Áp suất của khí ni-tơ trong bình là:

- Áp dụng phương trình trạng thái của khí lí tưởng:

$$PV = \frac{m}{\mu} RT$$

$$\rightarrow P = \frac{m}{3V\mu} (\bar{c})^2 \mu = \frac{m(\bar{c})^2}{3V} = \frac{2,5.10^{-3}.(2.10^3)^2}{3.0,02} = 1,67.10^5\text{N/m}^2$$

b) Dạng 2: Tính nhiệt dung riêng, nhiệt dung riêng phân tử

➤ Loại 1:

- Cho bậc tự do, tìm nhiệt dung riêng đẳng áp, nhiệt dung riêng đẳng tích của một chất khí.

Cách giải:

- Tóm tắt đề, xác định bậc tự do của chất khí.
- Sử dụng công thức tính nhiệt dung riêng đẳng tích, nhiệt dung riêng đẳng áp để tìm theo yêu cầu đề bài.

Ví dụ: Tính nhiệt dung riêng của khí O_2

a/ Khi $V=\text{const}$

b/ Khi $P=\text{const}$

Hướng dẫn giải:

Tóm tắt:

$$i=2$$

$$\mu = 32g/mol = 32.10^{-3}kg/mol$$

$$a/ c_V=? \quad b/ c_P=?$$

Bài giải:

a/ Nhiệt dung riêng đẳng tích của khí O₂:

$$c_V = \frac{C_V}{\mu} = \frac{i R}{2 \mu} = \frac{5}{2} \frac{8,314}{32.10^{-3}} = 650 \frac{J}{kg.độ}$$

b/ Nhiệt dung riêng đẳng tích của khí O₂:

$$c_P = \frac{C_P}{\mu} = \frac{i + 2 R}{2 \mu} = \frac{7}{2} \frac{8,314}{32.10^{-3}} = 909 \frac{J}{kg.độ}$$

➤ **Loại 2:** Tính nhiệt dung riêng của hỗn hợp khí không tác dụng với nhau.

- Cho khối lượng, c_V , c_P của từng khí
- Tìm nhiệt dung riêng của hỗn hợp.

Cách giải:

- Tóm tắt đề, đổi đơn vị, xác định nhiệt dung của từng khí.
- Dùng công thức tính nhiệt dung của hỗn hợp [5]

$$\begin{aligned} c_{V_{hh}} &= \frac{m_1 c_{V1} + m_2 c_{V2} + \dots + m_n c_{Vn}}{\sum m} \\ c_{P_{hh}} &= \frac{m_1 c_{P1} + m_2 c_{P2} + \dots + m_n c_{Pn}}{\sum m} \end{aligned}$$

- Nếu đề không cho khối lượng mà cho số mol thì tính nhiệt dung riêng phân tử của hỗn hợp rồi suy ra nhiệt dung riêng hỗn hợp

$$\begin{aligned} c_{V_{hh}} &= \frac{j_1 c_{V1} + j_2 c_{V2} + \dots + j_n c_{Vn}}{\sum j} \\ c_{P_{hh}} &= \frac{j_1 c_{P1} + j_2 c_{P2} + \dots + j_n c_{Pn}}{\sum j} \end{aligned} \rightarrow c_{hh} = \frac{c_{hh}}{M_{hh}} = \frac{c_{hh}}{\frac{M_1 j_1 + M_2 j_2 + \dots + M_n j_n}{\sum j}}$$

với j là số mol của các khí trong hỗn hợp

Ví dụ: Tìm nhiệt dung riêng đẳng tích và nhiệt dung riêng đẳng áp của hỗn hợp khí gồm $m_1=2\text{g}$ CO_2 và $m_2=3\text{g}$ N_2 . Cho biết:

$$\text{CO}_2 \begin{cases} c_{v1} = \frac{0,156\text{kcal}}{\text{kg.độ}} \\ c_{p1} = \frac{0,2025\text{kcal}}{\text{kg.độ}} \end{cases} \quad \text{N}_2 \begin{cases} c_{v2} = \frac{0,177\text{kcal}}{\text{kg.độ}} \\ c_{p2} = \frac{0,240\text{kcal}}{\text{kg.độ}} \end{cases}$$

Hướng dẫn giải:

Tóm tắt:

$$\text{CO}_2 \begin{cases} c_{v1} = \frac{0,156\text{kcal}}{\text{kg.độ}} \\ c_{p1} = \frac{0,2025\text{kcal}}{\text{kg.độ}} \end{cases} \quad \text{N}_2 \begin{cases} c_{v2} = \frac{0,177\text{kcal}}{\text{kg.độ}} \\ c_{p2} = \frac{0,240\text{kcal}}{\text{kg.độ}} \end{cases}$$

$C_{vhh}=?$ $C_{phh}=?$

Bài giải:

- Nhiệt dung riêng đẳng tích của hỗn hợp là:

$$c_{v_{hh}} = \frac{c_{v1}m_1 + c_{v2}m_2}{m_1 + m_2} = \frac{0,156.2 + 0,177.3}{2 + 3} = 0,1686 \frac{\text{kcal}}{\text{kg.độ}}$$

- Nhiệt dung riêng đẳng áp của hỗn hợp là:

$$c_{p_{hh}} = \frac{m_1c_{p1} + m_2c_{p2}}{m_1 + m_2} = \frac{2.0,2025 + 3.0,240}{2 + 3} = 0,2304 \frac{\text{kcal}}{\text{kg.độ}}$$

c) **Dạng 3: Tính A, ΔU , Q của các quá trình biến đổi của khối khí lý tưởng:**

Các bước gợi ý giải toán:

- Xác định loại khí lý tưởng \rightarrow các giá trị nhiệt dung riêng phân tử cho các quá trình và chỉ số tương ứng: C_v , C_p , C , n
- Xác định các thông số cần thiết từ các phương trình khí lý tưởng, định luật Boyle-Marriote, định luật Gay-Lussac, định luật Charler
- Tìm A, ΔU , Q theo yêu cầu của từng bài toán bằng công thức trong bảng trên

Ví dụ: Khí H_2 ở trong bình kín thể tích là 5l với áp suất và nhiệt độ ở điều kiện chuẩn được làm lạnh $\Delta T=55\text{K}$. Tính biến thiên nội năng của khí và nhiệt lượng cho bởi khí.

Hướng dẫn giải:

Tóm tắt:

Khí $\text{H}_2 \rightarrow i=3 \rightarrow C_v=(5/2)R$

$$\left\{ \begin{array}{l} P_1 = 1 \text{ atm} = 1,013 \cdot 10^5 \text{ N/m}^2 \\ V_1 = 5 \text{ l} = 5 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3 \\ T_1 = 273 \text{ K} \end{array} \right. \xrightarrow{\text{đẳng tích (do bình kín)}} \left\{ \begin{array}{l} P_2 \\ V_2 = V_1 \\ T_2 \end{array} \right.$$

$$\Delta T = T_2 - T_1 = -55 \text{ K (do làm lạnh)}$$

$$\Delta U = ?, Q = ?$$

Bài giải:

- Số mol của khí : $p_1 V_1 = \nu R T \rightarrow \nu = \frac{p_1 V_1}{R T_1} = 0,22 \cdot 10^{-3} \text{ kmol}$
- Độ biến thiên nội năng : $\Delta U = \nu C_v \Delta T =$
 $(0,22 \cdot 10^{-3} \text{ kmol}) \left(\frac{5}{2} \cdot 8,31 \cdot 10^3 \text{ J / Kmol} \cdot \text{K} \right) \cdot (-55 \text{ K}) = -255,1 \text{ J}$
- Do quá trình đẳng tích nên $A = 0$
- Theo nguyên lí I nhiệt động lực học: $Q = \Delta U = -255,1 \text{ J}$

d) Dạng 4: Tìm bậc tự do (i) hoặc chỉ số Poisson (γ) hoặc chỉ số đa biến (n) hoặc nhiệt dung đa biến (C) :

- Một số gợi ý giải quyết bài toán:

Dựa vào quá trình đoạn nhiệt tìm γ

Dựa vào các phương trình của quá trình đa biến tìm n

Dựa vào công của quá trình đa biến tìm n

Dựa vào nhiệt lượng quá trình đẳng áp tìm C_p

Dựa vào biến thiên nội năng tìm C_v

Tìm n theo gợi ý trên

Dựa vào phương trình, định luật của khí lý tưởng để tìm Q của quá trình đa biến

} Tìm i là bước tiên quyết

} Tìm C

Ví dụ 1: Một khối khí dẫn nở đoạn nhiệt, thể tích của nó tăng 2 lần, nhiệt độ giảm 1.32 lần.

a. Tìm bậc tự do của khối khí trên.

b. Sau quá trình đoạn nhiệt, thì khí có áp suất là 1at, thể tích là 2,3 lít. Người ta tiếp tục thực hiện quá trình đa biến và cuối quá trình này thì áp suất của khí là 0,5at và thể tích là 4,11 lít. Tìm chỉ số đa biến của quá trình này.

Hướng dẫn giải:

Tóm tắt:

$$V_2 = 2V_1; T_1 = 1,32T_2$$

$$i = ?$$

$$\left\{ \begin{array}{l} P_2 = 1 \text{at} = 9,81.104 \text{ N/m}^2 \\ V_2 = 2,3.10^{-3} \text{ m}^3 \end{array} \right. \xrightarrow[\text{đa biến}]{\text{Quá trình}} \left\{ \begin{array}{l} p_3 = 0,5.9,81.104 \text{ N/m}^2 \\ V_3 = 4,11.10^{-3} \text{ m}^3 \end{array} \right.$$

$$i = ?; n = ?$$

Bài giải:

a/ Tìm i:

$$\text{Quá trình đoạn nhiệt ta có: } T_1 V_1^{\gamma-1} = T_2 V_2^{\gamma-1}$$

$$\left(\frac{T_1}{T_2} \right) = \left(\frac{V_2}{V_1} \right)^{\gamma-1} \rightarrow \gamma - 1 = \log_{\frac{V_2}{V_1}} \frac{T_1}{T_2}$$

$$\rightarrow \gamma = 1,4$$

$$\rightarrow \frac{i+2}{i} = 1,4$$

$$\rightarrow i = 5$$

b/ Tìm chỉ số đa biến n :

$$\text{Quá trình đa biến : } P_2 V_2^n = P_3 V_3^n$$

$$\left(\frac{P_3}{P_2} \right) = \left(\frac{V_2}{V_3} \right)^n \rightarrow n = \log_{\frac{V_2}{V_3}} \frac{P_3}{P_2} = 1,2$$

Ví dụ 2: Hai kmol khí CO₂ thực hiện quá trình dẫn nở theo phương trình $p^{0,5}V = \text{const}$. Biết nhiệt độ giảm 2K. Tính chỉ số đa biến và nhiệt dung phân tử của khí.

Hướng dẫn giải

Tóm tắt :

$$\text{Khí CO}_2 \rightarrow i = 5 \rightarrow \gamma = 1,4$$

$$\left\{ \begin{array}{l} p^{0,5}V = \text{const} \\ \Delta T = -2\text{K} \end{array} \right.$$

$$n = ? , C = ?$$

* Bài giải :

Ta có : $p^{0,5}V=a$ (a là hằng số) $\rightarrow pV^2=a^2 \rightarrow$ chỉ số đa biến $n=2$

$$\text{Nhiệt dung phân tử : } C = \frac{n-\gamma}{n-1} C_v = \frac{2-1,4}{2-1} \cdot \frac{5R}{2} = \frac{3R}{2} = 12465 \text{ J / kmol.K}$$

e) Dạng 5: Các bài tập của động cơ nhiệt :

➤ **Loại 1:** Xác định nguồn nóng (Q_1), nguồn lạnh (Q_2) và dấu của Q_1 , Q_2 , A.

- Nguồn có nhiệt độ cao hơn gọi là nguồn nóng.
- Nguồn có nhiệt độ thấp hơn gọi là nguồn lạnh.
- Khi tính toán, ta tính toán với các giá trị tuyệt đối dương của Q và A tức $|Q|$ và $|A|$, sau đó áp dụng $|A| = |Q_1| - |Q_2|$ để tìm 1 thành phần nếu đã được cung cấp 2 thành phần còn lại, kế tiếp ta xác định dấu của thành phần đó.
- Nhiệt lượng cung cấp cho hệ hay sự truyền năng lượng vào hệ ($Q>0$, $A<0$ (bởi hệ)), nhiệt lượng lấy đi từ hệ hay sự truyền năng lượng ra ngoài hệ ($Q<0$, $A>0$ (bởi hệ)).

Ví dụ : Một động cơ nhiệt, động cơ hấp thụ (lấy từ nguồn nóng) $Q_1=5000$ J, công thực hiện trong mỗi chu trình là $A=950$ J. Tìm nhiệt lượng động cơ thải ra trong mỗi chu trình.

Giải:

- $|A| = |Q_1| - |Q_2| \Rightarrow |Q_2| = |Q_1| - |A| = 5000 \text{ J} - 950 \text{ J} = 4050 \text{ J}$
- Xác định dấu của Q_2 , ta có nhiệt lượng thải ra khỏi động cơ là âm nên $Q_2 = -4050 \text{ J}$.

➤ **Loại 2: Hiệu suất động cơ nhiệt:**

- Đề sẽ cho giống loại 1, yêu cầu ta tìm hiệu suất η .
- Ta dùng: $\eta = \frac{|A|}{|Q_1|} = \frac{|Q_1| - |Q_2|}{|Q_1|}$.

Ví dụ : Một động cơ nhiệt là việc sau 1 thời gian thì tác nhân đã nhận từ nguồn nóng nhiệt lượng $1,5 \times 10^6$ J, truyền cho nguồn lạnh nhiệt lượng $1,2 \times 10^6$ J. Tính hiệu suất động cơ nhiệt.

Giải:

- Xác định Q_1 , Q_2 : $Q_1 = 1,5 \times 10^6 \text{ J}$, $Q_2 = 1,2 \times 10^6 \text{ J}$.
- $\eta = \frac{|Q_1| - |Q_2|}{|Q_1|}$, thay số ta được $\eta = 20\%$

➤ **Loại 3: Hiệu suất cực đại hay hiệu suất theo chu trình Carnot.**

- Đề cho T_1 : nhiệt độ nguồn nóng, T_2 : nhiệt độ nguồn lạnh.
- Ta dùng: $\eta_{\max} = \frac{T_1 - T_2}{T_1}$.

- Chú ý: T_1, T_2 ở nhiệt độ tuyệt đối (Kelvin).

Ví dụ: Một động cơ nhiệt có nguồn nóng 250^0C , nguồn lạnh 30^0C . Tính hiệu suất cực đại có thể có của động cơ.

Giải:

- Xác định T_1, T_2 : $T_1 = 523\text{K}$, $T_2 = 203\text{K}$.

- $\eta_{\max} = \frac{T_1 - T_2}{T_1}$, thay số ta được $\eta_{\max} = 42\%$.

➤ **Loại 4: Công suất của động cơ nhiệt.**

- Đề sẽ cho hiệu suất hoặc hiệu suất theo hiệu suất cực đại (cho T_1, T_2), nhiên liệu cung cấp nhiệt cho nguồn nóng với năng suất tỏa nhiệt là $q \frac{\text{J}}{\text{kg}}$:

- cho khối lượng nhiên liệu (gỗ, than,...).
- cho thể tích nhiên liệu (xăng, dầu,...) kèm theo khối lượng riêng (ρ) của nhiên liệu.

- **Yêu cầu :** Tính công suất của động cơ nhiệt.

- **Định hướng:**

- Tìm hiệu suất (phân biệt hiệu suất cực đại và hiệu suất).
- Tìm Q_1 , trong loại này $Q_1 = Q_{\text{nhiên liệu}}$, với $Q_{\text{nhiên liệu}} = q \cdot m_{\text{nhiên liệu}} = q \cdot \rho \cdot V$
- Tìm A (công do động cơ sinh ra khi đốt m hay V nhiên liệu trong thời gian t) bằng

$$\eta = \frac{|A|}{|Q_1|}.$$

- Công suất $P = \frac{A}{t}$

Chú ý: $1\text{Hp} = 746\text{ W}$.

Ví dụ: Hiệu suất thực (hiệu suất) của một máy hơi nước bằng nửa hiệu suất cực đại. Nhiệt độ của hơi khi ra khỏi lò hơi (nguồn nóng) là 227^0C , nhiệt độ của buồng ngưng (nguồn lạnh) là 77^0C . Tính công suất của máy hơi nước này (kW) trong 2 trường hợp nếu mỗi giờ nó tiêu thụ:

a) 700 kg than có năng suất tỏa nhiệt là 31.10^6 J/kg .

b) 700 lít xăng có năng suất tỏa nhiệt là 46.10^6 J/kg , khối lượng riêng của xăng $\rho = 700\text{kg/m}^3$.

Hướng dẫn giải

Tóm tắt:

$$a) \left\{ \begin{array}{l} m = 700\text{kg} \\ q_t = 31.10^6\text{ J/kg} \end{array} \right. \quad \eta = \frac{T_1 - T_2}{2T_1} = \frac{\eta_{\max}}{2}$$

$$b) \left\{ \begin{array}{l} V = 700\text{ lít} = 0,7\text{ m}^3 \\ q_x = 46.10^6\frac{\text{J}}{\text{kg}} \\ \rho = \frac{700\text{kg}}{\text{m}^3} \end{array} \right. \quad T_1 = 500\text{K}; T_2 = 350\text{K}$$

Bài giải:

- Hiệu suất cực đại $\eta_{\max} = \frac{T_1 - T_2}{T_1}$ suy ra hiệu suất thực $\eta = \frac{T_1 - T_2}{2T_1}$
- $$\begin{cases} Q_{1t} = Q_t = q_t \cdot m_t \\ Q_{1x} = Q_x = q_x \cdot m_x = q_x \cdot V_x \cdot \rho \end{cases}$$
- $$\begin{cases} A_t = Q_{1t} \cdot \eta \\ A_x = Q_{1x} \cdot \eta \end{cases}$$
- a) $P_t = \frac{A_t}{t} = \frac{q_t \cdot m_t \cdot \frac{T_1 - T_2}{2T_1}}{t}$; b) $P_x = \frac{A_x}{t} = \frac{q_x \cdot V_x \cdot \rho \cdot \frac{T_1 - T_2}{2T_1}}{t}$
- Thay số ta được a) 904 kW ; b) 939 kW.

➤ **Loại 5: Nhiệt lượng mà tác nhân nhận được từ nguồn nóng hay nhả cho nguồn lạnh trong thời gian t.**

- Đề sẽ cho hiệu suất và công suất của động cơ
- **Yêu cầu:** tính nhiệt lượng mà tác nhân nhận được từ nguồn nóng hay nhả cho nguồn lạnh trong thời gian t.
- **Định hướng:**
 - Tìm công động cơ sinh ra trong 1 giây, chính bằng độ lớn của công suất P.
 - Tìm nhiệt lượng Q_1 động cơ nhận từ nguồn nóng trong 1 giây bằng $Q_1 = \frac{A}{\eta}$ và tìm Q_2 bằng $Q_2 = Q_1 - A$.
 - Trong thời gian t động cơ:
 - . Nhiệt lượng mà tác nhân nhận được từ nguồn nóng: $Q_t = t(\text{giây}) \times Q_1$
 - . Nhiệt lượng mà tác nhân nhả cho nguồn lạnh: $Q_t = t(\text{giây}) \times Q_2$

Ví dụ: Hiệu suất của động cơ là 27%, công suất $P = 73600 \text{ W}$.

a) Nhiệt lượng mà tác nhân nhận được từ nguồn nóng trong 1 phút.

b) Nhiệt lượng mà tác nhân nhả cho nguồn lạnh trong 1 phút.

Hướng dẫn giải

Tóm tắt:

$$\left\{ \begin{array}{l} \eta = 27\% \\ t = 1 \text{ phút} = 60 \text{ s} \\ P = 73600 \text{ W} \\ \text{a) nhiệt lượng nhận được từ nguồn nóng trong 1 phút.} \\ \text{b) nhiệt lượng nhả cho nguồn lạnh trong 1 phút.} \end{array} \right.$$

Bài giải:

a) Trong 1 giây, động cơ sinh công $A = 73600 \text{ J}$ và nó nhận ở nguồn nóng một nhiệt lượng: $Q_1 = \frac{A}{\eta}$. Trong 1 phút động cơ nhận được nhiệt lượng: $Q_{1p} = t \cdot Q_1$. Thay số ta được $Q_{1p} = 16470 \text{ kJ}$.

b) Trong 1 giây, tác nhân nhả cho nguồn lạnh nhiệt lượng: $Q_2 = Q_1 - A$. Trong 1 phút động cơ nhả nhiệt lượng: $Q_{1p} = t \cdot (Q_1 - A)$. Thay số ta được $Q_{1p} = 12054 \text{ kJ}$

f) **Dạng 6: Các bài tập của máy lạnh**

➤ **Loại 1: hiệu suất (hệ số làm lạnh, hiệu năng làm lạnh).**

- Đề sẽ cho giống dạng 0, yêu cầu ta tìm hệ số làm lạnh $\varepsilon, \varepsilon > 1$

- Ta dùng: $\varepsilon = \frac{|Q_2|}{|A|} = \frac{|Q_2|}{|Q_1| - |Q_2|}$.

➤ **Loại 2: hiệu suất cực đại hay hiệu suất theo chu trình Carnot.**

- Đề cho T_1 : nhiệt độ nguồn nóng, T_2 : nhiệt độ nguồn lạnh.

- Ta dùng: $\varepsilon_{\max} = \frac{T_2}{T_1 - T_2}$.

- Chú ý: T_1, T_2 ở nhiệt độ tuyệt đối (Kelvin).

➤ **Loại 3: nhiệt lượng mà tác nhân lấy được từ nguồn lạnh hay nhả cho nguồn nóng trong thời gian t.**

- Đề sẽ cho hiệu suất và công suất của máy lạnh.

- **Yêu cầu:** tính nhiệt lượng mà tác nhân lấy được từ nguồn lạnh hay nhả cho nguồn nóng trong thời gian t.

- **Định hướng:**

- Tìm công máy lạnh tiêu thụ trong 1 giây, chính bằng độ lớn của công suất P.
- Tìm nhiệt lượng Q_2 máy lạnh nhận từ nguồn nóng trong 1 giây bằng $Q_2 = A \cdot \varepsilon$ và tìm Q_1 bằng $Q_1 = Q_2 + A$.
- Trong thời gian t:
 - Nhiệt lượng mà tác nhân lấy từ nguồn lạnh: $Q_t = t(\text{giây}) \times Q_2$
 - Nhiệt lượng mà tác nhân nhả cho nguồn nóng: $Q_t = t(\text{giây}) \times Q_1$

Chú ý: khi kết quả ra quá lớn, ta nên đổi kết quả ra đơn vị calo.

1 calo = 4,18 J.

Ví dụ: Hiệu suất của máy lạnh là 9,74, công suất $P = 36800 \text{ W}$.

a) Nhiệt lượng mà tác nhân lấy từ lạnh trong 1s.

b) Nhiệt lượng mà tác nhân nhả cho nguồn nóng trong 1s.

Tóm tắt:

$$\left\{ \begin{array}{l} \varepsilon = 9,74 \\ t = 1 \text{ s} \\ P = 36800 \text{ W} \\ \text{a) nhiệt lượng mà tác nhân lấy từ nguồn lạnh trong 1 s.} \\ \text{b) nhiệt lượng mà tác nhân nhả cho nguồn nóng trong 1 s.} \end{array} \right.$$

Bài giải:

a) Trong 1 giây, máy lạnh nhận công $A = 36800 \text{ J}$ và nó lấy ở nguồn lạnh một nhiệt lượng: $Q_2 = A \cdot \varepsilon$. Trong 1 s nhiệt lượng mà tác nhân lấy ở nguồn lạnh: $Q_{1s} = t \cdot Q_2$. Thay số ta được $Q_{1s} = 86000 \text{ calo}$.

b) Trong 1 giây, tác nhân nhả cho nguồn nóng nhiệt lượng: $Q_1 = Q_2 + A$. Thay số ta được $Q_{1s} = 94800 \text{ calo}$.

g) Dạng 7: Tìm biến thiên entropy của khí lý tưởng qua các quá trình:

➤ **Loại 1: Quá trình bất kì:**

- Phân tích đề:

- Giả thiết: đề bài của dạng này thường sẽ cung cấp các dữ liệu:
 - Công thức hóa học của khí từ đó biết được khối lượng mol của khí
 - Khối lượng của khí đang tham gia quá trình biến đổi
 - Đề sẽ không cho biết khí biến đổi theo quá trình cụ thể nào mà chỉ cho biết hai trên ba thông số của trạng thái đầu và trạng thái cuối.
- Kết luận: tính được biến thiên entropy khi khí biến đổi từ (1) đến (2)

- **Phương pháp giải:**

- **Bước 1:** Đọc kĩ đề bài, xác định dạng bài, tóm tắt các dữ liệu đề cho thật cụ thể và chi tiết, tiến hành đổi đơn vị sang hệ đơn vị chuẩn SI
- **Bước 2:** Nếu đề bài không cho số mol khí thì phải tìm số mol khí bằng cách lấy khối lượng khí tham gia biến đổi chia cho khối lượng mol của nó

$$n_0 = \frac{m}{M}$$

- **Bước 3:** Viết biểu thức định nghĩa của độ biến thiên entropy

$$\Delta S = S_1 - S_2 = \int_{(1)}^{(2)} \frac{\delta Q}{T}$$

Đối với khí lý tưởng:

$$\left. \begin{array}{l} \text{Ta có: } \partial Q = dU + \partial A \\ \text{mà } dU = n_0 \cdot C_V \cdot dT \text{ và } \partial A = p dV \end{array} \right\}$$

$$\Delta S = S_1 - S_2 = \int_{(1)}^{(2)} \frac{\delta Q}{T} = \int_{(1)}^{(2)} n_0 \cdot C_V \cdot \frac{dT}{T} + \int_{(1)}^{(2)} p \frac{dV}{T}$$

- **Bước 4:** Xác định hai dữ kiện thông số đề cho để tìm hướng giải phù hợp
 - **TH1:** cho biết **NHIỆT ĐỘ** và **THỂ TÍCH** hai trạng thái:

$$\Delta S = S_1 - S_2 = \int_{(1)}^{(2)} \frac{\delta Q}{T} = \int_{(1)}^{(2)} n_0 \cdot C_V \cdot \frac{dT}{T} + \int_{(1)}^{(2)} p \frac{dV}{T}$$

Ở tích phân đầu tiên ta đã xác định được hai cận của tích phân chính là hai nhiệt độ biến đổi T_1 và T_2 , việc tính tích phân này rất đơn giản và kết quả của nó là:

$$n_0 C_V \ln \frac{T_2}{T_1}$$

Ở tích phân thứ hai, vấn đề đã nảy sinh, ở đây áp suất của chất khí biến đổi trong quá trình này không phải một hằng số mà sẽ biến đổi theo T và V . Ta có theo Mendeleev – Clayron

$$n_0 = \frac{pV}{RT} \rightarrow p = \frac{n_0 RT}{V}$$

Ta thế biểu thức của áp suất p vừa tìm được vào tích phân thứ hai ta có:

$$\int_{(1)}^{(2)} p \frac{dV}{T} = \int_{(1)}^{(2)} \frac{n_0 RT}{V} \frac{dV}{T} = \int_{V_1}^{V_2} n_0 R \frac{dV}{V} = n_0 R \ln \frac{V_2}{V_1}$$

Cuối cùng ta thế kết quả của hai tích phân vừa tính được vào biểu thức tính độ biến thiên entropy và có được kết quả yêu cầu

$$\Delta S = n_0 \left(C_V \ln \frac{T_2}{T_1} + R \ln \frac{V_2}{V_1} \right)$$

- TH2: cho biết *ÁP SUẤT* và *THỂ TÍCH* của hai trạng thái thì có hai cách tính: trực tiếp hoặc mượn trường hợp 1. Với cách trực tiếp:

$$\Delta S = S_1 - S_2 = \int_{(1)}^{(2)} \frac{\delta Q}{T} = \int_{(1)}^{(2)} n_0 \cdot C_V \cdot \frac{dT}{T} + \int_{(1)}^{(2)} p \frac{dV}{T}$$

Ta đã có theo theo Mendeleev – Clayron:

$$\frac{m}{M} = n_0 = \frac{pV}{RT} \rightarrow T = \frac{pV}{n_0 R}$$

Ở đây trong biểu thức của nhiệt độ T suy ra từ phương trình trạng thái khí lý tưởng, cả p và V đều thay đổi trong quá trình biến đổi của khí, T bây giờ xem như hàm phụ thuộc hai biến p và V , lấy vi phân của T

$$dT = \frac{\partial T}{\partial p} dp + \frac{\partial T}{\partial V} dV = \frac{V}{n_0 R} dp + \frac{p}{n_0 R} dV$$

Thay vào biểu thức trong dấu tích phân thứ nhất ta có

$$\begin{aligned} \int_{(1)}^{(2)} \frac{m}{M} \cdot C_V \cdot \frac{dT}{T} &= \int_{(1)}^{(2)} n_0 \cdot C_V \cdot \frac{n_0 R}{pV} \cdot \left(\frac{V}{n_0 R} dp + \frac{p}{n_0 R} dV \right) \\ &= \int_{p_1}^{p_2} n_0 \cdot C_V \cdot \frac{dp}{p} + \int_{V_1}^{V_2} n_0 \cdot C_V \cdot \frac{dV}{V} \\ &= n_0 C_V \ln \frac{p_2}{p_1} + n_0 C_V \ln \frac{V_2}{V_1} \end{aligned}$$

Ta đã tính xong tích phân thứ nhất.

Còn tích phân thứ hai:

$$\int_{(1)}^{(2)} p \frac{dV}{T} = \int_{V_1}^{V_2} n_0 R \frac{dV}{V} = n_0 R \ln \frac{V_2}{V_1}$$

Thay các kết quả đã tính được vào biểu thức biến thiên entropy ta có kết quả cần tìm:

$$\Delta S = n_0 C_V \ln \frac{p_2}{p_1} + n_0 \ln \frac{V_2}{V_1} (C_V + R) = n_0 \left(C_V \ln \frac{p_2}{p_1} + C_p \ln \frac{V_2}{V_1} \right)$$

Nếu mượn kết quả đã có ở trường hợp 1: để tính ΔS Khi chỉ cho p_1 và p_2 cùng với V_1 và V_2 ta cũng có thể từ phương trình trạng thái khí lý tưởng tính ra T_1 và T_2 rồi áp dụng kết quả của trường hợp 1 để tính biến thiên entropy

- TH3: cho biết *ÁP SUẤT* và *NHIỆT ĐỘ* của hai trạng thái thì không thể tính theo trực tiếp:

$$\Delta S = S_1 - S_2 = \int_{(1)}^{(2)} \frac{\delta Q}{T} = \int_{(1)}^{(2)} n_0 \cdot C_V \cdot \frac{dT}{T} + \int_{(1)}^{(2)} p \frac{dV}{T}$$

Với trường hợp 3 này, ta bắt buộc mượn những cách làm của trường hợp 1 hoặc 2 bằng cách: khi đã có số mol n_0 , áp suất p_1 và p_2 , nhiệt độ T_1 và T_2 dựa vào phương

trình trạng thái khí lý tưởng ta dễ dàng suy ra được thể tích V_1 và V_2 . Sau đó áp dụng cách tính như trường hợp 1 hoặc trường hợp 2 để tính biến thiên entropy

- **Bước 5:** Thế giá trị theo đề bài và ghi kết quả
- **Bước 6:** Kiểm tra kết quả, thứ nguyên, đơn vị

Ví dụ: Tính độ biến thiên entropy khi biến đổi 6g khí hidro từ thể tích 20lít áp suất 1,5at đến thể tích 60lít áp suất 1at.

- Bước 1: Tóm tắt

Khí H_2 ($M = 2\text{kg/kmol}$); $m = 6\text{g} = 6 \cdot 10^{-3}\text{kg}$. Tính $\Delta S = ? J/K$

Trạng thái 1: $V_1 = 20\text{lít} = 20 \cdot 10^{-3}\text{m}^3$

Trạng thái 2: $V_2 = 60\text{lít} = 60 \cdot 10^{-3}\text{m}^3$

$$p_1 = 1,5\text{at} = 1,5 \cdot 10^5\text{Pa}$$

$$p_2 = 1\text{at} = 1 \cdot 10^5\text{Pa}$$

- Bước 2: Số mol khí H_2 tham gia quá trình là: $n_0 = \frac{m}{M} = 3 \text{ (mol)}$. H_2 là khí lưỡng nguyên tử, số bậc tự do là: $i = 5$

- Bước 3: Độ biến thiên entropy của quá trình là: $\Delta S = S_1 - S_2 = \int_{(1)}^{(2)} \frac{\delta Q}{T}$

$$\left. \begin{array}{l} \text{Ta có: } \partial Q = dU + \partial A \\ \text{mà } dU = n_0 \cdot C_V \cdot dT \\ \text{và } \partial A = p dV \end{array} \right\} \Delta S = S_1 - S_2 = \int_{(1)}^{(2)} \frac{\delta Q}{T} = \int_{(1)}^{(2)} n_0 \cdot C_V \cdot \frac{dT}{T} + \int_{(1)}^{(2)} p \frac{dV}{T}$$

- Bước 4: Đề cho áp suất và thể tích, áp dụng công thức của trường hợp 2 ta có

$$\begin{aligned} \Delta S &= n_0 C_V \ln \frac{p_2}{p_1} + n_0 \ln \frac{V_2}{V_1} (C_V + R) = n_0 \left(C_V \ln \frac{p_2}{p_1} + C_p \ln \frac{V_2}{V_1} \right) \\ &= 3 \left(\frac{i}{2} R \ln \frac{p_2}{p_1} + \frac{i+2}{2} R \ln \frac{V_2}{V_1} \right) = 3 \left(\frac{5}{2} \cdot 8,31 \cdot \ln \frac{1}{1,5} + \frac{7}{2} \cdot 8,31 \cdot \ln \frac{60}{20} \right) \end{aligned}$$

$$\Delta S = 70,588 J/K$$

Bài tập tự luyện tập:

1. Tính độ biến thiên entropy khi chuyển 8g oxy từ thể tích 10 lít ở nhiệt độ 80°C đến thể tích 40 lít ở nhiệt độ 300°C .
2. Tính độ biến thiên entropy khi chuyển 44g CO_2 từ điều kiện tiêu chuẩn (0°C , 1atm) đến điều kiện thường (25°C , 1atm)

➤ **Loại 2: Quá trình không thuận nghịch và các đẳng quá trình:**

Với các quá trình không thuận nghịch thì việc tính độ biến thiên entropy sẽ trở nên đơn giản hơn do hoặc là không trao đổi nhiệt lượng dẫn đến không có biến thiên entropy (đẳng entropy) hoặc là đã có một vài đại lượng là hằng số không đổi (các đẳng quá trình).

- **Phân tích đề:**

Giả thiết:

- Tính chất của quá trình biến đổi
- Thông số trạng thái đầu và cuối quá trình
- Khối lượng và công thức hóa học, hoặc số mol khí, loại phân tử khí

Kết luận: tính độ biến thiên entropy của quá trình biến đổi

- **Phương pháp giải:**

- **Bước 1:** Tóm tắt dữ kiện đề bài cụ thể, chi tiết, đổi đơn vị ra hệ chuẩn SI
- **Bước 2:** Viết công thức tính độ biến thiên entropy theo định nghĩa: $\Delta S = \int_{(1)}^{(2)} \frac{\delta Q}{T}$
- **Bước 3:** xác định quá trình biến đổi của khí mà chọn công thức tính toán phù hợp
 - **Đẳng nhiệt:** $dU = 0 \rightarrow \partial Q = \partial A = \frac{m}{M} RT dV$ thế vào công thức tích phân của ΔS ta có

$$\Delta S = \frac{m}{M} R \ln \frac{V_2}{V_1} = \frac{m}{M} R \ln \frac{p_1}{p_2}$$

- **Đẳng tích:** $\partial A = 0 \rightarrow \partial Q = dU = \frac{m}{M} C_V dT$ thế vào công thức tích phân của ΔS ta có

$$\Delta S = \frac{m}{M} C_V \ln \frac{T_2}{T_1}$$

- **Đẳng áp:** trong quá trình đẳng áp ta đã có công thức tính nhiệt dung riêng đẳng áp của khí lý tưởng nên ta áp dụng luôn phương trình tính nhiệt lượng trong quá trình đẳng áp: $Q = \frac{m}{M} \cdot C_p \cdot \Delta T \rightarrow \partial Q = \frac{m}{M} C_p dT$ thế vào tích phân của ΔS ta có:

$$\Delta S = \frac{m}{M} C_p \ln \frac{T_2}{T_1}$$

- **Đoạn nhiệt:** không có trao đổi nhiệt lượng nên $\Delta S = 0$
- **Đa biến:** cũng áp dụng phương trình tính nhiệt lượng trong quá trình đa biến:

$$Q = \frac{m}{M} \cdot C_p \cdot \Delta T \rightarrow \partial Q = \frac{m}{M} C_d dT \text{ Thế vào tích phân của } \Delta S \text{ ta có}$$

$$\Delta S = \frac{m}{M} \cdot C_d \ln \frac{T_2}{T_1}$$

- **Truyền nhiệt:** công thức tính nhiệt lượng tỏa ra hay thu vào để chuyển từ nhiệt độ T_1 sang nhiệt độ T_2 của vật có khối lượng m , nhiệt dung riêng c là $Q = mc \cdot \Delta T \rightarrow \partial Q = m \cdot c \cdot dT$ thế vào công thức tích phân của ΔS ta có độ biến thiên entropy của một vật trong quá trình truyền nhiệt là:

$$\Delta S = m \cdot c \cdot \ln \frac{T_2}{T_1}$$

với m là khối lượng vật (kg)

c : nhiệt dung riêng (J/kg.K)

T_1, T_2 : nhiệt độ tuyệt đối giữa hai trạng thái (K)

Nếu $T_2 > T_1$ thì $\Delta S > 0 \rightarrow$ vật thu nhiệt và ngược lại

- **Chuyển pha:** khác với các quá trình khác, quá trình chuyển pha diễn ra tại 1 nhiệt độ xác định của từng chất nên trong biểu thức tích phân, T là hằng số được đem ra khỏi dấu tích phân. Còn lại là tích phân từ trạng thái 1 đến trạng thái 2 của ∂Q chính là tổng lượng nhiệt Q mà vật thu vào hay tỏa ra để chuyển pha nên độ biến thiên entropy trong quá trình chuyển pha là:

$$\Delta S = \frac{Q}{T} = \frac{m \cdot L}{T}$$

với Q (J) là nhiệt lượng vật thu vào hay tỏa ra để chuyển pha

T (K) là nhiệt độ tuyệt đối mà tại đó vật bắt đầu thu hay tỏa Q

L (J/kg) là nhiệt chuyển pha của chất đó

m (kg) là khối lượng chất chuyển pha

- **Bước 4:** Thay số liệu đề bài cung cấp vào và tiến hành các thao tác tính toán
- **Bước 5:** kiểm tra kết quả, thứ nguyên, đơn vị và tính đúng đắn, phù hợp lý thuyết

Ví dụ 1:: Tính độ biến thiên entropy khi hơi nóng đẳng áp 6,5g hidro, thể tích khí tăng gấp đôi.

Hướng dẫn giải

- Bước 1: Tóm tắt

Khí hidro ($M = 2\text{g/mol}$), bậc tự do: $i = 5$, $m = 6,5\text{g}$

Trạng thái I: $T_1, p_1, V_1 \rightarrow$ Trạng thái II: $T_2, p_2 = p_1, V_2 = 2V_1$

- Bước 2: Độ biến thiên entropy: $\Delta S = S_1 - S_2 = \int_{(1)}^{(2)} \frac{\delta Q}{T}$
- Bước 3: đây là quá trình đẳng áp

$Q = \frac{m}{M} \cdot C_p \cdot \Delta T \rightarrow \partial Q = \frac{m}{M} C_p dT$ thế vào tích phân của ΔS ta có:

$$\begin{aligned}\Delta S &= \frac{m}{M} C_p \ln \frac{T_2}{T_1} \\ &= \frac{6,5}{2} \cdot \frac{5+2}{2} \cdot 8,31 \cdot \ln \frac{V_2}{V_1} \\ &= \frac{6,5}{2} \cdot \frac{5+2}{2} \cdot 8,31 \cdot \ln 2 \\ &= 65,52 \text{ J/K}\end{aligned}$$

Ví dụ 2: Tính độ tăng entropy khi biến đổi 1g nước đá ở 0°C thành hơi nước ở 100°C . cho nhiệt nóng chảy của nước đá ở 0°C là 80kcal/kg, nhiệt dung riêng của nước lỏng là 1kcal/kg.K và nhiệt hóa hơi của nước ở 100°C là 2256 kJ/kg.

Hướng dẫn giải

- Bước 1: Tóm tắt

$$m_{\text{nước}} = 1\text{g} = 10^{-3}\text{kg}$$

$$\text{Trạng thái đầu: đá, } T_1 = 0^\circ\text{C} = 273\text{K}$$

$$L_{\text{nc}} = 80\text{kcal/kg} = 334864 \text{ J/kg}$$

$$\text{Trạng thái cuối: hơi, } T_2 = 100^\circ\text{C} = 373\text{K}$$

$$L_{\text{h}} = 2256000 \text{ J/kg}$$

$$C = 4185,8 \text{ J/kg.K}$$

- Bước 2: Độ biến thiên entropy: $\Delta S = S_1 - S_2 = \int_{(1)}^{(2)} \frac{\delta Q}{T}$
- Bước 3: đây là quá trình chuyển trạng thái của nước từ rắn > lỏng > khí. Như vậy nước trải qua ba quá trình biến đổi
 - I: biến từ đá 273K sang nước lỏng 273K
 - II: biến từ lỏng 273K sang lỏng 373K
 - III: biến từ lỏng 373K sang hơi 373K

Với mỗi quá trình sẽ có một độ biến thiên entropy khác nhau độ biến thiên entropy của cả quá trình là tổng đại số của các độ biến thiên thành phần:

$$\Delta S = \Delta S_1 + \Delta S_2 + \Delta S_3$$

- $\Delta S_1 = \frac{mL_{\text{nc}}}{T_1}$ do là quá trình chuyển pha tại nhiệt độ T_1 .

- $\Delta S_2 = m \cdot c \cdot \ln \frac{T_2}{T_1}$ do là quá trình thu nhiệt lượng quả môi trường để thay đổi nhiệt độ, quá trình truyền nhiệt.
- $\Delta S_3 = \frac{m \cdot L_h}{T_2}$ do là quá trình chuyển pha tại nhiệt độ T_2
- $\Delta S = \Delta S_1 + \Delta S_2 + \Delta S_3$

$$= \frac{m \cdot L_{nc}}{T_1} + m \cdot c \cdot \ln \frac{T_2}{T_1} + \frac{m \cdot L_h}{T_2}$$

$$= \frac{10^{-3} \cdot 334864}{273} + 10^{-3} \cdot 4185 \cdot \ln \frac{373}{273} + \frac{10^{-3} \cdot 2256000}{373} = 8,58 \text{ J/K}$$

Bài tập tự luyện tập:

1. Tính độ biến thiên entropy khi giãn đẳng nhiệt 10g nitơ từ thể tích 2 lít đến 5 lít
2. 1kmol khí lưỡng nguyên tử được hơ nóng, nhiệt độ tuyệt đối tăng lên 1,5 lần. Tính độ biến thiên entropy nếu quá trình hơ nóng là: a) Đẳng tích b) Đẳng áp
3. 200g sắt ở 1000C bỏ vào một nhiệt lượng kế có vỏ cách nhiệt hoàn hảo chứa 300g nước ở 120C. tìm độ biến thiên entropy của hệ khi xảy ra cân bằng nhiệt.
4. 22g nitơ được hơ nóng, nhiệt độ tuyệt đối tăng gấp 2,1 lần và entropy tăng lên 4,19 calo/K. Quá trình hơ nóng đó là đẳng áp hay đẳng tích?

h. Dạng 8: dựa vào đồ thị để giải bài toán nhiệt động lực học, phối hợp hai nguyên lý I và II:

➤ Bài toán quá trình:

- Phân tích đề :

- Với dạng này đề sẽ cho một giản đồ bất kì (pV) hay (Tp) hay (TV)
- Cho thông số ở một vài trạng thái quá trình
- Yêu cầu tính :
 - Công hệ thực hiện
 - Nhiệt lượng nhận vào, tỏa ra
 - Độ biến thiên nội năng

- Đề xuất phương pháp :

- Bước 1 : Xác định tính chất của quá trình biến đổi theo đồ thị đã cho
 - Trong tọa độ p-V :
 - ✓ Đẳng áp là đường thẳng vuông góc trục tung OP
 - ✓ Đẳng tích là đường thẳng vuông góc với trục hoành OV
 - ✓ Đẳng nhiệt là đường cong hyperpol
 - Trong tọa độ T-p :

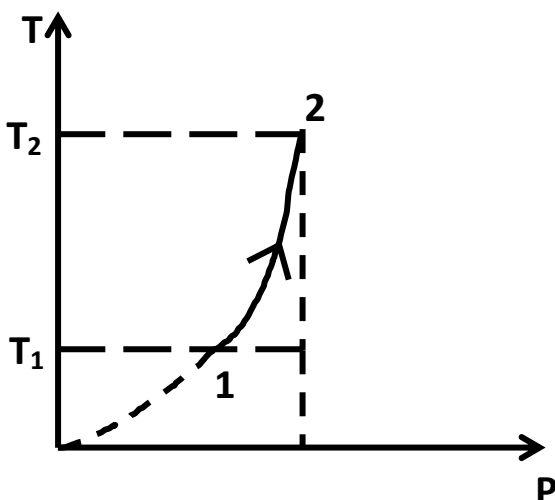
- ✓ Đẳng nhiệt là đường thẳng vuông góc trục tung OT
- ✓ Đẳng áp là đường thẳng vuông góc trục hoành OP
- ✓ Đẳng tích là đường thẳng có đường kéo dài đi qua gốc tọa độ O (đường đẳng tích có hệ số góc lớn hơn thì thể tích bé hơn)
- Trong tọa độ T-V :
 - ✓ Đẳng nhiệt là đường thẳng vuông góc trục tung OT
 - ✓ Đẳng áp là đường thẳng vuông góc trục hoành OV
 - ✓ Đẳng áp là đường thẳng có đường kéo dài đi qua gốc tọa độ O (đường đẳng áp có hệ số góc lớn hơn thì áp suất bé hơn)

Nếu là quá trình đoạn nhiệt thì đề sẽ nói rõ là đoạn nhiệt

Nếu đề cho dạng đặc biệt của đồ thị mà nói rõ là dạng đường gì thì ta có:

- Phương trình của đường thẳng không qua gốc tọa độ: $y = ax + b$
 - ✓ Nếu qua gốc tọa độ thì $b=0$ suy ra quá trình đa biến, tìm được chỉ số đa biến n
- Phương trình của parabol mà :
 - ✓ Bề lõm quay theo trục tung: $y = ax^2 + bx + c$
 - ✓ Bề lõm quay theo trục hoành : $x = ay^2 + by + c$
 - ✓ Nếu có điểm uốn là gốc tọa độ thì $b = c = 0$ suy ra đó là quá trình đa biến, tìm được chỉ số đa biến n
 - ✓ Nếu có điểm uốn không phải gốc tọa độ thì thế ba điểm đã biết số liệu vào tìm a, b, c
- Bước 2 : dựa vào những dữ kiện đề cho và tính chất quá trình biến đổi tìm được ở bước 1 ta xác định công thức ứng với yêu cầu đề và tiến hành thực hiện phép tính

Ví dụ : khí đơn nguyên tử biến đổi theo quá trình (1) đến (2) là một nhánh parabol qua gốc tọa độ O trong hệ tọa độ T-p như hình vẽ. Xác định hiệu suất quá trình và phần trăm năng lượng để biến thiên nội năng của khí



Giai

Đường cong parabol đi qua gốc tọa độ O có bề lõm hướng theo OT nên có dạng : $T = ap^2$

Suy ra $T \cdot p^{-2} = a$ vậy đây là quá trình đa biến với chỉ số đa biến là $\frac{1-n}{n} = -2 \rightarrow n = -1$

Công trong quá trình đa biến là :

$$A = \frac{m}{M} \cdot \frac{R}{n-1} \cdot (T_1 - T_2) = \frac{m}{M} \cdot \frac{R}{2} \cdot (-T_1 + T_2)$$

Độ biến thiên nội năng trong quá trình đa biến:

$$\Delta U = \frac{m}{M} \cdot \frac{iR}{2} \cdot (T_2 - T_1) \text{ khí đơn nguyên tử } i=3 \text{ nên } \Delta U = \frac{m}{M} \cdot \frac{3R}{2} \cdot (T_2 - T_1)$$

$$\text{Nhiệt lượng thu vào trong quá trình } Q = \Delta U + A = \frac{m}{M} \cdot 2R \cdot (T_2 - T_1)$$

$$\text{Hiệu suất quá trình: } H\% = \frac{A}{Q} \cdot 100\% = \frac{\frac{m}{M} \cdot \frac{3R}{2} \cdot (-T_1 + T_2)}{\frac{m}{M} \cdot 2R \cdot (T_2 - T_1)} \cdot 100\% = 25\%$$

$$\text{Phần trăm lượng nhiệt lượng khí thu vào để thay đổi nội năng: } \frac{\Delta U}{Q} = \frac{\frac{m}{M} \cdot \frac{3R}{2} \cdot (T_2 - T_1)}{\frac{m}{M} \cdot 2R \cdot (T_2 - T_1)} = 75\%$$

➤ **Bài toán chu trình: thường dùng để xác định hiệu suất của máy nhiệt**

- **Một số lưu ý khi giải bài toán chu trình:**

Vì trạng thái đầu và trạng thái cuối là như nhau nên ΔU của hệ bằng 0.

Nếu chu trình gồm các quá trình đặc biệt mà ta chưa nhận biết ngay thì làm bước 1 của phần quá trình để xác định tính chất chu trình, từ đó việc tính công, nhiệt lượng mới chính xác

❖ **Công A:**

- Có thể tính độ lớn công A bằng diện tích của chu trình trong hệ tọa độ (p,V) và lấy dấu + nếu chu trình thực hiện cùng chiều kim đồng hồ (tức là $A > 0$) và lấy dấu – nếu chu trình thực hiện ngược chiều kim đồng hồ (tức là $A < 0$)
- Tìm công A của từng quá trình theo các cách ở dạng 3 rồi cộng đại số với nhau ta được A

❖ **Nhiệt lượng của chu trình :**

- Nhiệt lượng của toàn bộ chu trình bằng công A, là tổng đại số các quá trình nhận và tỏa nhiệt.
- Nếu bài toán yêu cầu tìm nhiệt lượng của các quá trình nhận (hay quá trình tỏa) thì ta phải xét từng quá trình của chu trình để xác định các quá trình nào khí nhận (hay tỏa) rồi cộng chúng lại với nhau. Tỏa cộng vào tỏa, thu cộng vào thu sao cho đảm bảo $Q_{tỏa} + A_{thực\ hiện} = Q_{thu}$

❖ **Biến thiên nội năng :**

- Độ biến thiên nội năng của chu trình bằng 0
- Để tìm nội năng của từng quá trình ta thực hiện trình bày ở dạng 3

❖ **Hiệu suất (hệ số làm lạnh) máy nhiệt hoạt động theo chu trình bất kì :**

- Áp dụng công thức tính hiệu suất (hệ số làm lạnh) theo lý thuyết đã trình bày, chú ý lấy trị tuyệt đối đối với nhiệt lượng thải ra hay lấy đi của nguồn lạnh.
- Nếu là máy nhiệt hoạt động theo chu trình Carnot thuận (hoặc nghịch) thì áp dụng công thức đặc biệt dành cho chu trình Carnot, lưu ý phân biệt hai nhiệt độ nguồn nóng và lạnh.

- Cách kiểm tra kết quả : dựa theo nguyên lý Carnot : không một động cơ nhiệt nào hoạt động theo chu trình giữa hai nguồn nhiệt giống với chu trình Carnot lại có hiệu suất cao hơn chu trình Carnot

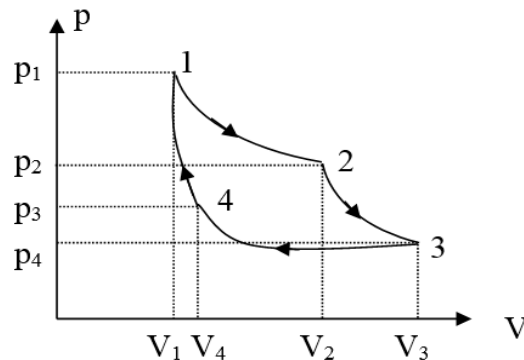
❖ **Độ biến thiên entropy qua chu trình biến đổi :**

- Tổng đại số độ biến thiên entropy của các quá trình biến đổi trong chu trình bằng độ biến thiên entropy của cả chu trình $\Delta S_{ct} = \Delta S_{12} + \Delta S_{23} + \Delta S_{34} + \dots = 0$

Ví dụ : Một khối khí lý tưởng lưỡng nguyên tử thực hiện một chu trình như hình vẽ. Trong đó, 1-2 và 3-4 là hai quá trình đẳng nhiệt với nhiệt độ tương ứng là T_1, T_2 ; 2-3 và 4-1 là hai quá trình đoạn nhiệt. Biết:

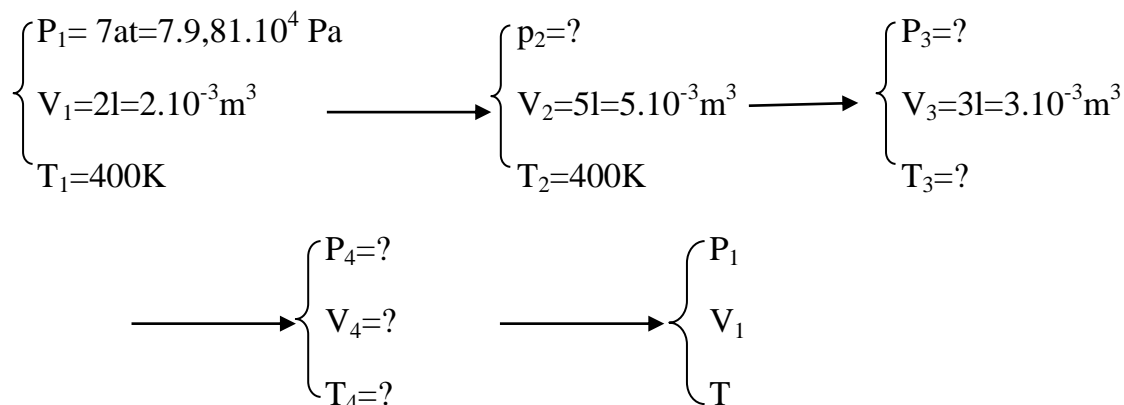
$$V_1=2 \text{ lít} \quad T_1= 400\text{K} \quad V_2=5 \text{ lít} \quad p_1=7\text{at} \quad V_3=8 \text{ lít}$$

- Tìm p_2, p_3, p_4, V_4, T_2
- Công do khí thực hiện trong cả chu trình và trong từng quá trình
- Nhiệt mà khối khí nhận hay tỏa ra trong từng quá trình đẳng nhiệt.
- Tính hiệu suất của động cơ nhiệt làm việc theo chu trình này
- Tính độ biến thiên entropy của khí thực hiện chu trình



Tóm tắt:

Khí lưỡng nguyên tử $\rightarrow i=5 \rightarrow \gamma=1,4$



- a. $p_2=?$, $p_3=?$, $p_4=?$, $V_4=?$, $T_2=?$
- b. A quá trình và A cả chu trình
- c. Q trong các quá trình đẳng nhiệt
- d. H% của chu trình
- e. ΔS_{ct}

Bài giải:

- a. $p_2=?$, $p_3=?$, $p_4=?$, $V_4=?$, $T_2=?$

- Trong quá trình 1-2 đẳng nhiệt : $p_1 V_1 = p_2 V_2 \rightarrow p_2 = \frac{p_1 V_1}{V_2} = \frac{(7at)(2l)}{(5l)} = 2,8at$
- Trong quá trình 2-3 đoạn nhiệt: $p_3 = p_2 \cdot \left(\frac{V_2}{V_3}\right)^\gamma = (2,8at) \left(\frac{2l}{8l}\right)^{1,4} = 1,45at$
- Trong quá trình 2-3 đoạn nhiệt: $T_2 V_2^{\gamma-1} = T_3 V_3^{\gamma-1} \rightarrow T_3 = T_2 \cdot \left(\frac{V_2}{V_3}\right)^{1-\gamma} = 331K$
- Trong quá trình 4-1 đoạn nhiệt : $T_1 p_1^{\frac{1-\gamma}{\gamma}} = T_4 p_4^{\frac{1-\gamma}{\gamma}} \rightarrow p_4 = p_1 \cdot \left(\frac{T_1}{T_4}\right)^{\frac{1-\gamma}{\gamma}} = 3,6at$
- Trong quá trình 3-4 đẳng nhiệt : $p_3 V_3 = p_4 V_4 \rightarrow V_4 = \frac{p_3 V_3}{p_4} = \frac{(1,45at)(8l)}{(3,6l)} = 3,2l$

- b. A quá trình và A cả chu trình:

- Trong quá trình 1-2 đẳng nhiệt: $A_{12} = \nu R T_1 \ln \frac{V_2}{V_1} = p_1 V_1 \ln \frac{V_2}{V_1} = 1300J$
- Trong quá trình 2-3 đoạn nhiệt :

$$A_{23} = -\Delta U_{23} = -\nu C_v (T_3 - T_2) = \frac{-5}{2} (p_3 V_3 - p_2 V_2) = 588,6J$$
- Trong quá trình 3-4 đẳng nhiệt : $A_{34} = \nu R T_3 \ln \frac{V_4}{V_3} = p_3 V_3 \ln \frac{V_4}{V_3} = -1042,7J$
- Trong quá trình 4-1 đoạn nhiệt:

$$A_{41} = -\Delta U_{41} = -\nu C_v (T_4 - T_1) = \frac{-5}{2} (p_4 V_4 - p_1 V_1) = -608,2J$$
- Vậy công của chu trình $A_{ct} = A_{12} + A_{23} + A_{34} + A_{41} = 237,7J$

- c. Q trong các quá trình đẳng nhiệt:

- Trong quá trình 1-2 đẳng nhiệt : $Q_{12} = A_{12} = 1300J > 0 \rightarrow$ quá trình khí nhận nhiệt

- Trong quá trình 3-4 đẳng nhiệt : $Q_{34}=A_{34}= -1042,7J < 0 \rightarrow$ quá trình khí tỏa nhiệt.

d. Hiệu suất chu trình:

- Động cơ nhiệt này làm việc theo chu trình Carnot nên cách tính hiệu suất có thể tính theo

cách đặc biệt: $H = \frac{|A|}{|Q_1|} = \frac{|Q_1| - |Q_2|}{|Q_1|} = \frac{T_1 - T_2}{T_1}$

A: là công mà khí thực hiện trong chu trình

Q_1 : là nhiệt lượng khí thu vào trong chu trình

Q_2 : là nhiệt lượng khí tỏa ra trong chu trình

- từ câu b và c ta đã có:

$$A_{\text{Thực hiện}} = 237,7J \quad \text{và} \quad Q_{\text{Thu}} = 1300J \quad \text{và} \quad Q_{\text{Tỏa}} = 1042,7J$$

$$H = \frac{|A|}{|Q_1|} = \frac{|Q_1| - |Q_2|}{|Q_1|} = \frac{237,7}{1300} = 0,1725$$

e. Độ biến thiên entropy:

$$\Delta S_{ct} = \Delta S_{12} + \Delta S_{23} + \Delta S_{34}$$

- $1 \rightarrow 2$: đẳng nhiệt

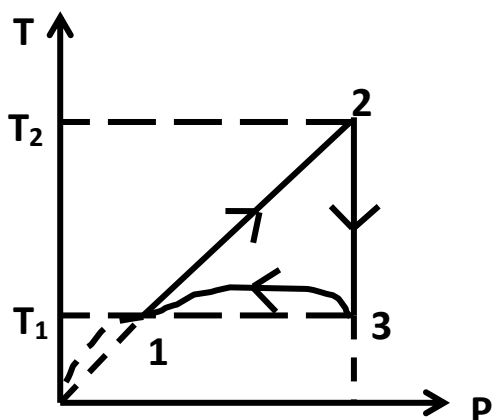
$$\rightarrow \Delta S_{12} = n_0 R \ln \frac{V_2}{V_1} = \frac{p_0 V_0}{RT_0} \cdot R \cdot \ln \frac{V_2}{V_1} = \frac{7.2}{0,082.400} \cdot 8,31 \cdot \ln \frac{5}{2} = 3,25 J/K$$

- $2 \rightarrow 3$: đoạn nhiệt $\rightarrow \Delta S_{23} = 0$

- $3 \rightarrow 4$: đẳng nhiệt $\rightarrow \Delta S_{34} = n_0 R \ln \frac{V_4}{V_3} = n_0 \cdot R \cdot \ln \frac{V_4}{V_3} = -3,25 J/K$

- $4 \rightarrow 1$: đoạn nhiệt $\rightarrow \Delta S_{41} = 0$

$$\rightarrow \Delta S_{ct} = \Delta S_{12} + \Delta S_{23} + \Delta S_{34} + \Delta S_{41} = 0$$



Bài tập vận dụng : Tính công thực hiện bởi chu trình sau, biết $3 \rightarrow 1$ là đường parabol qua O biết $T_1 = T_3 = 300K$, $T_2 = 400K$

4. Nhận xét đánh giá:

- Các cách phân dạng bài tập trên đây chỉ mang tính tổng quát và chủ yếu thường được hỏi trong các đề thi, yêu cầu vận dụng những kiến thức tiên quyết của nhiệt động lực học nhằm giúp sinh viên hiểu sâu lý thuyết đồng thời rèn luyện năng lực nhận diện dạng bài, giả thiết đề bài và phương hướng thực hiện.
- Những cách thức giải bài tập chỉ mang tính khái quát và vận dụng kiến thức từng bước, không mang tính đặc trưng cho từng dạng (vì có thể sẽ có những cách giải khác tối ưu hơn), không có giá trị luôn đúng cho tất cả các bài tập của nhiệt động lực học. Vì thế, tùy vào dữ kiện của mỗi bài và khả năng phân tích đề mỗi người mà sinh viên có thể có nhiều cách biến hóa, sáng tạo, vận dụng phương pháp vật lý, toán học phù hợp để giải bài nhanh và độ chính xác cao nhất có thể.