

CHƯƠNG 8: NGUYÊN LÝ THỨ NHẤT CỦA NHIỆT ĐỘNG LỰC HỌC

DẠNG 1: ĐỊNH LUẬT THỨ NHẤT

1.1. Kiến thức cơ bản:

- Dạng này là dạng ứng dụng định luật thứ nhất nhiệt động lực học để giải các bài toán về nhiệt. Nhìn chung các bài toán này chủ yếu xoay quanh ba đại lượng là nhiệt, công và độ biến thiên nội năng. Do đó cần phải nắm vững các công thức tính của ba đại lượng này trong các trường hợp đặc biệt như đẳng áp, đẳng tích, đẳng nhiệt hay đoạn nhiệt.

- Bên cạnh đó thì phải nhớ công thức về phương trình trạng thái khí tưởng → công thức này được sử dụng cực kì nhiều trong quá trình biến đổi. Phương trình trạng thái khí lí tưởng có dạng như sau

$$pV = \frac{m}{\mu}RT = nRT$$

Để nhớ phương trình trên thì không khó vì cấp 3 học hóa chắc sử dụng không ít lần. Tuy nhiên quan trọng nhất là nhớ các biến thể của nó, và giá trị hằng số khí R :

- Giá trị R :
 - Hệ SI: $R = 8.314 \text{ J/mol.K} \rightarrow P \text{ (Pa)}, V \text{ (m}^3)$ (**Tao Phải Về Mà** → Nếu R bắt đầu bằng 8 thì P là Pa, V là mét khối)
 - $R = 0.082 \text{ L.atm/mol.K} \rightarrow P \text{ (atm)}, V \text{ (lít)}$ (**Kậu Ác Vê Lờ** → Nếu R bắt đầu bằng 0 thì P là át một phe, V thì đo theo lít)
 - Như vậy tùy theo giá trị của R mà phải nhớ đơn vị của P và V tương ứng kéo thay vào nhằm là vỡ mồm đó. Bấm kết quả lại ra khác đáp án. Tốt nhất để dễ nhớ thì dùng khẩu quyết trên. Hơi bựa một chút nhưng dễ nhớ.

- Định luật thứ nhất nhiệt động lực học liên quan tới công và nhiệt → do đó phải hiểu được công và nhiệt, đừng có nhầm lẫn hai thằng này với nhau. Công và nhiệt đều là năng lượng, nhiệt không phải là nhiệt độ đâu đấy. Năng lượng này được truyền giữa hệ và môi trường. Như vậy khi nghiên cứu phần nhiệt mà cứ thấy có đại lượng công và nhiệt thì kiểu éo gì cũng phải có bộ đôi hệ và môi trường. Thiếu một trong hai thằng đấy là toi. Tuy nhiên giữa công và nhiệt có sự khác nhau. Quá trình truyền nhiệt giữa hệ và môi trường thì xuất hiện khi có **chênh lệch nhiệt độ**, còn nếu hệ và môi trường mà có cùng nhiệt độ thì ngồi cùng đến sang năm cũng chả có tí nhiệt nào truyền qua lại đâu. Về cơ bản quá trình truyền nhiệt tương tự như quá trình GATO.

Nếu tự dung thấy có đũa xấu zai hơn mình mà gấu nó lại ngon như hot girl thì lập tức quá trình GATO xuất hiện, để rồi tìm mọi cách nói xấu dìm hàng thẳng kia cho nó bằng mình ví dụ như kiểu thẳng này học dốt, hôi néc, thối chân. Nói tóm lại là tìm đủ mọi cách để cho nó như mềnh thì mới không còn GATO nữa ☺. Tiếp theo là anh công công, anh này thì thuộc dạng ăn tạp, nói chung là năng lượng truyền giữa hệ và môi trường xung quanh với tất cả các kiểu và tư thế truyền miễn là **éo liên quan tới sự chênh lệch nhiệt độ**. Nó có thể là công của lực điện, lực từ vùn vùn, tuy nhiên do chúng ta đang học về lờ 1 nên chỉ quan tâm tới công cơ học như công sinh ra trong quá trình giãn nở khí chẳng hạn, hoặc công mà khí nhận được khi bị nén.

a. Nhiệt

Nói đến nhiệt là nói đến sự chênh lệch nhiệt độ, để tính lượng nhiệt mà hệ (khí) nhận được hay mất đi thì chúng ta cần xác định hai thứ:

- Thứ nhất là nhiệt độ ở trạng thái đầu và nhiệt độ ở trạng thái cuối → xác độ chênh lệch nhiệt độ.
- Thứ hai là xác định nhiệt dung riêng c của chất khí trong hệ.

○ *Nhiệt dung riêng:*

- Đ/n: là lượng nhiệt cần thiết để tăng nhiệt độ của 1kg chất tăng thêm 1 độ.
- Đơn vị: $J.kg^{-1}.K^{-1}$ hoặc $J.g^{-1}.K^{-1}$
- Công thức: $dQ_p = mc_p dT$ và $dQ_v = mc_v dT$

○ *Nhiệt dung riêng mol (có sách viết là nhiệt dung riêng phân tử):*

- Đ/n: là lượng nhiệt cần thiết để tăng 1 mol chất tăng thêm 1 độ.
- Đơn vị: $J.kmol^{-1}.K^{-1}$ hoặc $J.mol^{-1}.K^{-1}$.
- Công thức: $dQ_p = nC_p dT$ và $dQ_v = nC_v dT$

○ Mối liên hệ giữa c (chim nhỏ) và C (chim to):

$$mc = nC \rightarrow C = \frac{m}{n}c = \mu c$$

μ khối lượng một mol chất.

- Nhiệt dung riêng không phụ thuộc vào khối lượng mà phụ thuộc vào bản chất của chất khí. Tức là cùng một khối lượng nhưng khí khác nhau thì sẽ có nhiệt dung riêng khác nhau. Ví dụ như chúng ta có thể có cùng khối lượng nhưng tính cách riêng hay độ đẹp zai riêng cũng sẽ khác nhau vì những hệ số này phụ thuộc vào bản chất của chúng ta. Tuy nhiên, tùy theo điều kiện mà nhiệt dung riêng có thể khác nhau mặc dù cùng một chất khí. Giống kiểu đi với anh em thì cứ đến lúc thanh toán tiền thì xin

đi vệ sinh, đi với gấu thì sẵn sàng rút ví trả ngay không cần thối lại. Trong khi nghiên cứu chất khí thì cần quan tâm đến hai trường hợp: nhiệt dung riêng đẳng áp c_p và nhiệt dung riêng đẳng tích c_v . Hai giá trị này thường là không giống nhau.

- Giữa nhiệt dung riêng mol đẳng áp và nhiệt dung riêng mol đẳng tích (nhiệt dung riêng cũng tương tự) có mối liên hệ thông qua bậc tự do chất khí. Bài này thí nghiệm rồi đó, cái bài mà bóp mỗi cả tay đó. Tỷ số C_p/C_v chính là hệ số Poátxông.

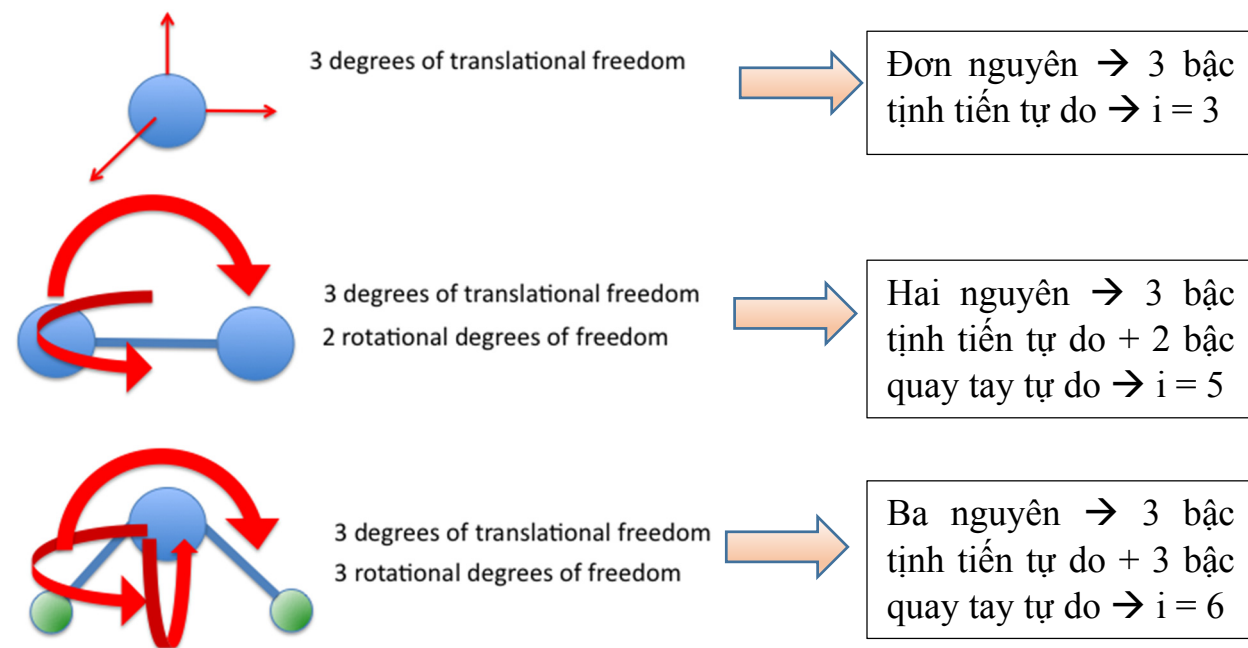
$$\frac{C_p}{C_v} = \frac{c_p}{c_v} = \frac{i + 2}{i} = \gamma$$

Trong đó:

$$C_p = \frac{i + 2}{2} R$$

$$C_v = \frac{i}{2} R$$

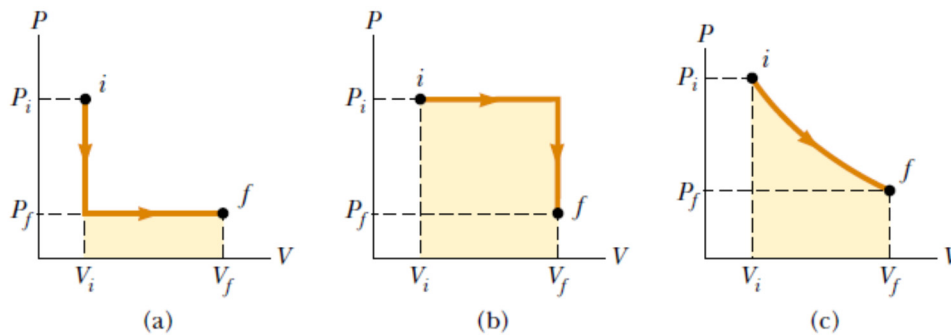
Ở đây i là bậc tự do, phụ thuộc vào từng loại khí (đơn nguyên, hai nguyên,...) → nhiều trym và sẵn cũng chả biết xác định được bậc tự do → nhìn hình dưới đây mà tự hiểu nhé, một phân tử có thể có 3 bậc tịnh tiến và 3 bậc quay tùy theo nó là đơn nguyên, hai nguyên, hay ba nguyên



b. Công

$$A = \int_{V_1}^{V_2} p dV$$

- Từ công thức trên ta thấy rõ một điều vô cùng quan trọng đó chính là công chính bằng diện tích giới hạn bởi hàm số $p(V)$ và trục hoành. Do đó khi nhìn vào đồ thị PV chúng ta có thể dễ dàng xác định được độ lớn của công thông qua diện tích giới hạn đó. Nhìn hình vẽ dưới đây, ta thấy mặc dù trạng thái đầu và cuối của hệ là như nhau. Nhưng quá trình thực hiện thì khác nhau nên công của nó cũng khác nhau, nhìn vào diện tích giới hạn ta có thể nói ngay công mà hệ sinh ra theo thứ tự giảm dần từ cao xuống thấp là: (b) \rightarrow (c) \rightarrow (a). Tóm lại, công là một hàm quá trình tức là nó phụ thuộc vào **trạng thái đầu, trạng thái cuối và quá trình biến đổi**.



- Đẳng tích: $V = \text{const} \rightarrow dV = 0 \rightarrow A = 0$
- Đẳng áp: $p = \text{const} \rightarrow A = p(V_2 - V_1) = p\Delta V$
- Đẳng nhiệt: $T = \text{const} \rightarrow$ thay vào mà tính tích phân thôi. Dễ ẹc:

$$A = \int_{V_1}^{V_2} p dV = \int_{V_1}^{V_2} \frac{nRT}{V} dV = nRT \ln V \Big|_{V_1}^{V_2} = nRT \ln \frac{V_2}{V_1}$$

c. Nội dung định luật 1:

Chém thì dài nhưng công thức mô tả định luật I thì dễ vcd luôn:

$$Q = \Delta U + A$$

Nhìn vào đây thì có thể bốc phét được như sau: nhiệt lượng mà hệ nhận được bằng tổng độ biến thiên nội năng và công mà hệ sinh ra. Có thể ví như thế này cho dễ nhớ nếu các bạn coi Q là năng lượng mà thức ăn các bạn ăn vào, thì ΔU chính là phần năng lượng mà cơ thể hấp thụ và được dự trữ trong cơ thể dưới dạng mỡ, công A chính là công sinh ra do quá trình hoạt động của cơ thể như hít thở, xếp hình lego, quay tay, chạy, nhảy, chém gió v.v. Và tất nhiên theo định luật bảo toàn năng lượng thì năng lượng ko tự nhiên sinh ra và mất đi nên ta mới có mối quan hệ trên. Nói chung định luật 1 về cơ bản chính là một dạng khác mang tính tổng quát hơn của định luật bảo toàn năng lượng thôi.

- **Nội năng:** Ngoài nhiệt và công thì cần để ý tính chất của nội năng, không giống như nhiệt và công là hàm quá trình thì nội năng chỉ là một hàm trạng thái. Tức là nó chỉ phụ thuộc vào điểm đầu và điểm cuối, còn không quan tâm hệ làm những gì để đi từ điểm đầu đến điểm cuối. Nội năng của khí lí tưởng **chỉ phụ thuộc vào nhiệt độ**. Nội năng của khí lí tưởng có i bậc tự do và N phân tử là:

$$U = \frac{i}{2} NkT = \frac{i}{2} nRT = \frac{i}{2} \frac{m}{\mu} RT$$

Chú ý định luật 1 trong mấy trường hợp đặc biệt:

- Đoạn nhiệt: Hệ không trao đổi nhiệt với bên ngoài nên:

$$\Delta U + A = 0$$

- Đẳng áp: $Q = \Delta U + A = \Delta U + p\Delta V$
- Đẳng tích: $Q = \Delta U$
- Đẳng nhiệt: $Q = A$

Cách giải:

B1: Tóm tắt các đại lượng đã cho, chú ý các chi tiết đặc biệt như đẳng tích, đẳng áp, đẳng nhiệt ...

B2: Lựa chọn phương trình có chứa các đại lượng đã cho, nếu có một đại lượng nào chưa cho thì tìm cách biến đổi về các đại lượng đã cho.

B3: Hỏi gì thì biến đổi và tìm đây thôi.

1.2. Bài tập ví dụ:

Bài 8.4: Một bình kín chứa 14g khí Nitơ ở áp suất 1at và nhiệt độ 27⁰C. Sau khi hơi nóng, áp suất trong bình lên tới 5 at. Hỏi:

a. Nhiệt độ của khí sau khi hơi nóng?

b. Thể tích của bình?

c. Độ tăng nội năng của khí?

* **Nhận xét:** Hai câu đầu quá ngon rồi, chỉ việc sử dụng phương trình trạng thái khí lí tưởng là xong. Chú ý là khí được đặt trong bình kín nên ta có thể coi như là quá trình biến đổi trong điều kiện đẳng tích. Câu c thì liên quan tới độ tăng nội năng → chỉ cần xác định nội năng tại thời điểm đầu và thời điểm cuối là xong.

* **Giải:**

- Trong trường hợp đẳng tích ta có:

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

Đánh dấu các đại lượng đã cho là có thể nhìn ra được ngay cách tính nhiệt độ sau khi hơi nóng:

$$T_2 = \frac{p_2}{p_1} T_1 = \frac{5}{1} \times (27 + 273) = 1500K$$

- Tiếp theo bài toán yêu cầu tính thể tích, lúc này áp dụng pt trạng thái khí lí tưởng ta có:

$$p_1 V = \frac{m}{\mu} RT_1 \rightarrow V = \frac{m}{\mu} \frac{RT_1}{p_1} = \frac{14}{28} \times \frac{8.314 \times (27 + 273)}{1 \times 9.8 \times 10^4} = 0.0127 m^3 = 12.7l$$

- Để tính nội năng tại một thời điểm ta sử dụng công thức:

$$U = \frac{i}{2} nRT = nC_v T$$

Công thức $U = nC_v T$ cho thấy nội năng có liên hệ trực tiếp với nhiệt dung riêng mol đẳng tích → viết ra để biết thêm thôi chứ bài này không cần sử dụng đến. Chỉ cần sử dụng công thức tính U theo bậc tự do là xong. Để ý khí trong bài là khí N_2 → khí lưỡng nguyên nên có bậc tự do $i = 5$.

- Từ đây ta có độ biến thiên của nội năng là:

$$\Delta U = \frac{i}{2} nRT_2 - \frac{i}{2} nRT_1 = \frac{i}{2} nR(T_2 - T_1) = \frac{5}{2} \times \frac{14}{28} \times 8.314 \times (1500 - 300) = 12.5 kJ$$

Bài 8.5: Nén đẳng nhiệt 3l không khí ở áp suất 1at. Tìm nhiệt tỏa ra biết rằng thể tích cuối cùng bằng 1/10 thể tích ban đầu.

* **Nhận xét:** Khi gặp bài toán nhiệt động lực học thì cần phải tía ngay xem tình trạng của hệ có đặc biệt không (đẳng tích, đẳng áp, đẳng nhiệt, đoạn nhiệt) để sử dụng công thức cho chuẩn. Tiếp theo là phải phân tích dấu má cho chuẩn, cái này dễ nhầm lẫn. Bài toán hỏi nhiệt tỏa ra, tức là hỏi Q. Tỏa nhiệt thì có nghĩa là $Q < 0$. Nhìn vào đề bài ta thấy đây là quá trình nén đẳng tích → hệ không tự sinh công mà lại thắng khác hấp → chắc chắn dấu $A < 0$.

* **Giải:**

- Chẳng cần phải nói nhiều, cứ có công và nhiệt là mới anh định luật 1 lên ngay:

$$Q = \Delta U + A$$

- Tiếp theo để ý đến quá trình trong bài là quá trình đẳng nhiệt nên quá ngon roài, định luật 1 sẽ được viết lại dưới dạng:

$$Q = A$$

- Giờ chỉ tìm nốt thằng A là xác định ngay nhiệt lượng thôi. Tất nhiên là nếu nhớ đc công thức tính A cho trường hợp đẳng nhiệt thì ngon. Nếu quên thì chịu khó xây dựng lại công thức vì nó cũng ko quá phức tạp đâu.

$$A = \int_{V_1}^{V_2} p dV = \int_{V_1}^{V_2} \frac{nRT}{V} dV = nRT \ln \left(\frac{V_2}{V_1} \right)$$

- Nhìn vào công thức trên ta thấy rõ ràng $\frac{V_2}{V_1}$ đã biết, nhưng n và T thì pó tay thật rồi. Đề bài éo cho hai đại lượng này, mà lại cho áp suất và thể tích tại thời điểm ban đầu. Như vậy chắc chắn là n và T phải có quan hệ mờ ám với áp suất và thể tích rồi. Thường mối quan hệ này hai được diễn ra công khai thông qua pt trạng thái khí lí tưởng:

$$pV = nRT$$

- Giờ thay vào là xong:

$$A = p_1 V_1 \ln \left(\frac{V_2}{V_1} \right)$$

- Tất cả đã biết giờ thì việc thay số và chú ý là Q = A, đổi hết ra đơn vị SI: P (Pa), V(m³)

$$Q = p_1 V_1 \ln \left(\frac{V_2}{V_1} \right) = 1 \times 9.81 \times 10^5 \times 3 \times 0.001 \times \ln \left(\frac{1}{10} \right) \approx -678 \text{ J}$$

Bài 8.6: Một bình kín thể tích 2l, đựng 12g khí nitơ ở nhiệt độ 10°C. Sau khi hơi nóng, áp suất trung bình lên tới 10⁴ mmHg. Tìm nhiệt lượng mà khối khí đã nhận được, biết bình giãn nở kém.

* **Nhận xét:** nhìn qua xem quá trình có gì đặc biệt ko. Bình giãn nở kém → tức là đẳng tích chứ còn cái quái gì nữa → sẽ phải sử dụng định luật 1 trong trường hợp đẳng tích:

* **Giải:**

- Theo định luật 1 ta có:

$$Q = \Delta U + A$$

- Quá trình đẳng tích nên công bằng không. Tóm lại bao nhiêu nhiệt chuyển hết thành biến thiên nội năng rồi.

$$Q = \Delta U$$

- Giờ tính biến thiên nội năng thôi. Chú ý từ công thức tính nội năng, và lựa chọn công thức phù hợp tùy theo dữ kiện của đề bài cho

$$\Delta U = U_2 - U_1 = \frac{i}{2} \frac{m}{\mu} R T_2 - \frac{i}{2} \frac{m}{\mu} R T_1$$

Nhìn công thức trên có mỗi T_2 là chưa biết nên tốt nhất là biến đổi về biến đã biết nào đó. Đề bài cho áp suất ở trạng thái cuối tức là $p_2 \rightarrow$ gợi ý cho chúng ta hướng biến đổi từ T_2 về p_2 .

$$p_2 V_2 = \frac{m}{\mu} R T_2$$

Thay lên trên ta có:

$$\Delta U = U_2 - U_1 = \frac{i}{2} p_2 V_2 - \frac{i}{2} \frac{m}{\mu} R T_1$$

Đề ý là đẳng tích nên coi như $V_2 = V_1$. Thay số và nhớ đổi đơn vị về SI là xong, chú ý nito là khí lưỡng nguyên nên bậc tự do bằng 5.

$$\Delta U = \frac{5}{2} \times (10^4 \times 133.3) \times (2 \times 0.001) - \frac{5}{2} \times \frac{12}{28} \times 8.314 \times (10 + 273)$$

$$\Delta U = 4.1 \text{ kJ}$$

Như vậy nhiệt lượng mà khối khí nhận được chính bằng biến thiên nội năng và bằng **4.1 kJ**

Bài 8.7: Hơ nóng 16 gam khí Ôxy trong một bình khí giãn nở kém ở nhiệt độ 37°C , từ áp suất 10^5 N/m^2 lên tới $3 \cdot 10^5 \text{ N/m}^2$. Tìm:

- Nhiệt độ của khối khí sau khi hơ nóng.
- Nhiệt lượng đã cung cấp cho khối khí.

* **Nhận xét:** đề bài cho khối lượng Oxi tức là cho ta biết số mol rồi, ngoài ra một đại lượng có thể thu được chính là bậc tự do bằng 5 do oxi là khí lưỡng nguyên. Giãn nở kém thì đẳng tích cmnr. Nhiệt độ ban đầu T_1 đã biết, áp suất của hệ ở trạng thái đầu và trạng thái sau đã biết.

* **Giải:**

- Câu a yêu cầu xác định nhiệt độ khối khí sau khi hơ nóng \rightarrow quá dễ roài \rightarrow từ phương trình trạng thái khí lý tưởng + đẳng tích ta có:

$$\frac{p_1}{T_1} = \frac{p_2}{T_2} \rightarrow T_2 = \frac{p_2}{p_1} T_1 = \frac{3 \times 10^5}{10^5} \times (37 + 273) = 930\text{K}$$

Chú ý: nhiệt độ kiểu gì thì cũng phải đổi ra đơn vị độ K, nếu để đơn vị độ C thì rất dễ sai, không như thể tích hay áp suất. Lý do chính là quá trình qui đổi, đối với áp suất và thể tích thì để qui đổi sang đơn vị khác ta thường nhân với một số qui đổi. Nhưng đối với nhiệt độ thì để qui đổi giữa các đơn vị thì ta phải cộng hoặc

trừ đi một số qui đổi. Chính vì thế giá trị sẽ sai lệch rất nhiều. Chẳng hạn như ở trên nếu ta để đơn vị độ C khi tính thì T_2 sẽ có giá trị

$$T_2 = \frac{p_2}{p_1} T_1 = \frac{3 \times 10^5}{10^5} \times 37 = 111 \text{ } ^\circ\text{C} \rightarrow T_2 = 384 \text{ K} \rightarrow \text{sai luôn}$$

Câu b liên quan với nhiệt lượng tức là sẽ phải sử dụng định luật 1, chú ý là quá trình trong bài này là quá trình đẳng tích nên công của hệ sinh ra là bằng 0.

$$Q = \Delta U$$

Liên quan tới biến thiên nội năng \rightarrow sử dụng công thức tính nội năng, chú ý là đề bài cho biết khối lượng m của ôxi nên tốt nhất là sử dụng công thức:

$$U = \frac{i}{2} \frac{m}{\mu} RT$$

$$\Delta U = \frac{i}{2} \frac{m}{\mu} RT_2 - \frac{i}{2} \frac{m}{\mu} RT_1 = \frac{i}{2} \frac{m}{\mu} R(T_2 - T_1)$$

May mà mấy đại lượng đều đã biết nên ta chỉ việc thay số thôi:

$$\Delta U = \frac{5}{2} \times \frac{16}{32} \times 8.314 \times (930 - 310) = 6.4 \text{ kJ}$$

Nhiệt lượng đã được cung cấp cho khối khí là:

$$\Delta Q = \Delta U = 6.4 \text{ kJ}$$

Bài 8.8: Sau khi nhận được nhiệt lượng $Q = 150 \text{ cal}$, nhiệt độ của $m = 40,3 \text{ g}$ khí ôxi tăng từ $t_1 = 16^\circ\text{C}$ tới $t_2 = 40^\circ\text{C}$. Hỏi quá trình hơ nóng đó được tiến hành trong điều kiện nào?

*** Nhận xét:** Bài toán hỏi xem quá trình hơ nóng trong điều kiện nào \rightarrow tất nhiên đã hơ nóng thì không thể đẳng nhiệt hay đoạn nhiệt được \rightarrow chỉ có thể là đẳng tích và đẳng áp. Hướng ở đây là tính nhiệt dung riêng mol ra, sau đó so sánh với nhiệt dung riêng mol đẳng áp và nhiệt dung riêng mol đẳng tích. Nếu bằng cái nào thì suy ngay ra điều kiện tương ứng thôi.

*** Giải:**

- Để xác định nhiệt dung riêng mol ta sử dụng công thức:

$$Q = nC\Delta T = \frac{m}{\mu} C\Delta T \rightarrow C = \frac{\mu Q}{m\Delta T} = \frac{32 \times 150 \times 4.18}{40.3 \times 24} = 20.7 \frac{\text{J}}{\text{mol.K}}$$

- Giờ tính thử nhiệt dung riêng mol đẳng tích rồi so sánh xem sao:

$$C_V = \frac{i}{2} R = \frac{5}{2} \times 8.314 = 20.7 \frac{\text{J}}{\text{mol.K}}$$

Như vậy quá trình đẳng tích cmnr.

Bài 8.9: 6,5g hydro ở nhiệt độ 27°C, nhận nhiệt lượng giãn nở gấp đôi, trong điều kiện áp suất không đổi. Tính

- Công mà khí sinh ra.
- Độ biến thiên nội năng của khối khí.
- Nhiệt lượng đã cung cấp cho khối khí.

*** Nhận xét:** Bài toán cho khí hydro → khí lưỡng nguyên → bậc tự do $i = 5$. Chúng ta cũng biết sự thay đổi về thể tích và quá trình giãn nở diễn ra trong điều kiện đẳng áp → chú ý các công thức liên quan trong điều kiện đẳng áp.

*** Giải:**

- Theo định luật 1 ta có:

$$Q = \Delta U + A$$

- Câu a yêu cầu tính công sinh ra, trong điều kiện đẳng áp thì ta có:

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

Đề bài cho cho pV_1 nên phải tìm công thức để qui về các đại lượng đã biết là nhiệt độ, khối lượng → thường cứ dựa vào phương trình trạng thái khí là ta có thể có mối quan hệ này ngay:

$$pV_1 = \frac{m}{\mu}RT_1$$

Như vậy ta có:

$$A = pV_1 = \frac{m}{\mu}RT_1 = \frac{6.5}{2} \times 8.314 \times (27 + 273) = 8.1 \text{ kJ}$$

- Để ý công thức tính nội năng của khí:

$$U = \frac{i}{2}NkT = \frac{i}{2}nRT = \frac{i}{2} \frac{m}{\mu}RT$$

→ đề bài cho T, m nên tốt nhất sử dụng công thức

$$U = \frac{i}{2} \frac{m}{\mu}RT$$

Độ biến thiên nội năng sẽ là:

$$\Delta U = \frac{i}{2} \frac{m}{\mu}RT_2 - \frac{i}{2} \frac{m}{\mu}RT_1$$

Lại dính đến T_2 chưa biết nên lại biến đổi về đại lượng đã biết ☺. Chú ý đk đẳng áp nên ta có:

$$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2} \rightarrow T_2 = \frac{V_2}{V_1} T_1 = \frac{2V_1}{V_1} T_1 = 2T_1$$

$$\Delta U = 2 \frac{i}{2} \frac{m}{\mu} RT_1 - \frac{i}{2} \frac{m}{\mu} RT_1 = \frac{i}{2} \frac{m}{\mu} RT_1$$

$$\Delta U = \frac{i}{2} \frac{m}{\mu} RT_1 = \frac{5}{2} \times \frac{6.5}{2} \times 8.314 \times (27 + 273) = 20.3 \text{ J}$$

- Tính nhiệt lượng thì quá đơn giản rồi, từ định luật 1 là xong:

$$Q = \Delta U + A = 28.4 \text{ J}$$

Bài 8.12: 2 kmol khí cacbonic được hơ nóng đẳng áp cho đến khi nhiệt độ tăng thêm 50°C. Tìm

- Độ biến thiên nội năng của khối khí
- Công do khí giãn nở sinh ra
- Nhiệt lượng truyền cho khí

* **Nhận xét:** Khí CO₂ → khí ba nguyên nên bậc tự do sẽ là 6. Ở đây ta cũng biết được độ biến thiên nhiệt độ của khối khí. Quá trình hơ nóng được diễn ra trong điều kiện đẳng áp.

* **Giải:**

- Độ biến thiên nội năng được tính theo công thức tương tự như bài trên

$$\Delta U = \frac{i}{2} \frac{m}{\mu} RT_2 - \frac{i}{2} \frac{m}{\mu} RT_1 = \frac{i}{2} nR\Delta T$$

Thay số ta có:

$$\Delta U = \frac{6}{2} \times 2000 \times 8.314 \times 50 = 2.5 \times 10^6 \text{ J}$$

- Công do khí giãn nở trong điều kiện đẳng áp là:

$$A = p\Delta V = p(V_2 - V_1)$$

Công liên quan tới sự thay đổi thể tích, nhưng do thể tích trước và sau đề bài đều không có nên ta phải chuyển đổi thể tích về nhiệt độ. Dễ thấy

$$pV = nRT$$

Vậy công của khí sinh ra sẽ là:

$$A = nRT_2 - nRT_1 = nR\Delta T = 2000 \times 8.314 \times 50 = 831 \text{ kJ}$$

Biết công biết nội năng thì tính nhiệt lượng chỉ là bài toán cấp 1:

$$Q = \Delta U + A = 3331 \text{ kJ}$$

Bài 8.14: 10 g khí oxy ở áp suất 3at và nhiệt độ 10°C được hơ nóng đẳng áp và giãn nở tới thể tích 10 l. Tìm:

- Nhiệt lượng cung cấp cho khối khí.
- Độ biên thiên nội năng của khối khí.
- Công do khí sinh ra khi giãn nở.

* **Nhận xét:** Bài toán yêu cầu tính nhiệt lượng trước, nên ta phải để ý công thức tính nhiệt lượng. Chú ý là hơ nóng đẳng áp \rightarrow liên quan tới nhiệt dung riêng mol C_p .

* **Giải:**

- Nhiệt lượng cung cấp cho khối khí là:

$$Q = nC_p(T_2 - T_1)$$

Với khí lí tưởng thì ta có công thức tính nhiệt dung riêng mol là:

$$C_p = \frac{i + 2}{2} R$$

Thay vào ta có:

$$Q = n \frac{i + 2}{2} R(T_2 - T_1)$$

Đề bài không cho biết nhiệt độ T_2 nên lại phải tìm cách lượn lẹo biến đổi nó về những đại lượng đã cho như thể tích V_2

$$Q = n \frac{i + 2}{2} R T_2 - n \frac{i + 2}{2} R T_1 = \frac{i + 2}{2} p_2 V_2 - n \frac{i + 2}{2} R T_1$$

$$Q = \frac{i + 2}{2} (p_2 V_2 - n R T_1)$$

Để ý đẳng áp nên $p_2 = p_1$ ta có:

$$Q = \frac{5+2}{2} \times \left[3 \times 9.81 \times 10^4 \times 10 \times 0.001 - \frac{10}{32} \times 8.314 \times (10 + 273) \right]$$

$$\rightarrow Q = 7.7 \text{ kJ}$$

- Độ biến thiên nội năng được tính theo công thức:

$$\Delta U = \frac{i}{2} n R \Delta T = \frac{i}{2} n R T_2 - \frac{i}{2} n R T_1$$

Tương tự như trên T_2 ta chưa biết nên lại qui đổi về áp suất và thể tích:

$$\Delta U = \frac{i}{2} p_2 V_2 - \frac{i}{2} n R T_1 = \frac{i}{2} (p_2 V_2 - n R T_1)$$

Thay số ta có:

$$\Delta U = \frac{5}{2} \left[3 \times 9.81 \times 10^4 \times 10 \times 0.001 - \frac{10}{32} \times 8.314 \times (10 + 273) \right] = 5.5 \text{ kJ}$$

Công do khí sinh ra sẽ là:

$$A = Q - \Delta U = 2.2 \text{ kJ}$$

Bài 8.15: Một chất khí đựng trong một xilanh đặt thẳng đứng có pittông khối lượng không đáng kể di động được. Hỏi cần phải thực hiện một công bằng bao nhiêu để nâng pittông lên cao thêm một khoảng $h_1 = 10 \text{ cm}$ nếu chiều cao ban đầu của cột không khí là $h_0 = 15 \text{ cm}$, áp suất khí quyển là $p_0 = 1 \text{ at}$, diện tích mặt pittông $S = 10 \text{ cm}^2$. Nhiệt độ của khí coi là không đổi trong suốt quá trình.

* **Nhận xét:** Để ý công mà khí nhận được phải bằng công mà khí sinh ra khi thay đổi thể tích từ V_1 thành V_2 . Tất nhiên là công mà khí nhận được sẽ mang dấu âm, còn công mà khí sinh ra là mang dấu dương. Đề bài cho nhiệt độ không đổi trong quá trình biến đổi \rightarrow quá trình đẳng nhiệt. Đề bài cũng cho áp suất khí quyển, khi nâng pittông thì áp suất khí quyển sẽ gây một công lên pittông. Muốn di chuyển pittông lên thì công thực hiện phải thắng được công của áp suất khí quyển. Như vậy công của chúng ta phải gồm hai thành phần: công thắng công khí quyển và công truyền cho hệ.

* **Giải:**

- Công gây bởi khí quyển:

$$A_{kq} = p_0 \Delta V = p_0 S h_1$$

(thể tích bằng diện tích nhân với chiều cao thổi \rightarrow giành cho thanh niên chậm tiến không biết vì sao $\Delta V = S h_1$)

- Công cấp cho hệ, nhớ thêm dấu “-“ vì đây là công hệ ăn xin ở bên ngoài chứ ko tự sinh ra.

$$A = - \int_{V_0}^{V_1} p dV = - \int_{V_0}^{V_1} \frac{nRT}{V} dV = -nRT \ln \frac{V_1}{V_0} = -nRT \ln \left[\frac{(h_1 + h_0)S}{h_0 S} \right]$$

$$A = -nRT \ln \left(\frac{h_1 + h_0}{h_0} \right)$$

Để ý là T thì đề bài không cho \rightarrow phải biến đổi rồi \rightarrow chú ý đẳng nhiệt nên ta có:

$$p_0 V_0 = p_1 V_1 = nRT$$

Tất nhiên ở đây chả ai dại gì thay $p_1 V_1$ vào vì p_1 chưa biết. Thay $p_0 V_0$ ta có:

$$A = -p_0 V_0 \ln \left(\frac{h_1 + h_0}{h_0} \right) = -p_0 S h_0 \ln \left(\frac{h_1 + h_0}{h_0} \right)$$

Công thực hiện lúc này sẽ là tổng độ lớn của công khí quyển và công truyền cho khí để thay đổi thể tích (lúc này sẽ phải lấy trị tuyệt đối của công A vì ta quan tâm tới độ lớn chứ ko quan tâm đến hệ sinh hay nhận công lúc này)

$$A_{th} = A_k + A = p_0 S h_1 - p_0 S h_0 \ln \left(\frac{h_1 + h_0}{h_0} \right)$$

Thay số vào ta có:

$$A_{th} = 1 \times 9.81 \times 10^4 \times 10 \times 10^{-4} \times 0.1 - 1 \times 9.81 \times 10^4 \times 10 \times 10^{-4} \times 0.15 \times \ln \left(\frac{10 + 15}{15} \right) = 2.3 J$$

‘

DẠNG 2: ĐOẠN NHIỆT

2.1. Kiến thức cần biết:

- Dạng này thì nội dung liên quan tới quá trình đoạn nhiệt, đề bài có thể yêu cầu tính áp suất, thể tích, nhiệt độ, hay công trong trường hợp hệ biến đổi đoạn nhiệt. Công thức cần nhớ là:

$$p_1 V_1^\gamma = p_2 V_2^\gamma$$

- Tất nhiên là còn công thức theo nhiệt độ nữa, nhưng chỉ cần nhớ 1 cái là ta dễ dàng suy ra được theo nhiệt độ. Giả sử ở đây từ pt trạng thái khí lý tưởng ta có:

$$pV = nRT \rightarrow p = \frac{nRT}{V}$$

Nếu ta thay p_1 và p_2 bằng nhiệt độ và thể tích tương ứng thì ta dễ dàng thu được:

$$T_1 V_1^{\gamma-1} = T_2 V_2^{\gamma-1}$$

- Một câu hỏi thường gặp nữa là bất tính công \rightarrow do đó tốt nhất là nên ôn lại một chút về công. Chú ý về dấu của công: hệ sinh công \rightarrow dương, hệ nhận công \rightarrow âm.

- Công thức tổng quát công sinh bởi hệ là:

$$A = \int_{V_1}^{V_2} p dV$$

Tùy theo từng trường hợp mà công trên có thể viết dưới dạng khác nhau:

- Đẳng áp $\rightarrow p = \text{const} \rightarrow$ tích phân quá ngon:

$$A = \int_{V_1}^{V_2} p dV = p \int_{V_1}^{V_2} dV = p(V_2 - V_1) = p\Delta V$$

- Đẳng tích $\rightarrow V = \text{const} \rightarrow dV = 0 \rightarrow$ không cần tính cũng biết $A = 0$
- Đẳng nhiệt $\rightarrow T = \text{const} \rightarrow p$ sẽ phụ thuộc vào V theo phương trình trạng thái.

$$A = \int_{V_1}^{V_2} p dV = \int_{V_1}^{V_2} \frac{nRT}{V} dV = nRT \ln \left(\frac{V_2}{V_1} \right)$$

- Đoạn nhiệt: trong trường hợp đoạn nhiệt ta có $pV^\gamma = \text{const} = K$. Ta kí hiệu hằng số bằng K cho nó đơn giản $\rightarrow p = \frac{K}{V^\gamma} = KV^{-\gamma}$

$$A = \int_{V_1}^{V_2} p dV = K \int_{V_1}^{V_2} V^{-\gamma} dV = K \frac{V^{-\gamma+1}}{-\gamma+1} \Big|_{V_1}^{V_2} = \frac{KV_2^{-\gamma+1} - KV_1^{-\gamma+1}}{-\gamma+1}$$

Tất nhiên đến đây chả ai đại gì để nguyên hằng số K. Vì $pV^\gamma = \text{const} = K$ có nghĩa là $p_1V_1^\gamma = p_2V_2^\gamma = K \rightarrow K$ có thể thay bằng $p_1V_1^\gamma$ hoặc $p_2V_2^\gamma$. Như vậy thay vào ta có:

$$A = \frac{p_2V_2 - p_1V_1}{-\gamma+1} = \frac{\Delta(pV)}{-\gamma+1} = \frac{\Delta(nRT)}{-\gamma+1} = \frac{nR\Delta T}{-\gamma+1}$$

2.2. Bài tập ví dụ:

Bài 8.17: Một khối khí N_2 ở áp suất $p_1=1\text{at}$ có thể tích $V_1=10\text{ l}$ được giãn nở tới thể tích gấp đôi. Tìm áp suất cuối cùng và công do khí sinh ra nếu giãn nở đó là:

- Đẳng áp.
- Đẳng nhiệt
- Đoạn nhiệt

* **Nhận xét:** Bài này đúng chuẩn tính công cmnr. Nếu đã đọc kĩ phần kiến thức cần biết cho dạng này thì nói thật bài này không khác gì bài toán lớp 1. Chỉ cần con bò biết cộng trừ nhân chia là làm được ngon.

* **Giải:**

Trường hợp a: Đẳng áp

- Áp suất: Đẳng áp $\rightarrow p_2 = p_1 = 1\text{at}$
- Công:

$$A = p\Delta V = p_1(V_2 - V_1) = 1 \times 9.81 \times 10^4 \times (20 - 10) \times 0.001 = 981\text{ J}$$

Trường hợp b: Đẳng nhiệt

- Áp suất: Đẳng nhiệt $\rightarrow p_1V_1 = p_2V_2 \rightarrow p_2 = \frac{V_1}{V_2}p_1 = \frac{10}{20} \times 1 = 0.5\text{ at}$
- Công:

$$A = nRT \ln\left(\frac{V_2}{V_1}\right) = p_1V_1 \ln\left(\frac{V_2}{V_1}\right) = 1 \times 9.81 \times 10^4 \times 10 \times 0.001 \times \ln 2 = 680\text{ J}$$

Trường hợp c: Đoạn nhiệt

- Áp suất: Đoạn nhiệt $\rightarrow p_1 V_1^\gamma = p_2 V_2^\gamma \rightarrow p_2 = \left(\frac{V_1}{V_2}\right)^\gamma p_1$

Như vậy vướng mắc nằm ở hệ số Poát-xông thôi. Đề ý đề bài cho khí N₂ tức là khí lưỡng nguyên nên bậc tự do bằng 5. Mà hệ số Poát-xông thì được tính theo bậc tự do theo công thức:

$$\gamma = \frac{i + 2}{i} = \frac{5 + 2}{5} = 1.4$$

Thay số vào để dàng tìm được p_2 ngay.

$$p_2 = \left(\frac{V_1}{V_2}\right)^\gamma p_1 = \left(\frac{10}{20}\right)^{1.4} \times 1 = 0.38 \text{ at}$$

- Công: Đẳng nhiệt \rightarrow như trên đã chêm ta có:

$$\begin{aligned} A &= \frac{p_2 V_2 - p_1 V_1}{-\gamma + 1} \\ &= \frac{0.38 \times 9.81 \times 10^4 \times 20 \times 0.001 - 1 \times 9.81 \times 10^4 \times 10 \times 0.001}{-1.4 + 1} \\ &= 589 \text{ J} \end{aligned}$$

Bài 8.18: Nén 10 g khí oxy từ điều kiện tiêu chuẩn tới thể tích 4l. Tìm:

- Áp suất và nhiệt độ của khối khí sau mỗi quá trình nén đẳng nhiệt và đoạn nhiệt
- Công cần thiết để nén khí trong mỗi trường hợp. Từ đó, suy ra nên nén theo cách nào thì lợi hơn.

* **Nhận xét:** câu a thì quá đơn giản rồi, chủ yếu là câu b. Đề bài yêu cầu xem nén theo cách nào thì lợi hơn. Tức là công thực hiện trong trường hợp nào bé hơn thì là lợi hơn. Do đó chỉ cần đi tìm công cần thiết để nén khí trong mỗi trường hợp là xong. Chú ý đề bài cho điều kiện tiêu chuẩn tức là 0°C, áp suất 1 atm (**atm** chứ không phải **at** đâu nhé, hai cái này khác nhau đó), thể tích 1 mol khí sẽ là 22.4 l. Như vậy biết khối lượng khí oxi ban đầu ta hoàn toàn có thể tính được thể tích của nó.

* **Giải:**

- Thể tích khí ôxi ở đktc là:

$$V_1 = \frac{m}{\mu} \times 22.4 = \frac{10}{32} \times 22.4 = 7 \text{ l}$$

- Từ mỗi quan hệ trong từng trường hợp mà ta có thể dễ dàng xác định được áp suất và nhiệt độ.

- Trường hợp đẳng nhiệt.
 - Nhiệt độ: $T_1 = T_2 = 273 \text{ K}$
 - Áp suất: $p_1 V_1 = p_2 V_2 \rightarrow p_2 = \frac{V_1}{V_2} p_1 = \frac{7}{4} \times 1 \times 10^5 = 1.75 \times 10^5 \text{ Pa}$

(Chú ý: $1\text{atm} = 101325\text{ Pa} \approx 10^5\text{ Pa}$)

- Công: trong trường hợp đẳng nhiệt công nén ngược dấu với công mà khí sinh ra:

$$A_1 = -A = -nRT \ln \left(\frac{V_2}{V_1} \right) = -\frac{10}{32} \times 8.314 \times 273 \times \ln \left(\frac{4}{7} \right) = 397\text{ J}$$

- Trường hợp đoạn nhiệt:

- Áp suất: $p_1 V_1^\gamma = p_2 V_2^\gamma \rightarrow p_2 = \left(\frac{V_1}{V_2} \right)^\gamma p_1$

Trong trường hợp đoạn nhiệt thông thường ta phải đi xác định hệ số Poát-xông \rightarrow để ý xem khí đã cho là gì để còn tìm bậc tự do tương ứng. Đề bài cho khí ôxi \rightarrow lưỡng nguyên \rightarrow bậc tự do bằng 5.

$$\gamma = \frac{i+2}{i} = \frac{5+2}{5} = 1.4$$

Thay vào ta có:

$$p_2 = \left(\frac{7}{4} \right)^{1.4} \times 1 \times 10^5 = 2.2 \times 10^5\text{ Pa}$$

- Nhiệt độ: chú ý mối liên hệ: $T_1 V_1^{\gamma-1} = T_2 V_2^{\gamma-1}$ (chứng minh thì đơn giản thôi, từ pt trạng thái khí thay p_1 theo T_1, V_1 và p_2 theo $T_2, V_2 \rightarrow$ rút gọn là ra)

$$T_2 = \left(\frac{V_1}{V_2} \right)^{\gamma-1} T_1 = \left(\frac{7}{4} \right)^{1.4-1} \times 273 = 341\text{ K}$$

- Công: Trong trường hợp đoạn nhiệt thì công mà khí sinh ra là:

$$A = \frac{p_2 V_2 - p_1 V_1}{-\gamma + 1} = \frac{\Delta(pV)}{-\gamma + 1} = \frac{nR\Delta T}{-\gamma + 1} = \frac{\frac{10}{32} \times 8.314 \times (341 - 273)}{-1.4 + 1} = -442\text{ J}$$

\rightarrow công nén khí sẽ ngược dấu với công mà khí sinh ra:

$$A_2 = -A = 442\text{ J}$$

So sánh công nén trong hai trường hợp thì dễ thấy nén đẳng nhiệt thì ngon hơn hẳn vì nó tốn ít công hơn.

Bài 8.20: Giãn đoạn nhiệt một khối không khí sao cho thể tích của nó tăng gấp đôi. Hãy tính nhiệt độ khối không khí đó ở cuối quá trình, biết rằng lúc đó nó có nhiệt độ 0°C .

* **Nhận xét:** Bài toán liên quan tới tính toán các đại lượng vĩ mô đặc trưng cho chất khí trong quá trình đoạn nhiệt. Do đó tùy theo dữ kiện đề bài đã cho thì lựa chọn pt cho hợp lí nhất. Giả sử bài này cho thể tích và nhiệt độ đầu \rightarrow chọn pt liên quan với thể tích và nhiệt độ. Liên quan tới đoạn nhiệt thì cần phải đi tìm hệ số Poát-xông nữa

→ chú ý đến khí trong đề bài → không khí → phần lớn là các khí lưỡng nguyên như oxi, nito nên bậc tự do bằng 5 → hệ số Poát-xông cỡ 1.4.

* **Giải:**

- Trong trường hợp đoạn nhiệt ta có:

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

- Thay số ta có:

$$T_2 = \left(\frac{V_1}{2V_1}\right)^{\gamma-1} T_1 = \left(\frac{1}{2}\right)^{1.4-1} \times 273 = 207K$$

Bài 8.22: 1kg không khí ở nhiệt độ 30°C và áp suất 1,5at được giãn đoạn nhiệt đến áp suất 1at. Hỏi:

a. Thể tích không khí tăng lên bao nhiêu lần?

b. Nhiệt độ không khí sau khi giãn?

c. Công do không khí sinh ra khi giãn nở?

* **Nhận xét:** Chả biết nhận xét gì vì đề bài cho lù lù quá trình đoạn nhiệt → yêu cầu xác định các đại lượng khá cơ bản → áp dụng công thức cho quá trình đoạn nhiệt là xong cmnl.

* **Giải:**

- Câu a → tính thể tích tăng bao nhiêu lần → đề ý đề bài cho p1 và p2 roài nên áp dụng công thức sau thôi. (không khí nên $\gamma = 1.4$ nhé → tính ở trên roài)

$$p_1 V_1^\gamma = p_2 V_2^\gamma \rightarrow \left(\frac{V_2}{V_1}\right)^\gamma = \frac{p_1}{p_2} \rightarrow \frac{V_2}{V_1} = \left(\frac{p_1}{p_2}\right)^{\frac{1}{\gamma}} = \left(\frac{1.5}{1}\right)^{\frac{1}{1.4}} \approx 1.34 \text{ LOL}$$

- Câu b → liên quan tới nhiệt độ + biết độ tăng thể tích → quá ngon roài, thật thoai.

$$T_1 V_1^{\gamma-1} = T_2 V_2^{\gamma-1} \rightarrow T_2 = \left(\frac{V_1}{V_2}\right)^{\gamma-1} T_1 = \left(\frac{1}{1.34}\right)^{1.4-1} \times (30 + 273) \approx 270K$$

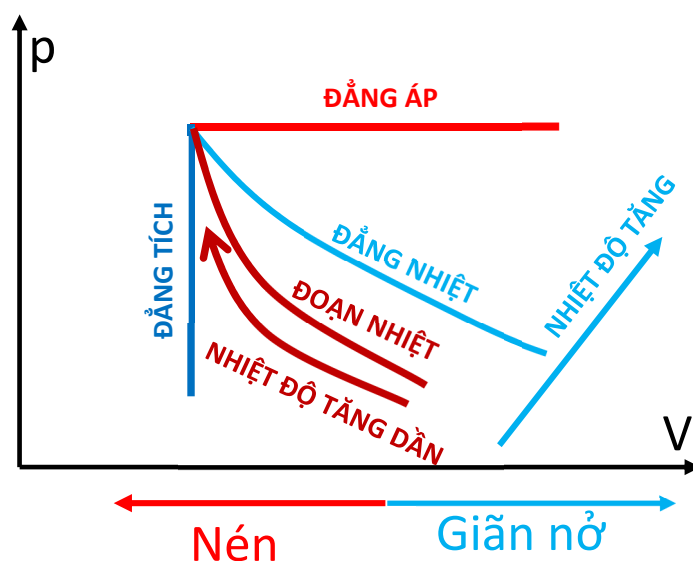
- Công do khí sinh ra: sử dụng công thức tính công cho trường hợp đoạn nhiệt (tham khảo bài ở trên), chú ý là khối lượng 1 mol không khí là 29 g

$$A = \frac{nR\Delta T}{-\gamma + 1} = \frac{\frac{1000}{29} \times 8.314 \times (270 - 303)}{-1.4 + 1} \approx 2.4 \times 10^4 J$$

DẠNG 3. ĐỒ THỊ TRẠNG THÁI P-V

3.1. Kiến thức cần biết:

- Dạng này thường cho dưới dạng phân tích các đường trạng thái và tính toán các đại lượng cơ bản như thể tích, áp suất, nhiệt độ, công ...
- Tất nhiên để làm được dạng này thì phải biết phân tích đường trạng thái để biết được các quá trình biến đổi diễn ra trong điều kiện nào: đẳng áp, đẳng tích, đẳng nhiệt, đoạn nhiệt.
- Sau đây là đường trạng thái đặc trưng cho 4 trường hợp quan trọng nhất: đẳng áp và đẳng tích thì rất dễ vẽ nhưng đẳng nhiệt và đoạn nhiệt thì cần phân biệt rõ. Đẳng nhiệt và đoạn nhiệt đều là đường cong, nhưng độ dốc của đường đoạn nhiệt bao giờ cũng lớn hơn đường đẳng nhiệt



- Có những trường hợp mà bài toán yêu cầu vẽ đồ thị minh họa quá trình. Đối với dạng này thì cứ bắt đầu từ điểm đầu rồi quét từng quá trình một. Điểm cuối của một quá trình này sẽ là điểm đầu của một quá trình khác.
- Các bước giải cơ bản:
 - Phân tích từng quá trình → xác định mối liên quan giữa các đại lượng P, V, T cho từng quá trình.
 - Đánh dấu các đại lượng đã biết.
 - Biến đổi, rút gọn để tìm ra các đại lượng cần tìm.

3.2. Bài tập ví dụ

Bài 8.27: Một chất khí lưỡng nguyên tử có thể tích $V_1 = 0,5 \text{ l}$, áp suất $p_1 = 0,5 \text{ atm}$ bị nén đoạn nhiệt tới thể tích V_2 và áp suất p_2 . Sau đó người ta giữ nguyên thể tích V_2 và làm lạnh nó tới nhiệt độ ban đầu. Khi đó áp suất của khí là $p_0 = 1 \text{ atm}$.

a. Vẽ đồ thị của quá trình đó.

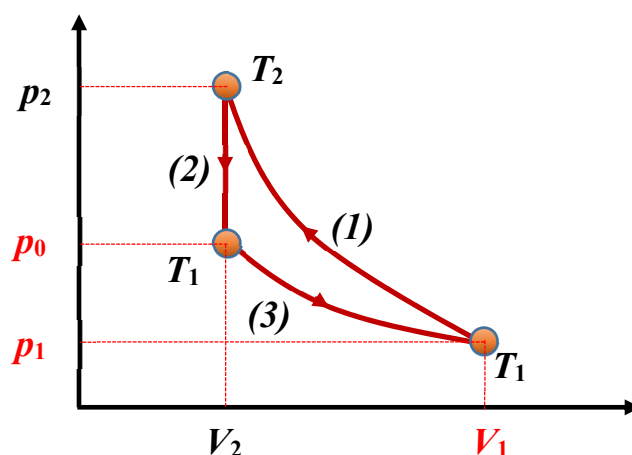
b. Tìm thể tích V_2 và áp suất p_2

* **Nhận xét:** Bài toán liên quan tới vẽ đồ thị minh họa quá trình rồi \rightarrow tốt nhất là ngồi phân tích các quá trình ra:

- Thời điểm đầu tiên của quá trình 1: (p_1, V_1, T_1)
- Quá trình 1: nén đoạn nhiệt \rightarrow nhìn đường cong đoạn nhiệt thì thấy xu thế nhiệt độ tăng dần cho đến thời điểm cuối $T_2 \rightarrow$ dễ dàng thấy là $T_2 > T_1$
- Thời điểm cuối của quá trình 1: (p_2, V_2, T_2)
- Quá trình 2: làm lạnh đẳng tích đến nhiệt độ ban đầu (tức là nhiệt độ T_1), tức là áp suất phải giảm, chứ tăng nó chạy ngược lên trên thì sẽ khiến nhiệt độ tăng chứ không thể giảm về T_1 được
- Thời điểm cuối của quá trình 2: (p_0, V_2, T_1)

* **Giải:**

Sau khi phân tích thì vẽ thoi:



Đề ý nếu quá trình 3 có xảy ra thì nó sẽ là quá trình đẳng nhiệt vì trạng thái đầu và cuối có cùng nhiệt độ.

- Câu b yêu cầu tính áp suất p_2 và thể tích V_2 , hai đại lượng này đều dính dáng đến ba quá trình (1): đoạn nhiệt và quá trình (2): nén đẳng tích, quá trình (3): giãn nở đẳng nhiệt \rightarrow có thể dự đoán là sẽ phải tính toán dựa theo ba quá trình này. Giờ xét từng quá trình một, chú ý trên đồ thị ta đánh dấu những đại lượng đã biết cho dễ hình dung.

- Quá trình (1) đoạn nhiệt: dễ thấy từ quá trình đoạn nhiệt ta sẽ tìm được mối quan hệ giữa áp suất p_1 , thể tích V_1 và áp suất p_2 , thể tích V_2 .

$$p_1 V_1^\gamma = p_2 V_2^\gamma$$

Khí lưỡng nguyên nên bậc tự do $i = 5 \rightarrow$ hệ số Poát-xông là:

$$\gamma = \frac{i + 2}{i} = \frac{5 + 2}{5} = 1.4$$

- Quá trình (2): nén đẳng tích \rightarrow có ngay phương trình liên hệ giữa nhiệt độ và áp suất:

$$\frac{p_2}{T_2} = \frac{p_0}{T_1}$$

- Quá trình (3): giãn nở đẳng nhiệt \rightarrow tương tự ta có:

$$p_0 V_2 = p_1 V_1$$

- Nhìn vào đây ta thấy từ quá trình (3) là xác định được V_2 ngay \rightarrow từ quá trình (1) xác định p_2 . Quá trình (2) thì chỉ sử dụng \rightarrow ta thiết lập thừa \rightarrow nhưng mà thôi thừa còn hơn thiếu :v

- Tóm lại:

- Thể tích V_2 là:

$$V_2 = \frac{p_1 V_1}{p_0} = \frac{0.5 \times 0.5}{1} = 0.25 \text{ l}$$

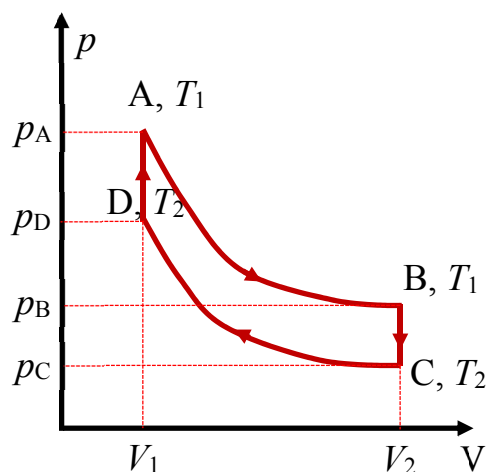
- Áp suất p_2 là:

$$p_2 = \left(\frac{V_1}{V_2}\right)^\gamma p_1 = \left(\frac{0.5}{0.25}\right)^{1.4} \times 0.5 = 1.32 \text{ atm}$$

Bài 8.30: Một kmol khí (khối lượng mol μ) thực hiện một chu trình ABCD như hình dưới, trong đó AB, CD là hai quá trình đẳng nhiệt, ứng với nhiệt độ T_1 và T_2 , BC và DA là hai quá trình đẳng tích ứng với hai thể tích V_2 và V_1 .

a. Chứng minh rằng: $\frac{p_A}{p_B} = \frac{p_D}{p_C}$

b. Tính công và nhiệt trong cả chu trình



* **Nhận xét:** Bài toán đã cho đồ thị quá trình \rightarrow tốt nhất là nên phân tích từng quá trình và thiết lập phương trình trạng thái cho từng quá trình:

- Quá trình AB: giãn nở đẳng nhiệt $\rightarrow T = \text{const} \rightarrow$ trạng thái A(p_A, V_1, T_1), trạng thái B(p_B, V_2, T_1).

$$p_A V_1 = p_B V_2$$

- Quá trình BC: làm lạnh đẳng tích $\rightarrow V = \text{const} \rightarrow$ trạng thái B(p_B, V_1, T_1), trạng thái C(p_C, V_2, T_2).

$$\frac{p_B}{T_1} = \frac{p_C}{T_2}$$

- Quá trình CD: nén đẳng nhiệt $\rightarrow T = \text{const} \rightarrow$ trạng thái C(p_C, V_2, T_2), trạng thái D(p_D, V_1, T_2).

$$p_C V_2 = p_D V_1$$

- Quá trình DA: đốt nóng đẳng tích $\rightarrow V = \text{const} \rightarrow$ trạng thái D(p_D, V_1, T_2), trạng thái A(p_A, V_1, T_1).

$$\frac{p_D}{T_2} = \frac{p_A}{T_1}$$

* **Giải:**

- Sau khi phân tích bài toán ta thấy, câu a quá ngon, chỉ cần từ quá trình AB và CD là chứng minh được ngay:

$$\frac{p_A}{p_B} = \frac{V_2}{V_1} = \frac{p_D}{p_C}$$

- Để tính công của chu trình ta để ý, công trong các quá trình đẳng tích là bằng 0, nên công thực tế ở đây sẽ là công sinh ra trong quá trình đẳng nhiệt AB và CD.

$$A = A_{AB} + A_{CD} = nRT_1 \ln\left(\frac{V_2}{V_1}\right) + nRT_2 \ln\left(\frac{V_1}{V_2}\right) = nR \ln\left(\frac{V_2}{V_1}\right) (T_1 - T_2)$$

- Tiếp theo tính nhiệt trong cả chu trình. Sau khi thực hiện một chu trình hệ quay lại trạng thái ban đầu \rightarrow do nội năng là một hàm trạng thái nên nếu nó quay lại trạng thái đầu thì có nghĩa là biến thiên nội năng bằng không. Theo định luật 1 ta có:

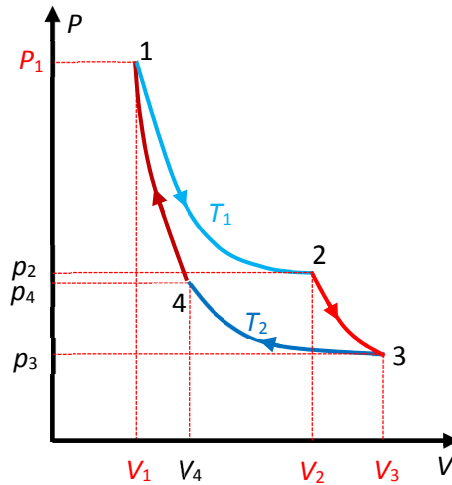
$$Q = \Delta U + A = nR \ln\left(\frac{V_2}{V_1}\right) (T_1 - T_2)$$

Bài 8.31: Một khối khí thực hiện một chu trình như hình vẽ dưới, trong đó 1-2 và 3-4 là hai quá trình đẳng nhiệt ứng với các nhiệt độ T_1 và T_2 , 2-3 và 3-4 là các quá trình đoạn nhiệt. Cho $V_1 = 2 \text{ l}, V_2 = 5 \text{ l}, V_3 = 8 \text{ l}, p_1 = 7 \text{ at}, T_1 = 400 \text{ K}$. Tìm:

a. p_2, p_3, p_4, V_4, T_2

b. Công khí thực hiện trong từng quá trình và trong toàn chu trình.

c. Nhiệt mà khối khí nhận được hay tỏa ra trong từng quá trình đẳng nhiệt.



* **Nhận xét:** Lại tiếp tục bước phân tích quá trình thôi:

- Quá trình 1-2: đẳng nhiệt $\rightarrow T = \text{const} \rightarrow$ trạng thái đầu 1 (p_1, V_1, T_1) và trạng thái sau 2 (p_2, V_2, T_1)

$$p_1 V_1 = p_2 V_2$$

- Quá trình 2-3: đoạn nhiệt \rightarrow trạng thái đầu 2 (p_2, V_2, T_1) và trạng thái sau 3 (p_3, V_3, T_2)

$$p_2 V_2^\gamma = p_3 V_3^\gamma$$

$$T_1 V_2^{\gamma-1} = T_2 V_3^{\gamma-1}$$

- Quá trình 3-4: đẳng nhiệt $\rightarrow T = \text{const} \rightarrow$ trạng thái đầu 3 (p_3, V_3, T_2) và trạng thái sau 4 (p_4, V_4, T_2)

$$p_3 V_3 = p_4 V_4$$

- Quá trình 4-1: đoạn nhiệt \rightarrow trạng thái đầu 4 (p_4, V_4, T_2) và trạng thái sau 1 (p_1, V_1, T_1)

$$p_4 V_4^\gamma = p_1 V_1^\gamma$$

$$T_2 V_4^{\gamma-1} = T_1 V_1^{\gamma-1}$$

* **Giải:**

Câu a:

- Từ quá trình phân tích ta thấy tính mấy đại lượng áp suất khá là đơn giản. Trước khi tính ta cần xác định hệ số Poát-xông cái đã. Bài này đề chuỗi vcd, cho khối khí rất chung chung nên đành giả sử nó là không khí \rightarrow lưỡng nguyên tử \rightarrow bậc tự do bằng 5 \rightarrow hệ số Poát-xông là:

$$\gamma = \frac{i+2}{i} = \frac{5+2}{5} = 1.4$$

- Xác định áp suất:

- Áp suất p_2 : từ qt 1-2 ta có:

$$p_2 = \frac{V_1}{V_2} p_1 = \frac{2}{5} \times 7 = 2.8 \text{ at}$$

- Áp suất p_3 : từ qt 2-3 ta có:

$$p_3 = \left(\frac{V_2}{V_3}\right)^\gamma p_2 = \left(\frac{5}{8}\right)^{1.4} \times 2.8 = 1.45 \text{ at}$$

- Áp suất p_4 : từ quá trình 3-4, 4-1 ta có:

- $p_3 V_3 = p_4 V_4 \rightarrow V_4 = \frac{p_3 V_3}{p_4}$

- $p_4 V_4^\gamma = p_1 V_1^\gamma$

- p_3 đã được xác định ở trên \rightarrow muốn tìm p_4 thì chỉ việc khử V_4 là xong.
Ta có:

$$p_4 \left(\frac{p_3 V_3}{p_4}\right)^\gamma = p_1 V_1^\gamma \rightarrow p_4^{1-\gamma} = \frac{p_1 V_1^\gamma}{p_3^\gamma V_3^\gamma}$$

$$\rightarrow p_4 = \left[\left(\frac{V_1}{V_3}\right)^\gamma \frac{p_1}{p_3^\gamma}\right]^{\frac{1}{1-\gamma}} = \left[\left(\frac{2}{8}\right)^{1.4} \frac{7}{1.45^{1.4}}\right]^{\frac{1}{1-1.4}} = 3.6 \text{ at}$$

Công nhận quả p_4 tính kinh thật.

- Thể tích V_4 : biết p_4 rồi thì thể tích quá đơn giản. Từ qt 3-4 ta có:

$$V_4 = \frac{p_3 V_3}{p_4} = \frac{1.45 \times 8}{3.6} = 3.2 \text{ l}$$

- Nhiệt độ T_2 : từ quá trình 2-3 ta có:

$$T_2 = \left(\frac{V_2}{V_3}\right)^{\gamma-1} T_1 = \left(\frac{5}{8}\right)^{1.4-1} \times 400 = 331 \text{ K}$$

Câu b: Công thực hiện trên từng quá trình:

- Quá trình 1-2: đẳng nhiệt

$$A_{12} = nRT_1 \ln \frac{V_2}{V_1} = p_1 V_1 \ln \frac{V_2}{V_1} = 7 \times 9.8 \times 10^4 \times 2 \times 0.001 \times \ln \frac{5}{2}$$

$$= \mathbf{1257J}$$

- Quá trình 2-3: đoạn nhiệt

$$A_{23} = \frac{\Delta(PV)}{-\gamma + 1} = \frac{p_3 V_3 - p_2 V_2}{-\gamma + 1}$$

$$= \frac{1.45 \times 9.8 \times 10^4 \times 8 \times 0.001 - 2.8 \times 9.8 \times 10^4 \times 5 \times 0.001}{-1.4 + 1} = \mathbf{588J}$$

- Quá trình 3-4: đẳng nhiệt

$$A_{34} = nRT_2 \ln \frac{V_4}{V_3} = p_3 V_3 \ln \frac{V_4}{V_3} = 1.45 \times 9.8 \times 10^4 \times 8 \times 0.001 \times \ln \frac{3.2}{8}$$

$$= -1042J$$

- Quá trình 4-1: đoạn nhiệt

$$A_{41} = \frac{\Delta(PV)}{-\gamma + 1} = \frac{p_1 V_1 - p_4 V_4}{-\gamma + 1}$$

$$= \frac{7 \times 9.8 \times 10^4 \times 2 \times 0.001 - 3.6 \times 9.8 \times 10^4 \times 3.2 \times 0.001}{-1.4 + 1} = -608J$$

Công mà khí thực hiện trong cả chu trình sẽ là:

$$A = A_{12} + A_{23} + A_{34} + A_{41} = 1257 + 588 - 1042 - 608 = 195J$$

Câu c: Yêu cầu xác định nhiệt mà khí nhận được trong quá trình đẳng nhiệt \rightarrow biến thiên nội năng bằng 0. Nhiệt chính bằng công thôi:

- Nhiệt mà khí nhận được trong quá trình 1-2 bằng công mà khí sinh ra:

$$Q_{12} = A_{12} = 1257J > 0 \rightarrow \text{khí nhận nhiệt}$$

- Nhiệt mà khí nhận được trong quá trình 3-4 bằng công mà khí sinh ra:

$$Q_{34} = A_{34} = -1042J < 0 \rightarrow \text{khí tỏa nhiệt}$$