

CHƯƠNG 5

NGUYÊN LÝ I NHIỆT ĐỘNG HỌC

Nhiệt học nghiên cứu các hiện tượng liên quan đến những quá trình xảy ra bên trong vật như vật nóng chảy, vật bay hơi, vật nóng lên khi ma sát... những hiện tượng này liên quan đến một dạng chuyển động khác của vật chất đó là chuyển động nhiệt. Chuyển động nhiệt là đối tượng nghiên cứu của nhiệt học.

5.1. PHƯƠNG TRÌNH TRẠNG THÁI KHÍ LÝ TƯỞNG

5.1.1. Một số khái niệm cơ bản

1. Áp suất

Áp suất là một đại lượng vật lý có giá trị bằng lực nén vuông góc lên một đơn vị diện tích. Gọi F là lực nén lên diện tích ΔS thì áp suất là:

$$p = \frac{F}{\Delta S} \quad (5-1)$$

Trong hệ SI đơn vị áp suất là N/m^2 hay *pascal* (Pa). Người ta còn dùng các đơn vị: Atmosphere kỹ thuật, Milimet thủy ngân (còn gọi là *tor*)

$$1 \text{ at} = 736 \text{ milimet thủy ngân} = 9,81 \cdot 10^4 \text{ N/m}^2 = 736 \text{ Pa}$$

2. Nhiệt độ

Nhiệt độ là đại lượng vật lý đặc trưng cho mức độ chuyển động hỗn loạn phân tử của các vật. Nhiệt độ liên quan đến năng lượng chuyển động nhiệt của các phân tử. Tuy nhiên không thể dùng năng lượng để đo nhiệt độ vì không thể đo trực tiếp năng lượng chuyển động nhiệt, hơn nữa năng lượng này lại rất nhỏ. Do đó người ta đo nhiệt độ bằng đơn vị là độ.

3. Nhiệt giai

Tùy theo cách chia độ người ta sử dụng các nhiệt giai khác nhau.

a. Nhiệt giai Celsius (nhiệt giai bách phân)

Ký hiệu: $^{\circ}\text{C}$.

Người ta chọn điểm tan của nước đá và điểm sôi của nước tinh khiết ở 1at là 0°C và 100°C rồi chia 100 phần bằng nhau, mỗi phần là 1°C .

b. Nhiệt giai Fahrenheit

Ký hiệu: $^{\circ}\text{F}$.

Người ta chọn điểm tan của nước đá và điểm sôi của nước tinh khiết ở 1 at là 32°F và 212°F rồi chia 180 phần bằng nhau, mỗi phần là 1°F .

Hệ thức liên hệ giữa nhiệt giai Celsius và nhiệt giai Fahrenheit

$$\frac{t^{\circ}\text{C}}{100} = \frac{t^{\circ}\text{F} - 32}{180} \Rightarrow t^{\circ}\text{C} = \frac{5}{9}(t^{\circ}\text{F} - 32)$$

c. Nhiệt giai Kelvin (nhiệt giai tuyệt đối), ký hiệu là K

Gọi T là nhiệt độ tuyệt đối, thì nó liên hệ với độ bách phân t :

$$T = t^{\circ}\text{C} + 273,15 \quad (5-2)$$

Khi không cần chính xác cao và để tính toán đơn giản ta lấy: $T = t^{\circ}\text{C} + 273$.

5.1.2. Khí lý tưởng

Khí lý tưởng là chất khí có đặc điểm sau:

- Khối khí gồm vô số các phân tử khí. Các phân tử có kích thước rất nhỏ so với khoảng cách giữa chúng.
- Các phân tử khí chuyển động hỗn loạn không ngừng và bỏ qua sự tương tác giữa chúng.
- Sự va chạm giữa các phân tử với nhau và giữa các phân tử với thành bình là hoàn toàn đàn hồi.

Phương trình trạng thái khí lý tưởng:

Trạng thái của một khối khí lý tưởng được mô tả bởi các thông số: nhiệt độ T , áp suất P và thể tích V .

Merdeleev-Clapeyron đã tìm ra phương trình

$$pV = RT$$

P, V, T là áp suất, thể tích và nhiệt độ của 1 *Kilomol* khí ở một trạng thái bất kỳ.

R là hằng số, gọi là hằng số khí lý tưởng $R = 8,31 \left(\frac{J}{mol.K} \right)$

Đối với khối khí có khối lượng m , thể tích v thì

$$V = \frac{\mu}{m} v \quad (\mu \text{ là khối lượng phân tử gam})$$

$$\text{Suy ra} \quad pv = \frac{m}{\mu} RT \quad (5-3)$$

Đối với khối khí xác định ($m = \text{const}$) thì:

$$\frac{pV}{T} = \text{const} \quad \text{hay} \quad \frac{p_1 V_1}{T_1} = \frac{p_2 V_2}{T_2}$$

5.2. NỘI NĂNG CỦA HỆ NHIỆT ĐỘNG. CÔNG VÀ NHIỆT

5.2.1. Hệ nhiệt động

Mọi tập hợp các vật được xác định hoàn toàn bởi một số các thông số vĩ mô, độc lập đối với nhau, được gọi là hệ vĩ mô hay hệ nhiệt động (hoặc vắn tắt hơn được gọi là hệ).

Tất cả các vật còn lại, ngoài hệ của ta là ngoại vật đối với hệ hay môi trường xung quanh của hệ.

Mọi hệ đều có thể chia thành hệ cô lập và không cô lập. Hệ không cô lập nếu nó tương tác với môi trường bên ngoài. Trong những sự tương tác này nói chung sẽ có trao đổi công và nhiệt. Nếu hệ và môi trường không trao đổi nhiệt thì hệ là hệ cô lập đối với ngoại vật về phương diện nhiệt. Nếu hệ và ngoại vật trao đổi nhiệt nhưng không sinh công thì hệ cô lập về phương diện cơ học.

5.2.2. Nội năng

Năng lượng của hệ gồm động năng ứng với chuyển động có hướng của cả hệ, thế năng của cả hệ và phần năng lượng ứng với chuyển động bên trong của hệ tức là nội năng của hệ:
 $W = W_d + W_t + U$

Tùy theo tính chất của chuyển động và tương tác của các phân tử cấu tạo nên vật, ta có thể chia nội năng thành các phần sau đây:

- Động năng chuyển động hỗn loạn của các phân tử (tịnh tiến và quay)
- Thế năng gây bởi các lực tương tác phân tử.
- Động năng và thế năng chuyển động dao động của các nguyên tử trong phân tử.
- Năng lượng các vỏ điện tử của các nguyên tử và iôn, năng lượng trong hạt nhân nguyên tử.

Đối với khối khí lý tưởng nội năng là tổng năng lượng chuyển động nhiệt của các phân tử cấu tạo nên hệ.

Trong nhiệt động học ta giả thiết rằng chuyển động có hướng của hệ không đáng kể và hệ không đặt trong một trường lực nào, do đó năng lượng của hệ đúng bằng nội năng của hệ.

5.2.3. Công và nhiệt

Khi các hệ khác nhau tương tác với nhau thì chúng trao đổi với nhau một năng lượng nào đó, phần năng lượng trao đổi đó được thể hiện dưới hai dạng.

Một là dạng truyền năng lượng làm tăng mức độ chuyển động có trật tự của một vật. Điều này xảy ra khi có tương tác giữa các vật vĩ mô nghĩa là các vật có kích thước lớn hơn kích thước của từng phân tử rất nhiều, người ta gọi dạng truyền năng lượng này là công.

Thí dụ: khí dẫn nổ trong xy lanh làm pittông chuyển động. Như vậy khí đã truyền năng lượng cho pittông dưới dạng công. Nhưng đồng thời nó cũng làm nóng pittông, phần năng lượng truyền cho pittông làm pittông nóng lên được gọi là nhiệt.

Hai là, năng lượng được trao đổi trực tiếp giữa các phân tử chuyển động hỗn loạn của những vật tương tác với nhau. Khi hệ được trao đổi năng lượng như vậy mức độ chuyển động hỗn loạn của các phân tử của hệ và do đó nội năng của hệ tăng lên hay giảm đi, người ta gọi dạng truyền năng lượng này là nhiệt. thí dụ khi cọ sát hai vật, chúng nóng lên tương tự như chúng nhận nhiệt; khi đốt nóng một vật nghĩa là truyền nhiệt cho vật thì vật nóng lên nội năng của vật tăng lên nhưng đồng thời vật dẫn nổ, nghĩa là một phần nhiệt đã biến thành công làm dẫn nổ vật.

Như vậy công và nhiệt đều là những đại lượng đo mức độ trao đổi năng lượng giữa các hệ. Sự khác nhau sâu sắc giữa công và nhiệt là ở chỗ công liên quan tới chuyển động có trật tự và nhiệt liên quan đến chuyển động hỗn loạn của các phân tử của hệ. Nhưng chúng có mối liên hệ chặt chẽ với nhau và có thể chuyển hóa lẫn nhau: công có thể biến thành nhiệt và ngược lại Thực nghiệm chứng tỏ rằng sự chuyển hóa giữa công và nhiệt luôn tuân theo một hệ thức định lượng xác định, cứ tốn một công bằng 4,18J thì sẽ được một nhiệt lượng 1cal.

5.3. NGUYÊN LÝ THỨ NHẤT CỦA NHIỆT ĐỘNG HỌC

5.3.1. Nguyên lý thứ nhất của nhiệt động học

1. Phát biểu

Nguyên lý thứ nhất là một trường hợp riêng của định luật bảo toàn và biến đổi năng lượng vận dụng vào các quá trình vĩ mô.

Độ biến thiên năng lượng toàn phần ΔW của hệ trong một quá trình biến đổi vĩ mô có giá trị bằng tổng công A và nhiệt Q mà hệ nhận được trong quá trình đó.

$$\Delta W = A + Q \quad (5-7)$$

Ở trên ta giả thiết rằng cơ năng của hệ không đổi, do đó $\Delta W = \Delta U$ nên (5-7) trở thành :

$$\Delta U = A + Q \quad (5-8)$$

Các đại lượng $\Delta U, A, Q$ có thể dương hay âm.

Nếu $A > 0, Q > 0$ thì $\Delta U > 0$, nghĩa là hệ thực sự nhận công và nhiệt từ bên ngoài thì nội năng của hệ tăng

Nếu $A < 0, Q < 0$ thì $\Delta U < 0$ nghĩa là hệ thực sự sinh công và toả nhiệt ra bên ngoài thì nội năng của hệ giảm.

2. Hệ quả

a. Đối với hệ cô lập, tức là không trao đổi công và nhiệt với bên ngoài:

$$A = 0; Q = 0, \text{ khi đó } \Delta U = 0 \text{ hay } U = \text{const.}$$

Vậy nội năng của hệ cô lập được bảo toàn.

Nếu hệ cô lập gồm hai vật chỉ trao đổi nhiệt với nhau và giả sử Q_1, Q_2 là nhiệt lượng mà chúng nhận được thì:

$$\begin{aligned} Q &= Q_1 + Q_2 = 0 \\ \Rightarrow Q_1 &= -Q_2 \end{aligned}$$

Vậy trong hệ cô lập gồm hai vật chỉ trao đổi nhiệt thì nhiệt lượng do vật này toả ra bằng nhiệt lượng do vật kia thu vào.

b. Trường hợp hệ là một máy làm việc tuần hoàn, nghĩa là nó biến đổi theo một quá trình kín hay chu trình. Sau một dãy các biến đổi hệ trở về trạng thái ban đầu. Như vậy sau một chu trình: $\Delta U = 0$.

$$\text{Từ } \Delta U = A + Q \Rightarrow A = -Q$$

Quy ước dấu của công (A) và nhiệt (Q)

$A > 0; Q > 0$: khi hệ nhận chúng từ bên ngoài.

$A < 0; Q < 0$: khi hệ cung cấp chúng ra ngoài.

Nếu $A > 0$ thì $Q < 0$ và ngược lại. Vậy, trong một chu trình, công mà hệ nhận được có giá trị bằng nhiệt do hệ toả ra bên ngoài hay công do hệ sinh ra có giá trị bằng nhiệt mà hệ nhận từ bên ngoài.

Khi hệ thực hiện một quá trình biến đổi vô cùng nhỏ, biểu thức nguyên lý thứ nhất có dạng:

$$dU = \partial A + \partial Q$$

Trong đó dU là độ biến thiên nội năng của hệ $\partial A, \partial Q$ là công và nhiệt mà hệ nhận được trong quá trình biến đổi đó.

Cách viết trên có ý nghĩa là vì nội năng là một hàm trạng thái, độ biến thiên của nó không phụ thuộc quá trình nên vi phân dU của nó là một vi phân toàn phần còn công và nhiệt là những hàm của quá trình nên vi phân ∂A , ∂Q của chúng là những vi phân không toàn phần.

5.3.2. Quá trình cân bằng của khí lý tưởng

1. Trạng thái cân bằng, quá trình cân bằng

a. Định nghĩa

Trạng thái cân bằng của hệ là trạng thái trong đó mọi thông số của hệ được hoàn toàn xác định và nếu không có tác dụng bên ngoài thì trạng thái đó sẽ tồn tại mãi mãi.

Quá trình cân bằng là một quá trình biến đổi gồm một chuỗi liên tiếp các trạng thái cân bằng.

Trong thực tế không có quá trình hoàn toàn cân bằng, vì trong quá trình biến đổi, bao giờ trạng thái cân bằng trước cũng bị phá hủy. Tuy nhiên, nếu quá trình thực hiện vô cùng chậm để hệ có thời gian thiết lập một trạng thái cân bằng mới thì quá trình đó có thể coi là gần cân bằng. Vì các thông số trạng thái ứng với một giá trị cân bằng là hoàn toàn xác định, nên trên đồ thị OPV, mỗi trạng thái cân bằng được biểu diễn bằng một điểm, do đó mỗi quá trình cân bằng được biểu diễn bằng một đường cong liên tục.

b. Công mà hệ nhận được trong quá trình cân bằng

Giả sử xét một khối khí trong xylanh. Gọi F là lực nén lên pittông, S là tiết diện của pittông, áp suất bên ngoài nén lên pittông bằng:

$$p = \frac{F}{S}$$

Trong quá trình cân bằng, áp suất đó đúng bằng áp suất của khối khí. Theo định nghĩa, công mà khối khí nhận được khi pittông di chuyển một đoạn dl bằng:

$$\partial A = -Fdl$$

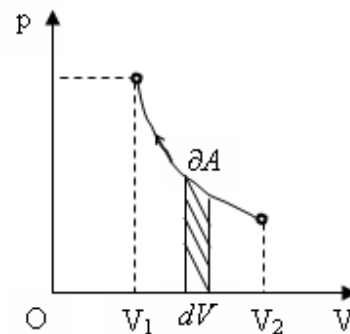
Vì khi nén khối khí nhận công $\partial A > 0$, nhưng $dl < 0$ nên trước $F \cdot dl$ phải có dấu trừ.

Mà $F = p \cdot S$, do đó ta có:

$$\partial A = -p \cdot Sdl = -pdV$$

Công mà khối khí nhận được trong quá trình biến đổi thể tích từ V_1 đến V_2 là:

$$A = - \int_{V_1}^{V_2} p dV \quad (5-9)$$



Hình 5-1
Công mà khí nhận được

c. Nhiệt mà hệ nhận được trong quá trình cân bằng- Nhiệt dung

Nhiệt dung riêng c của một chất là một đại lượng vật lý, về trị số bằng nhiệt lượng cần thiết truyền cho một đơn vị khối lượng để nhiệt độ của nó tăng thêm một độ.

Nếu gọi m là khối lượng của vật ∂Q là nhiệt lượng truyền cho vật trong một quá trình cân bằng nào đó và dT là độ biến thiên nhiệt độ của vật trong quá trình đó thì:

$$c = \frac{\partial Q}{m \partial T} \text{ hay } \partial Q = m.c.dT \quad (5-10)$$

Ngoài ra người ta còn dùng khái niệm nhiệt dung mol C của một chất. Đó là một đại lượng có giá trị bằng nhiệt lượng cần truyền cho một mol chất đó để nhiệt độ của nó tăng một độ.

$$C = \mu.c$$

Trong đó μ là khối lượng của một mol chất đó.

Trong hệ SI, đơn vị của c là J/kgK, còn đơn vị của C là J/molK.

Ta có thể viết lại (5-10) như sau:

$$\partial Q = \frac{m}{\mu} C.dT \quad (5-11)$$

2. Nội năng của khí lý tưởng

Đối với khí lý tưởng nội năng tương đương với tổng năng lượng chuyển động nhiệt của các phân tử cấu tạo nên hệ. Năng lượng do chuyển động hỗn loạn của các phân tử tạo nên và đó chính là động năng của các phân tử. Năng lượng này phụ thuộc vào nhiệt độ của các phân tử vật chất và được gọi là nhiệt năng.

Đối với các phân tử chất khí có một nguyên tử, động năng trung bình của chúng là:

$$\overline{W_d} = \frac{3}{2} KT$$

với
$$K = \frac{R}{N_A} = 1,38.10^{-23} \text{ J/K}$$

Người ta chứng minh rằng biểu thức động năng trung bình của phân tử trong trường hợp tổng quát có dạng:

$$\overline{W_d} = \frac{i}{2} KT$$

trong đó, i được gọi là số bậc tự do của phân tử, là đại lượng có liên quan đến cấu tạo phân tử, với phân tử một nguyên tử: $i=3$, với phân tử hai nguyên tử: $i=5$, phân tử có ba nguyên tử trở lên: $i=6$.

Năng lượng chuyển động của một mol khí

$$W = N_A \cdot \overline{W_d} = \frac{i}{2} N_A KT = \frac{i}{2} RT$$

Năng lượng chuyển động của một khối khí có khối lượng m

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

Vậy nội năng của một khối khí có khối lượng m :

$$U = \frac{i}{2} \frac{m}{\mu} RT \quad (5-12)$$

Nội năng của một khối khí lý tưởng chỉ phụ thuộc vào nhiệt độ của khối khí ấy.

HƯỚNG DẪN HỌC CHƯƠNG 5

I. MỤC ĐÍCH, YÊU CẦU

Sau khi học chương 3, yêu cầu sinh viên:

1. Nắm được phương trình trạng thái của khí lý tưởng.
2. Phân biệt được khái niệm công và nhiệt. Công và nhiệt mà hệ nhận được trong quá trình cân bằng
3. Hiểu được nguyên lý thứ nhất của nhiệt động học và những hệ quả của nó.

II. TÓM TẮT NỘI DUNG

1. Khí lý tưởng: chất khí lý tưởng là chất khí trong đó áp suất (P) thể tích (V) và nhiệt độ liên hệ với nhau theo phương trình:

$$PV = nRT \quad (\text{phương trình Mendeleev-Clapeyron})$$

$$n = \frac{m}{\mu} : \text{số mol chất khí}$$

$$R = 8,31 \text{ J/mol K} \quad \text{Hằng số khí lý tưởng.}$$

Phương trình trạng thái khí lý tưởng:

$$\frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2}$$

2. Nguyên lý I nhiệt động học:

$$\Delta U = A + Q$$

Các đại lượng $\Delta U, A, Q$ có thể dương hay âm.

Nếu $A > 0, Q > 0$ thì $\Delta U > 0$, nghĩa là hệ thực sự nhận công và nhiệt từ bên ngoài thì nội năng của hệ tăng

Nếu $A < 0, Q < 0$ thì $\Delta U < 0$ nghĩa là hệ thực sự sinh công và toả nhiệt ra bên ngoài thì nội năng của hệ giảm.

3. Trạng thái cân bằng của hệ là trạng thái trong đó mọi thông số của hệ được hoàn toàn xác định và nếu không có tác dụng bên ngoài thì trạng thái đó sẽ tồn tại mãi mãi.

Quá trình cân bằng là một quá trình biến đổi gồm một chuỗi liên tiếp các trạng thái cân bằng.

Công mà hệ nhận được trong quá trình cân bằng:

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

Nhiệt mà hệ nhận được trong quá trình cân bằng:

$$\partial Q = \frac{m}{\mu} C \cdot dT$$

Nội năng của khí lý tưởng:

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

III. CÂU HỎI ÔN TẬP

1. Trình bày các khái niệm cơ bản về: áp suất; nhiệt độ và nhiệt giai.
2. Nêu đặc điểm của khí lý tưởng? Trình bày phương trình trạng thái khí lý tưởng.
3. Phân biệt sự khác nhau giữa công và nhiệt.
4. Phát biểu nguyên lý I nhiệt động học. Các hệ quả của nguyên lý I.
5. Định nghĩa quá trình cân bằng. Biểu thức công và nhiệt mà hệ nhận được trong quá trình cân bằng.

IV. BÀI TẬP

Thí dụ 1. Có 10g khí oxi ở áp suất 3 at. Sau khi hơi nóng đẳng áp khối khí chiếm thể tích 10l. Tìm nhiệt độ sau khi hơi nóng. Coi khối khí oxi là lý tưởng.

Bài giải:

Quá trình đẳng áp ta có: $\frac{P_1}{T_1} = \frac{P_2}{T_2} \Rightarrow T_2 = \frac{V_2}{V_1} T_1$

Từ phương trình Mendeleev-Claperon

$$P_1 V_1 = \frac{m}{\mu} RT_1 \Rightarrow \frac{T_1}{V_1} = \frac{P_1 \mu}{mR}$$

$$\Rightarrow T_2 = \frac{V_2 P_1 \mu}{mR}$$

Với $\mu = 32 \text{ g/mol} = 32 \cdot 10^{-3} \text{ Kg/mol}$

$$T_2 = \frac{10 \cdot 10^{-3} \cdot 3.9,81 \cdot 10^4 \cdot 32 \cdot 10^{-3}}{10 \cdot 10^{-3} \cdot 8,31} = 1133,3K$$

Thí dụ 2: Một khối khí oxi chiếm thể tích 3l, áp suất 10at và nhiệt độ 19,5 °C.

- a) Tính khối lượng riêng của khối khí.
- b) Hơi nóng đẳng tích khối khí đó đến nhiệt độ 100°C. Tính áp suất của khối khí sau khi hơi nóng.

Bài giải

- a) Phương trình Mendeleev-Claapeyron

$$P_1 V_1 = \frac{m}{\mu} R T_1 \Rightarrow m = \frac{P_1 V_1 \mu}{R T_1}$$

$$\text{Với } \mu = 32 \text{ g/mol} = 32 \cdot 10^{-3} \text{ Kg/mol}$$

$$m = \frac{10.9,81 \cdot 10^4 \cdot 3 \cdot 10^{-3} \cdot 32 \cdot 10^{-3}}{8,31 \cdot 292,5} = 0,0387 \text{ Kg}$$

b) Theo quá trình đẳng tích ta có:

$$\frac{P_1}{T_1} = \frac{P_2}{T_2} \Rightarrow P_2 = \frac{P_1 T_2}{T_1} = \frac{10.9,81 \cdot 10^4 \cdot 373}{292,5} = 12,75.9,81 \cdot 10^4 \text{ N/m}^2$$

$$\text{hay } P_2 = 12,75 \text{ at.}$$

Thí dụ 3: Một bình kín chứa 14g khí nitơ ở áp suất 1at và nhiệt độ 27°C. Sau khi hơi nóng, áp suất ở trong bình lên tới 5at. Tìm:

- Nhiệt độ khối khí trong bình sau khi hơi nóng.
- Thể tích của bình.
- Độ tăng nội năng của khí trong bình.

Bài giải:

a. Khí đựng trong bình kín nên quá trình đẳng tích:

$$\frac{P_1}{P_2} = \frac{T_1}{T_2} \rightarrow T_2 = T_1 \frac{P_2}{P_1} = 1500 \text{ K}$$

b. Ta có:

$$P_1 V_1 = \frac{m}{\mu} R T_1 \rightarrow V = V_1 = \frac{m R T_1}{\mu P_1} = \frac{14.8,31.300}{28.9,81 \cdot 10^4} = 12,7 \text{ m}^3$$

c. Độ tăng nội năng của khí trong bình:

$$\Delta U = \frac{m}{\mu} \frac{i}{2} R \Delta T = \frac{14.5}{28.2} \cdot 8,31 \cdot (1500 - 300) = 12,465 \text{ kJ}$$

Thí dụ 4: Một kmol khí nitơ ở điều kiện bình thường dẫn đoạn nhiệt từ V_1 đến $V_2 = 5V_1$. Tìm:

- Độ biến thiên nội năng của khối khí.
- Công thực hiện trong quá trình dẫn nở.

Bài giải:

$$\text{a. } \Delta U = \frac{m}{\mu} \frac{i}{2} R \Delta T = \frac{m}{\mu} \frac{i R}{2} (T_2 - T_1)$$

Tìm T_2 từ công thức:

$$T_1 V_1^{\gamma-1} = T_2 V_2^{\gamma-1} \rightarrow T_2 = 143 \text{ K}$$

Thay $T_1 = 273\text{K}$, $V_2 = 5V_1$, $\gamma = 1,4$ ta được:

$$\Delta U = -2,69 \cdot 10^6 \text{ J}$$

b. Công mà khối khí sinh ra:

$$\Delta U = Q + A \rightarrow A' = -A = -\Delta U = 2,68 \cdot 10^6 \text{ J}$$

Bài tập tự giải

1. Có 10g ôxy ở áp suất 3at và nhiệt độ 10^0C . Hơ nóng đẳng áp khối khí tới thể tích 10 ℓ . Tìm;

a. Thể tích khối khí trước khi hơ nóng.

b. Nhiệt độ khối khí sau khi hơ nóng.

Đáp số: $V_1 = 2,4 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$; $T_2 = 1140\text{K}$

2. Một khối khí nitơ có thể tích 8,3 ℓ , áp suất 15at và nhiệt độ 27^0C .

a. Tìm khối lượng của khối khí đó.

b. Hơ nóng đẳng tích khối khí trên đến nhiệt độ 27^0C . Tìm áp suất của khối khí sau khi hơ nóng.

Đáp số: a. $m = 0,137 \text{ kg}$; b. $p_2 = 19,62\text{at}$

3. Có 40g ôxy chiếm thể tích 3 ℓ ở áp suất 10at.

a. Tìm nhiệt độ của khối khí.

b. Cho khối khí dẫn nở đẳng áp đến thể tích 4 ℓ . Tìm nhiệt độ khối khí sau khi dẫn nở.

Đáp số: $T_1 = 283\text{K}$; $T_2 = 377,4\text{K}$

4. Có 10g khí hydro ở áp suất 8,2at và thể tích 20 ℓ .

a. Tìm nhiệt độ của khối khí.

b. Đốt nóng khối khí và giữ cho thể tích của nó không đổi, áp suất khối khí tăng đến 9at.

Hỏi nhiệt độ khối khí sau khi đốt nóng bằng bao nhiêu?

Đáp số: $T_1 = 388\text{K}$; $T_2 = 426\text{K}$

5. Có 10kg khí đựng trong một bình ở áp suất 10^7Pa . Giảm lượng khí Δm ở trong bình thì áp suất của khí trong bình bằng $2,5 \cdot 10^6\text{Pa}$. Tìm lượng khí Δm đã lấy ra. Coi quá trình là đẳng nhiệt.

Đáp số: $\Delta m = \frac{\Delta p \cdot m_1}{p_1} = 7,5\text{kg}$

6. Có 12 g khí chiếm 4 ℓ ở nhiệt độ 7^0C . Hơ nóng khối khí và giữ cho thể tích của nó không đổi thì khối lượng riêng của nó bằng $6 \cdot 10^{-4} \text{ g/cm}^3$. Tìm nhiệt độ của khối khí sau khi hơ nóng.

Đáp số: $T_2 = 1400\text{K}$

7. Có 10g khí ôxy ở nhiệt độ 10^0C và áp suất 3at. Hơ nóng khối khí tới thể tích 10 ℓ và vẫn giữ cho áp suất khối khí không đổi. Tính:

a. Thể tích của khối khí trước khi hơ nóng.

b. Nhiệt độ của khối khí sau khi hơ nóng.

c. Khối lượng riêng của khối khí trước và sau khi hơ nóng.

Đáp số: a. $V_1 = \frac{mRT_1}{\mu p} = 2,497(\ell)$

$$b. \frac{V_1}{V_2} = \frac{T_1}{T_2} \rightarrow T_2 = 1133K$$

$$c. \rho_1 = \frac{p\mu}{RT_1} = 4 \text{ kg/m}^3, \quad \rho_2 = \frac{p\mu}{RT_2} = 1 \text{ kg/m}^3$$

8. Có một lượng khí chứa trong một bình kín ở nhiệt độ 27°C . Tìm áp suất của khối khí nếu có một nửa khối khí thoát ra khỏi bình và nhiệt độ của bình hạ xuống 12°C . Cho biết áp suất ban đầu của khối khí là 40at.

Đáp số: $p_1 V_1 = \frac{m}{\mu} RT_1; \quad p_2 V_2 = \frac{m}{2\mu} RT_2; \quad V_1 = V_2 \rightarrow p_2 = 19at$

9. Một khí cầu có thể tích 300m^3 . Người ta bơm vào khí cầu khí hydro ở nhiệt độ 20°C dưới áp suất 750mmHg. Cho biết mỗi giây bơm được 25g khí. Hỏi sau bao lâu thì bơm xong?

Đáp số: $t = \frac{m}{m_1}; \quad pV = \frac{m}{\mu} RT \rightarrow t = \frac{\mu}{m_1} \frac{pV}{RT} = 985 (s)$

10. Cho axit sunfuric tác dụng với đá vôi (CaCO_3) thu được 1320 cm^3 khí cacbonic ở nhiệt độ 22°C và áp suất 1000mmHg. Tìm lượng đá vôi đã tham gia phản ứng.

Đáp số: Khối lượng khí CO_2 là:

$$pV = \frac{m}{\mu} RT \rightarrow m = 0,316 \cdot 10^{-3} \text{ kg}$$

Mặt khác:



Khối lượng đá vôi cần dùng: $M = 7,18 \cdot 10^{-3} \text{ kg}$

11. Cho 160 gam khí ôxy được nung nóng từ nhiệt độ 50°C đến 60°C . Tìm nhiệt lượng mà khí nhận được và độ biến thiên nội năng của khối khí trong hai quá trình;

a. Đẳng tích

b. Đẳng áp.

Đáp số: a. $Q_1 = 250 \text{ Calo}$; b. $Q_2 = 350 \text{ Calo}$

12. Một bình kín chứa 14gam khí nitơ ở áp suất 1at và nhiệt độ 27°C . Sau khi hơi nóng, áp suất trong bình lên tới 5at. Hỏi:

a. Nhiệt độ của khối khí sau khi hơi nóng.

b. Thể tích của bình.

c. Độ tăng nội năng của khí.

Đáp số: a. $T_2 = T_1 \frac{p_2}{p_1} = 1500K$

$$b. V = V_1 = \frac{mRT_1}{\mu p_1} = 12,7 \text{ m}^3$$

$$c. \Delta U = \frac{m}{\mu} \frac{i}{2} R \Delta T = 12,465 \text{ KJ}$$