Chương III

NHIỆT HỌC

Nội dung chính

3.1. Khí lý tưởng. Phương trình trạng thái

3.2. Thuyết động học các chất khí

3.3. Nhiệt động lực học

3.4. Bài tập

3.1. Khí lý tưởng.Phương trình trạng thái

3.1.1. Khái niệm khí lý tưởng

- **Khí lý tưởng:** là chất khí chứa các hạt giống nhau và có kích thước vô cùng nhỏ so với thể tích khối khí và không tương tác với nhau, chúng chỉ va chạm đàn hồi với tường bao quanh khối khí.

3.1. Khí lý tưởng.Phương trình trạng thái

3.1.2. Thông số trạng thái

- **Thông số trạng thái:** là tập hợp tất cả các đại lượng đặc trưng cho các tính chất của hệ (các đại lượng p, V, T, m hoặc n).

  - ✓ Phương trình trạng thái: phương trình mô tả mối liên hệ giữa các thông số trạng thái của một hệ.

3.1.2. Thông số trạng thái

- **Áp suất:** Áp suất là giá trị trung bình của lực mà các phân tử khí tác dụng lên một đơn vị diện tích thành bình.

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

P: áp suất (Pa)
F: lực tác dụng (N)
S: diện tích (m^2)

✓ Một số đơn vị áp suất:

$$1pa = 1\,N/m^2 = 10^{-5}bar = 10{,}197 \times 10^{-6}at$$
$$= 9{,}8692 \times 10^{-6}atm$$

3.1.2. Thông số trạng thái

- **Nhiệt độ:** Nhiệt độ của hệ là đại lượng đặc trưng cho mức độ chuyển động của các phân tử trong hệ.

✓ Một số thang nhiệt độ:

- ❖ Nhiệt giai Celsius: ℃
- ❖ Nhiệt giai Kelvin: K $K = (℃) + 273$

3.1.3. Phương trình trạng thái

- Phương trình Mendeleev-Clapeyron

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

Trong đó: R: hằng số khí lý tưởng

$$R = 8{,}314\ J/mol.K$$

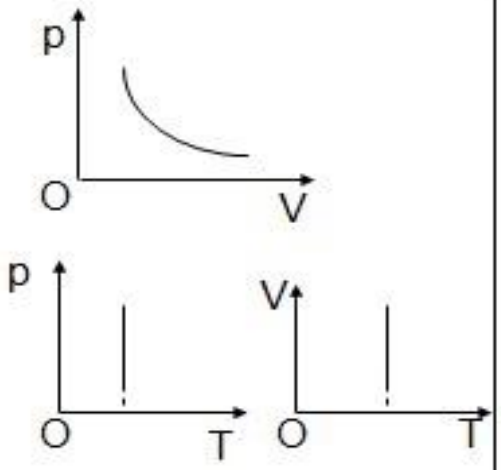
3.1. Khí lý tưởng.Phương trình trạng thái

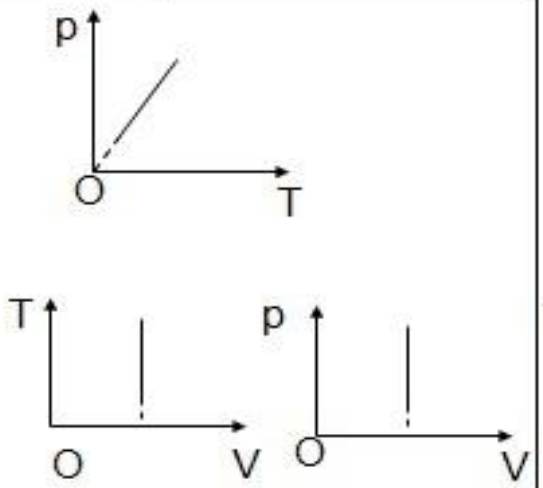
CÁC QUÁ TRÌNH BIẾN ĐỔI TRẠNG THÁI

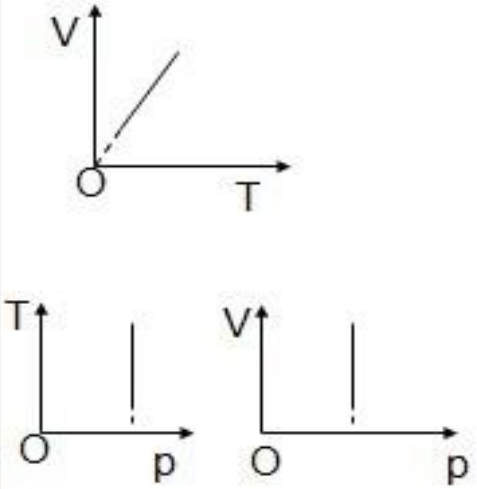
Phương trình trạng thái của khí lý tưởng

$$\frac{p.V}{T} = \text{hằngsố} \Rightarrow \frac{p_1.V_1}{T_1} = \frac{p_2.V_2}{T_2}$$

Quá trình đẳng nhiệt(T=h.số)	Quá trình đẳng tích(V=h.số)	Quá trình đẳng áp(p=h.số)
$p.V = \text{hằngsố}$	$\frac{p}{T} = \text{hằngsố}$	$\frac{V}{T} = \text{hằngsố}$







3.2. Thuyết động học phân tử các chất khí

Nội dung thuyết động học phân tử

- Các chất có cấu tạo gián đoạn và gồm một số lớn các phân tử.
- Các phân tử luôn chuyển động hỗn loạn không ngừng (chuyển động Brown).
- Kích thước của các phân tử rất nhỏ và có thể coi là chất điểm trong quá trình tính toán.
- Các phân tử không tương tác với nhau, chỉ có va chạm theo cơ học Newton.

3.3. Nhiệt động lực học

3.3.1. Một số khái niệm

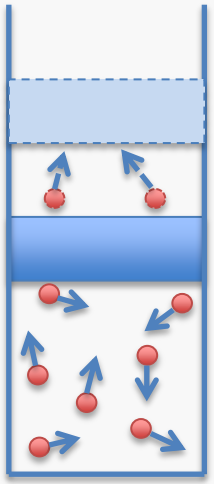
- **Hệ nhiệt động:** là tập hợp của các phân tử/ nguyên tử được xác định hoàn toàn bởi một số thông số vĩ mô độc lập với nhau.

- **Nội năng (U):** là đại lượng đặc trưng cho mức độ vận động của vật chất trong hệ.
  - ✓ Nội năng là hàm của trạng thái.
  - ✓ Với khí lý tưởng nội năng là tổng động năng chuyển động nhiệt của các phân tử trong hệ.

3.3. Nhiệt động lực học

3.3.1. Một số khái niệm

- **Công (A):** là dạng truyền năng lượng làm tăng mức độ chuyển động có trật tự của một vật khi các vật vĩ mô tương tác với nhau.



  - ✓ Công là hàm của quá trình.
  - ✓ Quy ước dấu:
    - ❖ $A > 0$: Hệ nhận công từ bên ngoài.
    - ❖ $A < 0$: Hệ thực hiện công ra bên ngoài.

3.3. Nhiệt động lực học

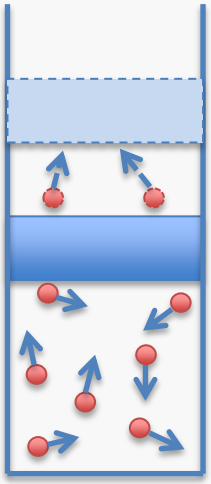
3.3.1. Một số khái niệm

- **Nhiệt lượng (Q):** là dạng truyền năng lượng được trao đổi trực tiếp giữa các phân tử chuyển động hỗn loạn của những vật tương tác với nhau.

  ✓ Nhiệt lượng là hàm của quá trình.

  ✓ Quy ước dấu:

  - ❖ Q> 0: Hệ nhận nhiệt lượng từ bên ngoài.
  - ❖ Q< 0: Hệ tỏa nhiệt lượng ra bên ngoài.



3.3. Nhiệt động lực học

3.3.1. Nguyên lý 1 của nhiệt động lực học

- **Nội dung:** độ biến thiên nội năng của một hệ bằng tổng công và nhiệt lượng hệ nhận được.

$$\Delta U = U_2 - U_1 = A + Q$$

✓ Với những quá trình biến đổi nhỏ

$$dU = \delta A + \delta Q$$

$dU, \delta A, \delta Q$ là các vi phân của nội năng, công và nhiệt lượng.

3.3. Nhiệt động lực học

$$\Delta U = U_2 - U_1 = A + Q$$

- **Hệ quả của nguyên lý 1**
  - ✓ Hệ cô lập : $A = Q = 0 \Rightarrow \Delta U = 0 \; hay \; U = Const$
    - ❖ Như vậy: nội năng của hệ cô lập được bảo toàn.
    - ❖ Nếu hệ cô lập gồm hai vật trao đổi nhiệt với nhau, thì nhiệt lượng do vật này tỏa ra bằng nhiệt lượng do vật kia thu vào.
  - ✓ Động cơ nhiệt hoạt động theo chu trình khép kín

$$U_2 = U_1 \Rightarrow A = -Q$$

hệ sinh công thì phải nhận nhiệt và ngược lại.

Như vậy: **Không thể chế tạo được động cơ vĩnh cửu loại I**

3.3. Nhiệt động lực học

3.3.3. Nguyên lý 2 của nhiệt động lực học

- Hạn chế của nguyên lý 1:
  - ✓ ***Không xác định được chiều của quá trình truyền nhiệt***

  Nhiệt chỉ truyền từ vật nóng sang vật lạnh mà không truyền theo chiều ngược lại

3.3. Nhiệt động lực học

3.3.3. Nguyên lý 2 của nhiệt động lực học

✓ ***Không phân biệt được công và nhiệt lượng***

Trên thực tế công có thể chuyển hóa tự nhiên và hoàn toàn thành nhiệt nhưng nhiệt không thể tự nhiên chuyển hóa thành công.

✓ ***Không đánh giá được chất lượng nguồn nhiệt***

Thực tế những nguồn nhiệt có nhiệt độ cao hơn thường có chất lượng hơn

3.3. Nhiệt động lực học

3.3.3. Nguyên lý 2 của nhiệt động lực học

- Phát biểu nguyên lý II
  - ✓ **Clausius**: Nhiệt không thể tự động truyền từ nguồn lạnh sang nguồn nóng.
  - ✓ **Thompson**: Không thể chế tạo được động cơ nhiệt hoạt động theo một chu trình khép kín liên tục chuyển hóa nhiệt thành công mà chỉ tiếp xúc với một nguồn nhiệt duy nhất hay không thể chế tạo được động cơ vĩnh cửu loại II

3.3. Nhiệt động lực học

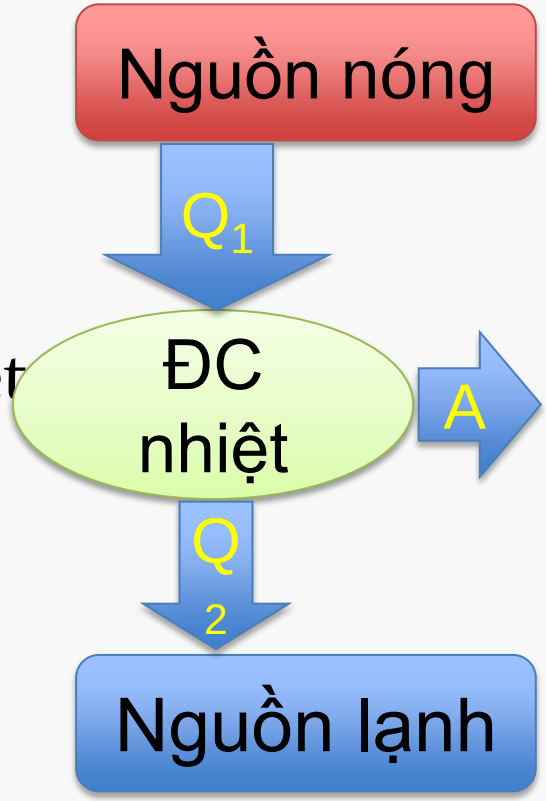
3.3.3. Nguyên lý 2 của nhiệt động lực học

- Động cơ nhiệt

  ✓ ĐC nhiệt hoạt động tuần hoàn theo chu trình khép kín biến nhiệt thành công hoặc ngược lại.

  ✓ VD: động cơ hơi nước

  ✓ Tác nhân: hơi nước, ga…



3.3. Nhiệt động lực học

3.3.3. Nguyên lý 2 của nhiệt động lực học

- Động cơ nhiệt
  - ✓ Hiệu suất của động cơ nhiệt

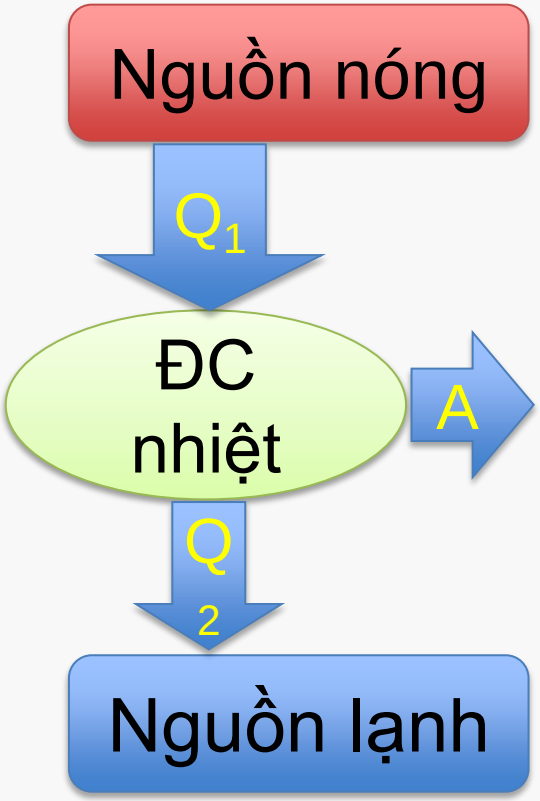
$$H = \frac{A}{Q_1}$$

  - ✓ Do động cơ nhiệt hoạt động theo một chu trình khép kín:

$$\Delta U = 0$$

$$Q_1 - Q_2 - A = 0$$

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



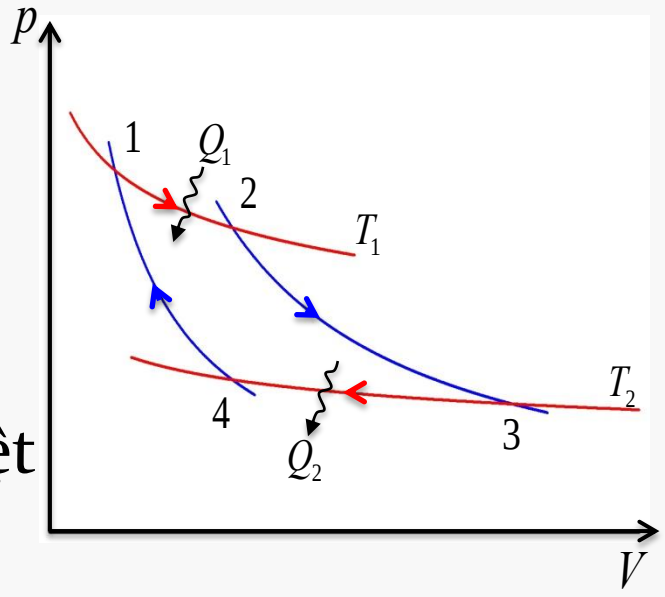
3.3. Nhiệt động lực học

3.3.4. Chu trình Carnot

- Quá trình thuận nghịch và không thuận nghịch
  - ✓ Quá trình 1 => 2 => 1 là thuận nghịch nếu chiều ngược 2 => 1 hệ cũng đi qua tất cả các trạng thái trung gian như chiều thuận 1 => 2; khi hệ trở về trạng thái ban đầu thì $A_{thuận} = -A_{nghịch}$ và $Q_{thuận} = -Q_{nghịch}$. Nghĩa là khi trở về trạng thái ban đầu môi trường xung quanh không thay đổi.
  - ✓ Quá trình không thuận nghịch => môi trường xung quanh biến đổi khi hệ trở lại trạng thái ban đầu

3.3. Nhiệt động lực học

3.3.4. Chu trình Carnot



- Chu trình Carnot đơn giản nhất gồm 4 quá trình:
  - ✓ Giãn đẳng nhiệt ở nhiệt độ T1 từ trạng thái 1 => 2, nhận nhiệt Q1 từ nguồn nóng
  - ✓ Giãn đoạn nhiệt 2 => 3, giảm nhiệt độ từ T1 xuống T2
  - ✓ Nén đẳng nhiệt ở nhiệt độ T2 từ trạng thái 3 => 4, nhả nhiệt Q2 ra nguồn lạnh
  - ✓ Nén đoạn nhiệt 4 => 1, tăng nhiệt độ từ T2 lên T1

3.3. Nhiệt động lực học

3.3.4. Chu trình Carnot

- Chu trình thuận 12341, hệ nhận nhiệt Q1 từ nguồn nóng, sinh công A và nhả nhiệt Q2 ra nguồn lạnh => động cơ nhiệt
- Chu trình nghịch 14321, hệ nhận công A, nhận nhiệt Q2 từ nguồn lạnh và nhả nhiệt Q1 sang nguồn nóng => máy lạnh
- Hiệu suất của động cơ nhiệt hoạt động theo chu trình Carnot:

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

3.3. Nhiệt động lực học

3.3.4. Chu trình Carnot

- Quá trình đẳng nhiệt 12, hệ nhận nhiệt Q1 từ nguồn nóng T1

$$Q_1 = \frac{m}{M} RT_1 \ln \frac{V_2}{V_1}$$

- Quá trình đẳng nhiệt 34, hệ tỏa nhiệt Q2 ra nguồn lạnh T2. Vì đây là quá trình nén nên

$$Q_2 = - \frac{m}{M} RT_2 \ln \frac{V_4}{V_3} = \frac{m}{M} RT_2 \ln \frac{V_3}{V_4}$$

3.3. Nhiệt động lực học

3.3.4. Chu trình Carnot

- Vậy, hiệu suất của chu trình Carnot là

$$H = 1 - \frac{Q_2}{Q_1} = 1 - \frac{T_2 \ln \frac{V_3}{V_4}}{T_1 \ln \frac{V_2}{V_1}}$$

- Mặt khác trong qua trình đoạn nhiệt 23 và 41 ta có:

$$\left.\begin{aligned} T_1 V_2^{(g-1)} &= T_2 V_3^{(g-1)} \\ T_1 V_1^{(g-1)} &= T_2 V_4^{(g-1)} \end{aligned}\right\} \Rightarrow \frac{V_2}{V_1} = \frac{V_3}{V_4}$$

3.3. Nhiệt động lực học

3.3.4. Chu trình Carnot

- Vậy $$H = 1 - \frac{T_2}{T_1}$$

- Hệ số làm lạnh của máy lạnh hoạt động theo chu trình Carnot

$$e = \frac{Q_2}{A} = \frac{Q_2}{Q_1 - Q_2} \qquad e = \frac{T_2}{T_1 - T_2}$$

3.4. Luyện tập

- **Lý thuyết**
  - Phát biểu, viết công thức, nêu hệ quả và ý nghĩa của nguyên lý I nhiệt động lực học.
  - Nêu các hạn chế của nguyên lý I nhiệt động lực học, cho ví dụ minh họa. Phát biểu nguyên lý II nhiệt động lực học.

3.4. Luyện tập

- **Bài tập**

Bài 1. Trong một trận bóng đá ngoài trời vào một ngày lạnh, một cầu thủ sẽ bắt đầu cảm thấy kiệt sức sau khi tiêu hao khoảng $8 \times 10^5 J$ nội năng.

a) Một cầu thủ mặc một bộ quần áo quá mỏng so với tiết trời đã phải rời cuộc chơi sau khi mất $6{,}8 \times 10^5 J$ nhiệt lượng. Anh ta đã thực hiện công bằng bao nhiêu?

b)Một người chơi khác mặc một bộ quần áo có khả năng bảo vệ tốt hơn chống lại sự mất nhiệt, có thể tham gia trận đấu đủ lâu để thực hiện công bằng $2{,}1 \times 10^5 J$. Hỏi anh ta đã mất nhiệt lượng bằng bao nhiêu?

ĐS: a) $1{,}2 \times 10^5 J$ $b) 5{,}9 \times 10^5 J$

3.4. Luyện tập

- **Bài tập**

Bài 2. Một nhà máy điện hơi nước nhận nhiệt từ một lò nung với tốc độ 280 GJ/h . Tổn thất nhiệt cho không khí xung quanh từ hơi nước khi nó đi qua các đường ống và các thành phần khác được ước tính là khoảng 8 GJ/h. Nếu nhiệt lượng thải ra được chuyển về nước làm mát với tốc độ 145 GJ/h. Xác định:

a)Sản lượng điện sản xuất ra

b)Hiệu xuất nhiệt của nhà máy điện này?

ĐS: a)127 GJ/h b)45,35%

3.4. Luyện tập

- **Bài tập**

Bài 3. 1mol khí lý tưởng thực hiện theo chu trình khép kín $1 \to 2 \to 3 \to 4 \to 1$. Biết:

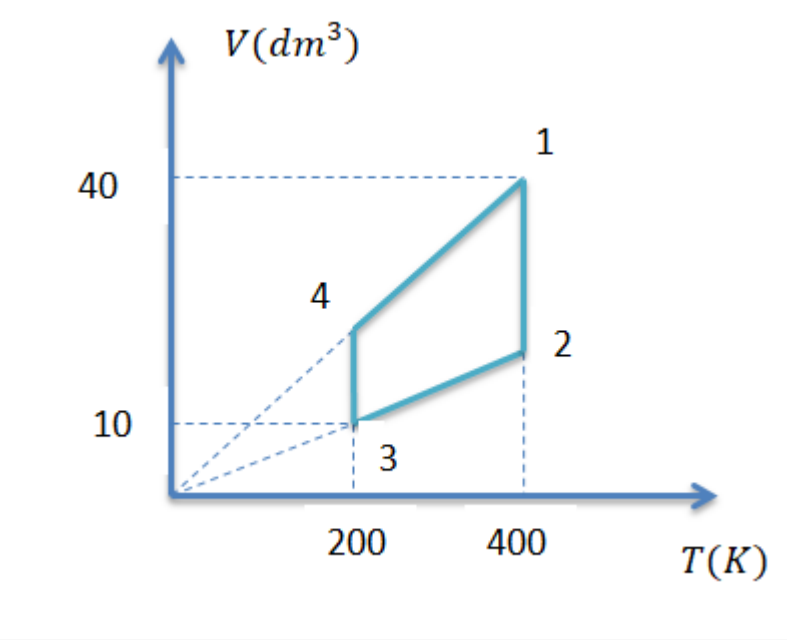
$T_1 = T_2 = 400K$

$T_3 = T_4 = 200K$

$V_1 = 40dm^3$

$V_3 = 10dm^3$

Tìm áp suất ở các trạng thái?



ĐS $P_1 = P_4 = 0{,}83 \times 10^5 Pa$

$P_2 = P_3 = 1{,}66 \times 10^5 Pa$