

## Bài tập Nhiệt động lực học Vật liệu

PGS.TS. Lê Văn Hiếu và ThS. Phạm Văn Việt

(Khoa Khoa học Vật liệu, Trường ĐH Khoa học Tự nhiên, ĐHQG Tp.HCM)

### Chương 1: Giới thiệu và một số khái niệm cơ bản

- 1.1 Cho thể tích khối khí là 2 lít được giữ ở  $20^{\circ}\text{C}$  và 1 atm. Khi khối khí được gia nhiệt lên  $70^{\circ}\text{C}$  và nén đến thể tích 1,5 lít thì áp suất khối khí khi đó là bao nhiêu?
- 1.2 Cho 150 g  $\text{CO}_2$  có thể tích 60 lít ở áp suất 1 atm.
- Tính nhiệt độ của khối khí khi đó
  - Nếu thể tích tăng lên đến 100 lít thì áp suất khối khí là bao nhiêu?
- 1.3 Cho 15 lít khí  $\text{O}_2$  và 55 lít khí Hê-li được bơm đến thể tích 6 lít tại  $25^{\circ}\text{C}$ , 1 atm. Tính áp suất riêng phần của mỗi khí và tổng áp suất.
- 1.4 Tính thể tích khí  $\text{O}_2$  ở 1 atm,  $25^{\circ}\text{C}$ . Biết khí  $\text{O}_2$  được sinh ra từ việc phân hủy 15 g  $\text{KClO}_3$  (Kali chlorate).

## Chương 2: Định luật thứ nhất nhiệt động lực học

2.1 Một khí lý tưởng ở 300 K và có thể tích là 15 lít ở áp suất 15 atm. Tính (1) thể tích cuối của hệ, (2) công thực hiện bởi hệ, (3) nhiệt thu vào hoặc tỏa ra của hệ, (4) sự thay đổi nội năng của hệ và (5) sự thay đổi enthalpy của hệ khi khí này thực hiện

a. Sự giãn nở đẳng nhiệt thuận nghịch tới một áp suất là 10 atm.

b. Sự giãn nở đoạn nhiệt thuận nghịch ở áp suất là 10 atm.

Cho biết nhiệt dung đẳng tích của khí là  $C_v$  có giá trị là  $1.5R$

2.2 Một mol khí lý tưởng đơn nguyên tử ở trạng thái ban đầu 273 K và 1 atm, nó phụ thuộc vào 3 quá trình sau, mỗi quá trình được tiến hành một cách thuận nghịch:

a. Gấp đôi thể tích của nó ở áp suất không đổi

b. Sau đó gấp đôi áp suất của nó ở thể tích không đổi

c. Sau đó trở lại trạng thái ban đầu dọc theo đường  $P = 6,643 \times 10^4 V^2 + 0,6667$ .

Nhiệt và công ảnh hưởng như thế nào xảy ra trong suốt mỗi một trong ba quá trình.

2.3 Trạng thái ban đầu của một lượng chất khí lý tưởng đơn nguyên tử có  $P = 1$  atm,  $V = 1$  lít và  $T = 373$  K. Chất khí này là đẳng nhiệt ở thể tích là 2 lít và sau đó được làm lạnh ở áp suất không đổi tới thể tích  $V$ . Thể tích này thì được nén đoạn nhiệt tới áp suất 1 atm trở lại như hệ ở trạng thái ban đầu. Tất cả các trạng thái đều xảy ra một cách thuận nghịch. Tính giá trị của  $V$  và tổng công thực hiện bởi khí này.

2.4 Hai mol khí lý tưởng đơn nguyên tử nén lại ở áp suất là 1 atm và ở nhiệt độ 300 K. Nhiệt lượng là 34 166 J được chuyển cho chất khí do quá trình mà chất khí này được giãn nở và 1216 J công chống lại môi trường xung quanh nó. Quá trình là thuận nghịch. Hãy tính nhiệt độ sau (cuối) của khí.

2.5 Một mol khí  $N_2$  được nén ở 273 K và áp suất là 1 atm. Thêm vào hệ một nhiệt lượng là 3000 J tới khi áp suất khí là không đổi gây ra một công là 832 J trong quá trình giãn nở. Hãy tính:

a. Trạng thái cuối của khí

b. Giá trị  $\Delta U$  và  $\Delta H$  cho sự thay đổi của trạng thái

c. Giá trị  $C_v$  và  $C_p$  của khí  $N_2$

Cho biết các trạng thái của  $N_2$  là khí lý tưởng, và sự thay đổi trạng thái ở trên được tiến hành một cách thuận nghịch.

2.6 Mười mol khí lý tưởng với trạng thái ban đầu là  $P_1 = 10 \text{ atm}$ ,  $T_1 = 300\text{K}$  được giữ quanh chu kỳ dưới đây:

a. Sự thay đổi thuận nghịch của trạng thái dọc theo một đường thẳng trên giản đồ  $P$ - $V$  tới trạng thái  $P = 1 \text{ atm}$  và  $T = 300\text{K}$

b. Một quá trình nén đẳng áp thuận nghịch tới  $V = 24,6 \text{ lít}$  và

c. Một quá trình đẳng tích thuận nghịch tới  $P = 10 \text{ atm}$ .

2.7 Một mol khí lý tưởng ở  $25^\circ\text{C}$  và  $1 \text{ atm}$  xảy ra (trải qua) theo một chu kỳ được tiến hành một cách thuận nghịch dưới đây:

a. Một sự giãn nở đẳng nhiệt tới  $0,5 \text{ atm}$ , theo sau bởi

b. Một sự giãn nở đẳng áp tới  $100^\circ\text{C}$ , theo sau bởi

c. Một sự nén đẳng nhiệt tới  $1 \text{ atm}$ , theo sau bởi

d. Một sự nén đẳng áp tới  $25^\circ\text{C}$

Hệ sau đó trải qua một quá trình chu kỳ thuận nghịch sau

a. Một sự nén đẳng áp ở  $100^\circ\text{C}$ , theo sau bởi

b. Một sự giảm áp suất ở thể tích không đổi tới áp suất  $P \text{ atm}$ , theo sau bởi

c. Một sự nén đẳng áp ở  $P \text{ atm}$  tới  $24,5 \text{ lít}$ , theo sau bởi

d. Một sự tăng áp suất ở thể tích không đổi tới  $1 \text{ atm}$ .

Hãy tính giá trị của  $P$  – cái mà thực hiện công lên chất khí trong chu kỳ thứ nhất cân bằng với công thực hiện trong chu kỳ thứ hai.

2.8 Hai mol khí lý tưởng ở trạng thái ban đầu  $P = 10 \text{ atm}$ ,  $V = 5 \text{ lít}$  của một quá trình thuận nghịch theo chiều kim đồng hồ quanh một đường tròn cho bởi  $(V-10)^2(P-10)^2 = 25$ . Tính lượng công thực hiện bởi chất khí này và nhiệt độ cực đại, cực tiểu đạt được trong chu kỳ.

### Bài tập thêm

2.9 Tính nhiệt lượng cần cung cấp để làm nóng chảy  $90 \text{ g}$  nước đá ở  $0^\circ\text{C}$  và sau đó nâng nhiệt độ lên  $25^\circ\text{C}$

2.10 Tính nhiệt độ đạt được khi đốt khí CO với một lượng không khí vừa đủ từ nhiệt độ ban đầu là 25°C. Cho biết nhiệt cháy của CO là -67636 cal/mol và nhiệt dung trong khoảng khảo sát là:

$$C_p(\text{CO}_2) = 10,55 + 2,16 \cdot 10^{-3}T - 2,04 \cdot 10^{-5}T^2$$

$$C_p(\text{N}_2) = 6,66 + 1,02 \cdot 10^{-3}T \text{ (cal.mol}^{-1}\text{K}^{-1}\text{)}$$

Xem không khí gồm 79% mol là N<sub>2</sub>, 21% là Oxy và bỏ qua sự phân ly của khí cacbonic.

2.11 Một khí nổ chứa trong một xi lanh có piston nặng 5 kg. Sau tiếng nổ piston nâng lên 1,2 m và nhiệt phát ra là 80 cal. Tính biến thiên nội năng của khí.

### Chương 3: Định luật thứ hai nhiệt động lực học

3.1 Trạng thái ban đầu của một mol khí lý tưởng đơn nguyên tử là  $P = 10 \text{ atm}$  và  $T = 300\text{K}$ .

Tính độ biến thiên entropy của khí cho:

- Một quá trình đẳng nhiệt giảm áp suất tới  $5 \text{ atm}$ ,
- Một sự nở đoạn nhiệt thuận nghịch tới áp suất  $5 \text{ atm}$ ,
- Thể tích không đổi giảm tới áp suất  $5 \text{ atm}$ .

3.2 Một mol khí lý tưởng đơn nguyên tử phụ thuộc theo một trình tự gồm các bước sau:

- Bắt đầu ở  $300\text{K}$  và  $10 \text{ atm}$ , khí giãn nở tự do ở mức chân không tới 3 lần thể tích của nó.
  - Khí được nâng nhiệt tiếp theo một cách thuận nghịch tới  $400 \text{ K}$  ở thể tích không đổi
  - Khí được giãn nở một cách thuận nghịch ở nhiệt độ không đổi cho đến khi thể tích gấp 3 lần một lần nữa
  - Cuối cùng, chất khí được làm lạnh một cách thuận nghịch tới  $300 \text{ K}$  ở áp suất không đổi.
- Hãy tính giá trị của  $q$  và  $w$ , các độ biến thiên của  $U$ ,  $H$  và  $S$ .

3.3 Một mol khí lý tưởng đơn nguyên tử chịu một sự giãn nở thuận nghịch ở áp suất không đổi trong suốt quá trình mà entropy của chất khí tăng tại  $14,41 \text{ J/K}$  và chất khí hấp thụ  $6236 \text{ J}$  nhiệt lượng. Tính nhiệt độ của khí ở trạng thái ban đầu và trạng thái cuối. Một mol khí lý tưởng đơn nguyên tử thứ hai thực hiện một quá trình giãn nở đẳng nhiệt thuận nghịch trong suốt quá trình mà nó có thể tích gấp đôi, còn công thực hiện là  $1729 \text{ J}$  và tăng entropy của nó lên tới  $5,763 \text{ J/K}$ . Tính nhiệt độ cho quá trình giãn nở mà đã được thực hiện.

3.4 Tính sự biến thiên enthalpy và entropy khi  $1 \text{ mol SiC}$  nhận nhiệt lượng từ  $25^\circ\text{C}$  đến  $1000^\circ\text{C}$ . Nhiệt dung mol đẳng áp của SiC theo nhiệt độ được cho bởi:

$$c_p = 50.79 + 1.97 \times 10^{-3}T - 4.92 \times 10^6 T^{-2} + 8.20 \times 10^8 T^{-3} \text{ J/mole}\cdot\text{K}$$

3.5 Một mol Đồng ở nhiệt độ đồng nhất  $0^\circ\text{C}$  được đặt trong môi trường nhiệt tiếp xúc với một mol Đồng thứ hai mà nó ở trạng thái ban đầu ở nhiệt độ đồng nhất là  $100^\circ\text{C}$ . Tính nhiệt độ của hệ  $2 \text{ mol}$ , biết hệ này được chứa trong một hàng rào đoạn nhiệt khi mà sự cân bằng nhiệt đạt được. Tại sao nhiệt độ đồng nhất phổ biến không phải là ở  $50^\circ\text{C}$ ? Nhiệt lượng

được chuyển là bao nhiêu và bao nhiêu entropy được sinh ra bằng sự chuyển đổi này? Cho biết nhiệt dung mol đẳng áp của Đồng ở trạng thái rắn theo nhiệt độ là:

$$c_p = 22.64 + 6.28 \times 10^{-3} T \text{ J/mole} \cdot \text{K}$$

3.6 Một động cơ nhiệt thuận nghịch hoạt động trong một chu kỳ, rút nhiệt từ từ một bể chứa có nhiệt độ cao (do đó nhiệt độ của bể chứa này bị làm giảm), thực hiện một công  $w$  and nhiệt bị loại bỏ vào trong một cái bể chứa nhiệt độ thấp (do đó nhiệt độ của bể chứa này sẽ tăng). Hai bể chứa này ban đầu có nhiệt độ và hằng số nhiệt dung lần lượt là  $T_1$ ,  $T_2$  và  $C_1$ ,  $C_2$ . Tính nhiệt độ sau của hệ và lượng công cực đại mà có thể thu được từ động cơ này.

## Chương 4: Sự giải thích thống kê của Entropy

### Chương 5: Các hàm trạng thái

1. Tính biến thiên entropy của quá trình trộn 100 g nước ở 60°C với 200 g nước ở 30°C, biết nhiệt dung riêng trung bình của nước (ở dạng lỏng) là 1 cal/g.K
2. Tính biến thiên entropy của quá trình đông đặc benzene dưới áp suất 1 atm trong các trường hợp sau:

- a. Quá trình đông đặc thuận nghịch ở 5°C với nhiệt đông đặc là -2370 cal/mol
- b. Quá trình đông đặc bất thuận nghịch ở -5°C

Biết nhiệt dung của benzene lỏng và benzene rắn lần lượt là 30,3 và 29,3 cal/mol.K

3. Tính entropy tuyệt đối của 1 mol hơi nước ở nhiệt độ 120°C và áp suất 1 atm. Biết rằng nhiệt hóa hơi của nước ở 100°C là 9720 cal/mol, nhiệt dung mol của nước ở 100°C là 9720 cal/mol, nhiệt dung mol của nước lỏng và hơi nước lần lượt là:

$$C_P^L = 18 \frac{\text{cal}}{\text{mol}} \cdot K$$

$$C_P^K = 7,2 + 2,7 \cdot 10^{-3} \frac{\text{cal}}{\text{mol}} \cdot K$$

4. Tính biến đổi entropy của hệ thống khi có một lượng nhiệt 100 cal được chuyển vào hệ một cách thuận nghịch và đẳng nhiệt
  - a. Ở 0°C
  - b. 100°C
  - c. 200°C

Hãy kết luận.

5. Tính độ thay đổi entropy khi 50 g nước nóng ở 80°C được đổ vào 100 g nước lạnh ở 10°C trong một bình cô lập với môi trường bên ngoài.
6. Một hộp cứng được chia thành 2 ngăn có thể tích bằng nhau bằng một vách ngăn. Một ngăn gồm 1 mol khí lý tưởng A ở 1 atm và ngăn còn lại chứa khí lý tưởng B ở 1 atm. Tính độ tăng entropy xảy ra khi vách ngăn giữa 2 ngăn được loại bỏ. Nếu ngăn thứ nhất chứa 2 mol khí lý tưởng A, cái gì sẽ làm tăng entropy khi vách ngăn

được loại bỏ? Tính độ tăng entropy hiệu chuẩn trong hai trường hợp trên nếu cả 2 ngăn đều chứa khí lý tưởng A.

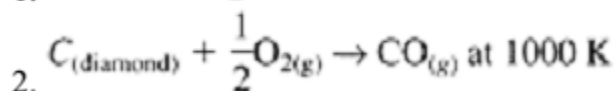
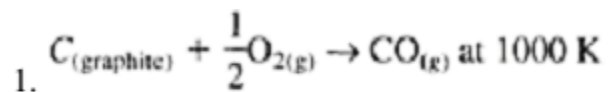
7. Giả sử rằng hợp kim Ag-Au là hỗn hợp ngẫu nhiên của các nguyên tử Au và Ag. Tính độ tăng entropy khi 10 g Au được trộn với 20 g Ag để tạo thành một hợp kim dị thể. Cho biết khối lượng nguyên tử của Au và Ag lần lượt là 198 g và 107,9 g.
8. Một hợp kim Cu-Ni được trộn ngẫu nhiên các nguyên tử Cu và Ni. Hãy tính khối lượng của Cu khi trộn với 100 g Ni để gây ra sự tăng entropy là 15 J/K. Cho biết khối lượng nguyên tử của Cu và Ni lần lượt là 63,55 g và 58,69 g.



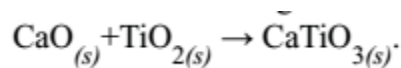
## Chương 6: Nhiệt dung, Enthalpy, Entropy và định luật thứ ba Nhiệt động lực học

6.1 Tính  $\Delta H_{1600}$  and  $\Delta S_{1600}$  for the reaction  $\text{Zr}_{(\beta)} + \text{O}_2 = \text{ZrO}_{2(\beta)}$ .

6.2 Trong hai phản ứng dưới đây, phản ứng nào tỏa nhiệt nhiều hơn

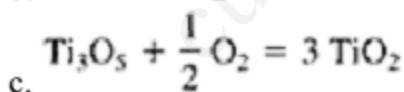
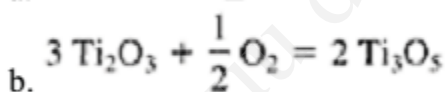
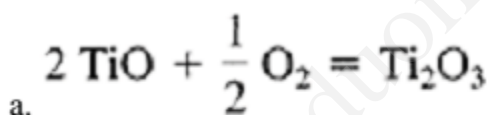


6.3 Tính độ thay đổi enthalpy và thay đổi entropy ở 100°C cho phản ứng dưới đây



6.4 Đồng tồn tại ở trạng thái 298 K, 1 atm. Tính nhiệt độ của Đồng để nó tăng lên ở áp suất 1 atm để gây ra một sự tăng tương tự trong molar enthalpy (enthalpy cho 1 mol) mà sự tăng enthalpy mol này được gây ra là bởi sự tăng áp suất của nó lên đến 1000 atm ở 298 K. Thể tích mol của Cu ở 298 K là  $7,09 \text{ cm}^3$  và độ nở nhiệt của nó là  $0,493 \times 10^{-3} \text{ K}^{-1}$ . Các giá trị này có thể thu được như là không phụ thuộc vào áp suất trong khoảng 1 – 1000 atm.

6.5 Tính  $\Delta H_{298}$  và  $\Delta S_{298}$  cho các phản ứng sau:

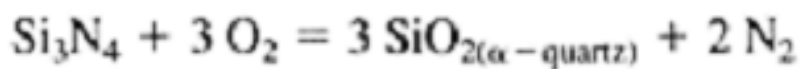


6.6 Một bình đoạn nhiệt gồm 1000 g Nhôm lỏng ở 700°C. Tính khối lượng của  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  ở nhiệt độ phòng khi được thêm Nhôm lỏng (với cái mà nó phản ứng để hình thành Cr và  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) tăng nhiệt độ của sự trộn lẫn giữa  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  và Cr tới 1600 K.

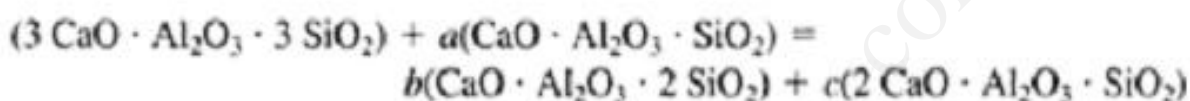
6.7 Tính nhiệt độ ngọn lửa đoạn nhiệt đạt được khi methane ở 298 K bị đốt cháy với (a) với khí oxy với tỉ lệ mol  $\text{O}_2/\text{CH}_4 = 2$ , (b) với không khí ở tỉ lệ mol không khí/ $\text{CH}_4 = 9,524$ . Giả thuyết rằng  $\text{CO}_2$  và  $\text{H}_2\text{O}$  là các sản phẩm của việc đốt cháy này. Nhiệt độ ngọn lửa

đoạn nhiệt là nhiệt độ mà đạt được nếu tất cả nhiệt lượng của phản ứng oxi hóa được sử dụng để tăng nhiệt độ các sản phẩm của phản ứng. Biết không khí gồm 21% mol  $O_2$  và 79% mol  $N_2$ .

6.8 Tính giá trị  $\Delta G$  cho phản ứng dưới đây ở 800 K. Tính phần trăm sai số xảy ra nếu giả thuyết rằng  $\Delta C_p = 0$ .



6.9 Xác định hệ số cân bằng và tính  $\Delta H_{298}$ ,  $\Delta S_{298}$  và  $\Delta G_{298}$  cho phản ứng dưới đây



6.10 Tính nhiệt lượng cần thiết để làm tăng nhiệt độ của một kg chất khoáng  $2MgO \cdot Al_2O_3 \cdot 5 SiO_2$  từ 298 K tới nhiệt độ nóng chảy của nó ở 1773 K.

## Chương 7: Sự cân bằng pha trong hệ một thành phần (một cấu tử)

7.2 Tính áp suất xấp xỉ cần thiết để chưng cất thủy ngân ở 100°C

7.3 Một mol hơi  $\text{SiCl}_4$  ở áp suất 1 atm và 350K đặt trong một thùng cứng với một thể tích cố định. Nhiệt độ của thùng và các nồng độ của nó được làm lạnh tới 280 K. Ở nhiệt độ là bao nhiêu thì hơi  $\text{SiCl}_4$  bắt đầu ngưng tụ và phần trăm hơi ngưng tụ ở 280 K?

7.4 Áp suất hơi của Kẽm được cho bởi:

$$\ln p \text{ (atm)} = -\frac{15,780}{T} - 0.755 \ln T + 19.25 \quad (\text{i})$$

Và

$$\ln p \text{ (atm)} = -\frac{15,250}{T} - 1.255 \ln T + 21.79 \quad (\text{ii})$$

Hãy cho biết phương trình nào thể hiện cho kẽm ở trạng thái rắn.

7.5 Ở nhiệt độ sôi thông thường của Sắt ( $T_b = 3330 \text{ K}$ ), tốc độ của sự thay đổi áp suất hơi của sắt lỏng với nhiệt độ là  $3,72 \cdot 10^{-3} \text{ atm/K}$ . Tính nhiệt ẩn mol cho sự sôi của sắt ở 3330 K.

7.6 Điểm ba bên dưới ( $-56,2^\circ\text{C}$ ) cho áp suất hơi của  $\text{CO}_2$  rắn được cho bởi:

$$\ln p \text{ (atm)} = -\frac{3116}{T} + 16.01$$

Nhiệt ẩn mol cho sự nóng chảy của  $\text{CO}_2$  là 8330 J. Tính áp suất hơi được dùng cho  $\text{CO}_2$  lỏng ở  $25^\circ\text{C}$  và giải thích tại sao  $\text{CO}_2$  rắn còn gọi là “đá khô”.

7.7 Các thể tích mol của Chì ở trạng thái rắn và lỏng ở nhiệt độ nóng chảy thông thường của Chì lần lượt là 18,92 và 19,47  $\text{cm}^3$ . Tính áp suất phải áp vào Chì để tăng nhiệt độ nóng chảy của nó tăng lên  $20^\circ\text{C}$ .