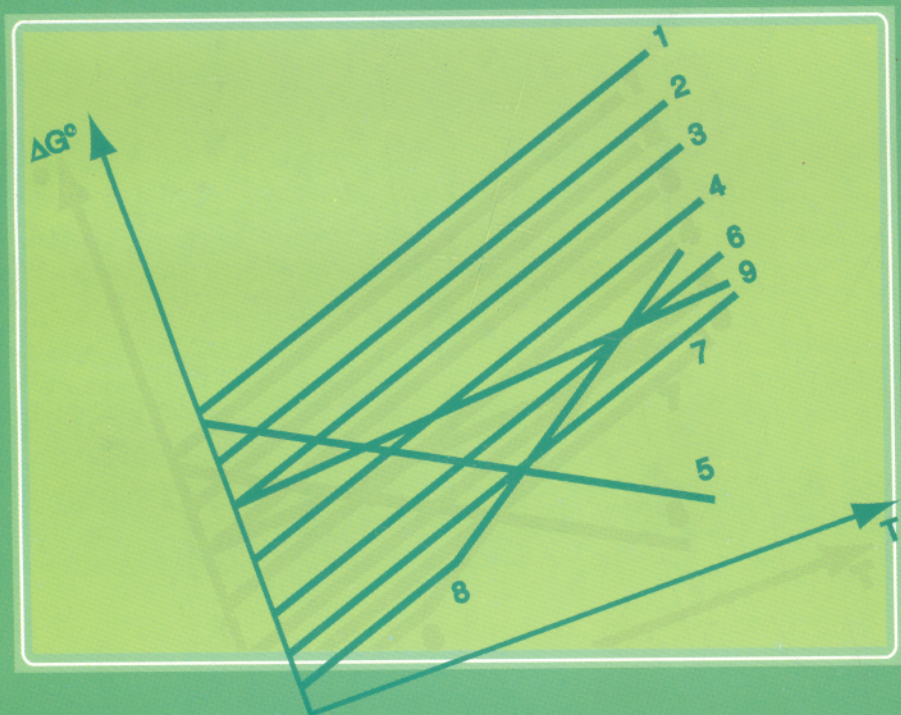


VŨ ĐĂNG ĐỘ (Chủ biên)  
TRỊNH NGỌC CHÂU - NGUYỄN VĂN NỘI

# BÀI TẬP CƠ SỞ LÝ THUYẾT CÁC QUÁ TRÌNH HÓA HỌC



NHÀ XUẤT BẢN GIÁO DỤC

VŨ ĐĂNG ĐỘ (Chủ biên)  
TRỊNH NGỌC CHÂU - NGUYỄN VĂN NỘI

---

**BÀI TẬP**  
**CƠ SỞ LÝ THUYẾT**  
**CÁC QUÁ TRÌNH HOÁ HỌC**

*(Tái bản lần thứ ba)*

**NHÀ XUẤT BẢN GIÁO DỤC**

Bản quyền thuộc HEVOBCO – Nhà xuất bản Giáo dục.

---

11 – 2007/CXB/289 – 2119/GD.

Mã số : 7K545T7 – DAI

## LỜI NÓI ĐẦU

Đáp ứng yêu cầu của sinh viên và đồng đạo bạn dùng sách **Cơ sở lí thuyết các quá trình hoá học** (xuất bản năm 1994, tái bản lần thứ ba năm 2002) chúng tôi viết cuốn **Bài tập cơ sở lí thuyết các quá trình hoá học**.

Trong cuốn sách này có tất cả các bài tập đã cho trong giáo trình lí thuyết, ngoài ra chúng tôi còn bổ sung thêm một số bài tập mới với mức độ phức tạp khác nhau.

Cuốn sách gồm hai phần : Phần một : *Câu hỏi và bài tập* ; Phần hai : *Đáp số và lời giải*. Trong phần hai chúng tôi cho tất cả các bài giải mẫu. Đối với những bài có cách giải tương tự như các bài đã giải chúng tôi chỉ cho đáp số.

Lời giải cho các chương 1, 2, 3 do TS. Nguyễn Văn Nội viết, còn lời giải cho các chương 4, 5, 6 do TS. Trịnh Ngọc Châu viết.

Việc tách riêng hai phần *Bài tập* và *Lời giải* có chủ đích để sinh viên tự mình tìm cách giải trước khi xem lời giải, thúc đẩy sinh viên chủ động trong học tập, không tiếp xúc sớm với lời giải có sẵn.

Chúng tôi rất mong nhận được nhiều ý kiến đóng góp, phê bình của các đồng nghiệp, sinh viên và các bạn dùng sách.

**CÁC TÁC GIẢ**



# **PHẦN MỘT. CÂU HỎI VÀ BÀI TẬP**

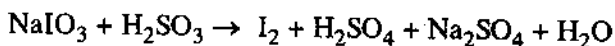
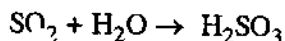
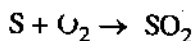
---

## ***Chương 1.***

### **MỘT SỐ VẤN ĐỀ CƠ SỞ CỦA HOÁ HỌC**

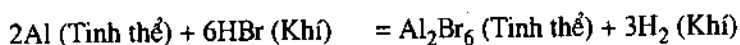
1. 6,20g một hợp chất được đốt cháy trong dòng khí clo, sản phẩm thu được gồm: 21,9g HCl; 30,8g  $\text{CCl}_4$ ; 10,3g  $\text{SCl}_2$ . Biết rằng hợp chất chỉ chứa C, H, S. Xác định công thức đơn giản nhất của hợp chất đó.
2. Khi đun nóng 0,435g  $\text{MnO}_2$  người ta thấy có oxi thoát ra và tạo thành 0,382g một oxit mới. Xác định công thức của oxit này. Viết phương trình của phản ứng đã xảy ra.
3. 1,00 g oxit uran tác dụng với flo tạo thành 1,254g  $\text{UF}_6$  và giải phóng ra oxi. Xác định công thức phân tử của oxit và viết phương trình của phản ứng đã xảy ra.
4. 0,222g florua của nguyên tố đất hiếm X phản ứng với oxi tạo thành 0,189g  $\text{X}_2\text{O}_3$ . Xác định khối lượng nguyên tử của X. Đó là nguyên tử của nguyên tố nào ?

5. Xác định công thức phân tử của một hidrocabon khí, biết rằng để đốt 1 thể tích khí này phải dùng đến 5 thể tích khí oxi, và khi đốt một thể tích khí này bằng clo (sản phẩm là cacbon và HCl) thì phải dùng 4 thể tích khí clo. Các thể tích được đo ở cùng nhiệt độ và áp suất.
6. Cho 4,2g sắt vào 60ml dung dịch HCl 9,5M. Xác định thể tích của khí thoát ra ở 30°C nếu áp suất lúc đó là 106 657,9 Pa.
7. Một chất khí không chứa oxi được đốt bằng oxi. Khi đó tạo thành 2,2g CO<sub>2</sub> ; 2,25g H<sub>2</sub>O và 1,26l NO<sub>2</sub>. Thể tích khí được đo ở 25°C và 97 992 Pa. Xác định công thức đơn giản nhất của chất khí đó.
8. Một hỗn hợp gồm 100g nguyên tố X (khối lượng nguyên tử 60) và 100g nguyên tố Y (khối lượng nguyên tử 90) được đun nóng cho đến khi tạo thành hợp chất XY<sub>2</sub> và một trong hai nguyên tố đã phản ứng hoàn toàn. Tính lượng XY<sub>2</sub> được tạo thành và khối lượng nguyên tố còn lại trong phản ứng.
9. Trong quá trình luyện kim để điều chế kẽm, quặng kẽm sunfua ZnS được nung trong không khí để chuyển thành kẽm oxit ZnO, sau đó người ta khử ZnO bằng than cốc để thu kẽm kim loại. Tính lượng kẽm có độ tinh khiết 99,5% thu được từ 1 tấn quặng chứa 75,0 % ZnS.
10. Để điều chế iot từ natri iodat và lưu huỳnh người ta sử dụng các phản ứng sau:



Xác định lượng iot có thể thu được khi dùng 1 kg lưu huỳnh, nếu hiệu suất phản ứng là 90% .

11. Điền vào các chỗ trống trong sơ đồ các phản ứng sau:



$$2 \text{ mol} \quad + ? \quad = \quad ? \quad + \quad ?$$

$$2.27\text{g} \quad + ? \quad = \quad ? \quad + \quad ?$$

$$54 \text{ đơn vị nguyên tử} + ? \quad = \quad ? \quad + \quad ?$$

$$2.6,023.10^{23} \text{ nguyên tử} + ? \quad = \quad ? \quad + \quad ?$$

12. Một nhà hoá học đã xác định khối lượng phân tử và thành phần của 4 hợp chất khí bậc hai của nguyên tố X. Ông đã ghi các dữ kiện phân tích vào các tờ giấy riêng, nhưng do sơ suất không ghi rõ tờ nào thuộc hợp chất nào. Các khối lượng phân tử xác định được là 20, 54, 68 và 71. Các dữ kiện phân tích là 29,6% O, 19,6% N, 16,1% B và 5% H. Trên cơ sở các dữ kiện này hãy xác định xem X là nguyên tố nào ?

13. Nhiệt đốt cháy của  $\text{CH}_4$  và  $\text{C}_2\text{H}_6$  tương ứng bằng 890,35 kJ/mol và 1559,88 kJ/mol. Trong kĩ thuật phẩm chất của một nhiên liệu được đánh giá bằng lượng nhiệt giải phóng bởi 1 đơn vị khối lượng hỗn hợp cháy. Như vậy, chất nào sẽ là nhiên liệu tốt hơn khi :

a) Oxi được lấy từ môi trường bên ngoài ;

b) Oxi được dự trữ cùng chất cháy (ví dụ trong tên lửa) ?

14. Điền các số liệu vào chỗ trống : 1,12l  $\text{CH}_4$  cháy trong ... l oxi, tạo thành ... g cacbonđioxit. Trong 1,12l  $\text{CH}_4$  chứa ... mol  $\text{CH}_4$ , và từ đó có thể thu được ... nguyên tử cacbon. Các thể tích đo ở điều kiện tiêu chuẩn.

15. a) Ở nhiệt độ và áp suất như nhau 2g hidro hay 14g nitơ có thể tích lớn hơn ?
- b) Ở cùng áp suất và cùng thể tích 4g oxi hay 4g  $\text{CO}_2$  có nhiệt độ cao hơn ?
- c) Người ta cho một thể tích xác định khí oxi đi qua rượu, sau đó đo thể tích ở nhiệt độ và áp suất không đổi. Thể tích đo được sẽ lớn hơn, bằng hay bé hơn thể tích oxi ban đầu ? Tại sao ?
16. Sự thay đổi áp suất khí quyển theo độ cao được biểu diễn theo công thức :

$$\ln \frac{P}{P_0} = \frac{-gMh}{RT}$$

Với  $P_0$  – áp suất khí quyển trên mặt đất ( $h = 0$ )

$P$  – áp suất ở độ cao  $h$

$g$  – gia tốc trọng trường

$M$  – khối lượng phân tử trung bình của không khí ( $M = 29$ )

$R$  – Hằng số khí

$T$  – Nhiệt độ tuyệt đối

Tính áp suất khí quyển ở 300K, ở độ cao 6000 m.

17. Một hợp chất khí chứa cacbon, hidro và clo. Người ta đo sự thay đổi khối lượng riêng của nó theo áp suất ở  $27^\circ\text{C}$  và thu được kết quả sau :

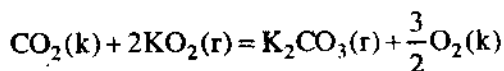
|                            |        |        |        |
|----------------------------|--------|--------|--------|
| Áp suất $P$ (atm)          | 1,0    | 0,5    | 0,25   |
| Khối lượng riêng $d$ (g/l) | 2,1043 | 1,0382 | 0,5154 |

Xác định khối lượng phân tử và công thức phân tử của hợp chất khí.

18. Từ các dữ kiện sau hãy xác định khối lượng nguyên tử của các nguyên tố khi biết khối lượng nguyên tử H bằng 1. Khối lượng riêng được đo ở  $T = 273K$ .

|    | Khí     | P, atm  | d, g/l  |
|----|---------|---------|---------|
| a) | $H_xBr$ | 1,000   | 3,6444  |
|    |         | 0,6667  | 2,4200  |
|    |         | 0,3333  | 1,2074  |
| b) | $CH_x$  | 0,2500  | 0,1893  |
|    |         | 0,5000  | 0,35808 |
|    |         | 0,7500  | 0,53745 |
|    |         | 1,0000  | 0,71707 |
| c) | $N_x$   | P, mmHg | d, g/l  |
|    |         | 253,3   | 0,41667 |
|    |         | 506,7   | 0,83348 |
|    |         | 760,0   | 1,25036 |

19. Trung bình một ngày một người sử dụng 17kg không khí để thở. Không khí dùng để thở có chứa 1%  $CO_2$ . Giả sử trong hệ thống khôi phục không khí của một tàu vũ trụ người ta dùng phản ứng :



Tính lượng  $KO_2$  phải mang trên tàu cho một chuyến bay 10 ngày.

20. Xác định đương lượng của kim loại và của lưu huỳnh nếu 3,24g kim loại tạo thành 3,48g oxit và 3,72g sunfua. Biết đương lượng của oxi bằng 8.
21. Asen tạo thành hai oxit, trong đó một oxit chứa 65,2% As, oxit thứ hai chứa 75% As. Biết đương lượng của oxi bằng 8. Xác định đương lượng của asen trong các oxit.
22. Một loại khí tự nhiên chứa: 84%  $\text{CH}_4$ , 10%  $\text{C}_2\text{H}_6$ , 3%  $\text{C}_3\text{H}_8$  và 3%  $\text{N}_2$  (tính theo thể tích). Nếu sử dụng các phản ứng chuyển hoá có xúc tác thì có thể chuyển toàn bộ lượng cacbon trong đó thành butadien với hiệu suất 100%. Hãy xác định lượng butadien thu được từ 100g khí tự nhiên nói trên.
23. Một bình có thể tích 15 lít chứa 5,65g  $\text{N}_2$  được nối với một bình có thể tích 6 lít chứa 5,00g  $\text{O}_2$ . Sau đó van nối hai bình được mở để các khí được trộn lẫn vào nhau. Hãy xác định áp suất riêng của mỗi một khí và áp suất tổng cộng ở  $27^\circ\text{C}$ .
24. Sau khi cho 11,2g cacbon phản ứng hết với lượng oxi có thể tích 21,2l ở  $18^\circ\text{C}$  và 0,987 atm để tạo thành hỗn hợp CO và  $\text{CO}_2$ . Người ta dẫn các khí tạo thành vào một bình chứa 3 lít dung dịch NaOH 2,50M. Hãy xác định lượng NaOH không được chuyển hoá thành  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  và nồng độ dung dịch NaOH sau phản ứng.
- Chú ý : Khí CO không phản ứng với NaOH ở các điều kiện nêu trên.
25. Người ta đưa 0,750g axit benzoic (rắn) vào một bình dung tích 0,500 lít chứa oxi ở áp suất 10 atm và nhiệt độ  $25^\circ\text{C}$ . Do có dư oxi mà axit benzoic được đốt cháy hoàn toàn thành  $\text{CO}_2$  và nước.

Hãy xác định nồng độ phần mol của  $\text{CO}_2$  và hơi nước trong hỗn hợp khí tạo thành sau khi để nguội đến nhiệt độ ban đầu là  $25^\circ\text{C}$ .

Cho biết : + Áp suất hơi nước ở  $25^\circ\text{C}$  là 3173 Pa.

+ Bỏ qua thể tích chiếm chỗ bởi các chất không phải là chất khí và độ tan của  $\text{CO}_2$  trong nước.

26. Một hệ thống thiết bị phản ứng gồm hai bình ghép nối tiếp. Bình 1 có thể tích 2,125 lít chứa  $\text{SO}_2$  ở áp suất 0,750 atm, bình 2 có thể tích 1,500 lít chứa  $\text{O}_2$  ở áp suất 0,500 atm. Cả hai khí đều ở nhiệt độ  $80^\circ\text{C}$ . Tiếp đó người ta mở khoá để thông 2 bình với nhau.

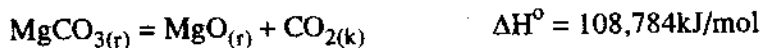
- Xác định nồng độ phần mol của  $\text{SO}_2$  trong hỗn hợp, áp suất tổng và áp suất riêng của các khí trong hỗn hợp khi giả thiết rằng chưa xảy ra phản ứng giữa  $\text{SO}_2$  và  $\text{O}_2$ .
- Dẫn hỗn hợp khí vào xúc tác để xảy ra phản ứng tạo thành  $\text{SO}_3$ , sau đó hỗn hợp phản ứng được dẫn quay trở lại hệ thống hai bình nối trên. Hãy xác định nồng độ phần mol của các khí trong hỗn hợp và áp suất tổng nếu phản ứng giữa  $\text{SO}_2$  và  $\text{O}_2$  được xem là hoàn toàn.



## *Chương 2.*

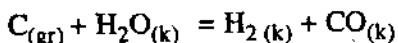
# **CHIỀU HƯỚNG VÀ MỨC ĐỘ DIỄN BIẾN CỦA CÁC QUÁ TRÌNH HOÁ HỌC. CƠ SỞ CỦA NHIỆT ĐỘNG HỌC HOÁ HỌC.**

1. 3g cacbon được đốt cháy thành  $\text{CO}_2$  trong một nhiệt lượng kế bằng đồng. Khối lượng của nhiệt lượng kế là 1500g và khối lượng nước trong nhiệt lượng kế là 2000g. Nhiệt độ ban đầu là  $20^\circ\text{C}$ , còn nhiệt độ cuối cùng là  $31,3^\circ\text{C}$ . Tính nhiệt của cacbon (bằng J/g), biết nhiệt dung riêng của đồng là  $0,389\text{J/g.K}$ , của nước là  $4,184\text{J/g.K}$ .
2. Một nồi hơi bằng thép có khối lượng là 900kg. Nồi hơi chứa 400kg nước. Giả sử hiệu suất sử dụng nhiệt của nồi hơi là 70%. Cần bao nhiêu nhiệt lượng để nâng nhiệt độ của nồi hơi từ  $10^\circ\text{C}$  lên  $100^\circ\text{C}$  nếu nhiệt dung của thép là  $0,46\text{ kJ/kg.K}$  ?
3. Đối với phản ứng :

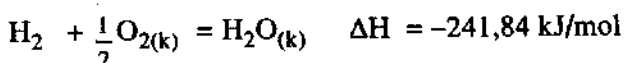
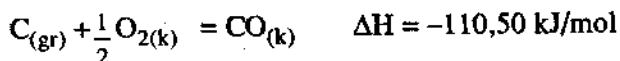


Thể tích mol của  $\text{MgCO}_3$  là 0,028l và của  $\text{MgO}$  là 0,011l. Hãy xác định  $\Delta U$  của phản ứng.

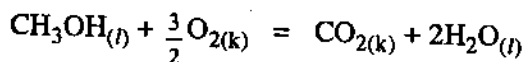
4. Tính  $\Delta H$  của phản ứng :



Từ các phản ứng sau :



5. Khi trung hoà 1 mol axit mạnh bằng bazơ mạnh trong dung dịch loãng,  $\Delta H = -57,32 \text{ kJ}$ . Entanpi tạo thành nước lỏng là  $-285,81 \text{ kJ/mol}$ , entanpi tạo thành  $\text{H}^+_{aq}$  bằng  $0,00 \text{ kJ/mol}$ . Xác định entanpi tạo thành  $\text{OH}^-_{aq}$ .
6. Khi 1 mol nước hoá hơi ở điểm sôi, ở áp suất cố định là 101325 Pa, nó hấp thụ một lượng nhiệt là 40,58 kJ. Sự thay đổi thể tích khi chuyển từ thể lỏng sang thể hơi sinh ra một công.
- a) Nếu thể tích mol của nước lỏng là 0,019l ở 373K và nếu hơi nước là một khí lí tưởng thì công sinh ra là bao nhiêu ?
- b) Tính  $\Delta U$  và  $\Delta H$  của quá trình chuyển hoá này.
7. a) Khi 1 mol rượu metylic cháy ở 298K và ở thể tích cố định theo phản ứng :

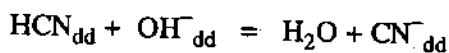


giải phóng ra một lượng nhiệt là 726,55kJ. Tính  $\Delta H$  của phản ứng.

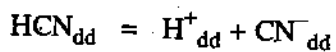
b) Biết sinh nhiệt tiêu chuẩn của  $\text{H}_2\text{O}_{(l)}$  và  $\text{CO}_{2(k)}$  tương ứng bằng -285,85 kJ/mol và -393,51 kJ/mol. Tính sinh nhiệt tiêu chuẩn của  $\text{CH}_3\text{OH}_{(l)}$ .

c) Nhiệt bay hơi của  $\text{CH}_3\text{OH}_{(l)}$  là 34,89 kJ/mol. Tính sinh nhiệt tiêu chuẩn của  $\text{CH}_3\text{OH}_{(k)}$ .

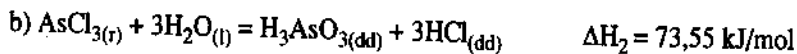
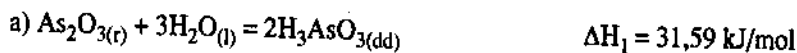
8. Khi trung hoà 1 mol HCN bằng kiềm mạnh theo phản ứng :

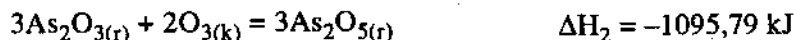
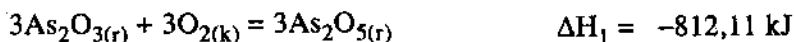


người ta thấy giải phóng 12,13 kJ nhiệt. Tính  $\Delta H$  của phản ứng điện li HCN : \*



9. Tính sinh nhiệt chuẩn của  $\text{As}_2\text{O}_3$  oxit tinh thể, cho biết :





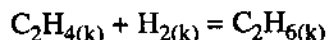
Biết năng lượng phân li của oxi là 493,71 kJ/mol, năng lượng của liên kết O-O là 138,07 kJ/mol. Chứng minh rằng phân tử ozon không thể cấu tạo vòng mà phải có cấu tạo hình chữ V.

11. Cho :

- Nhiệt phân li của hiđro là 435,14 kJ/mol
- Nhiệt phân li của oxi là 493,71 kJ/mol
- Sinh nhiệt của nước lỏng là -285,77 kJ/mol
- Nhiệt bay hơi của nước là 43,93 kJ/mol

Xác định năng lượng liên kết O-H trong phân tử nước.

12. Tính hiệu ứng nhiệt của phản ứng :



Cho biết:

$$E(\text{H-H}) = 435,14 \text{ kJ/mol}$$

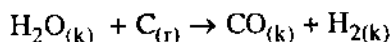
$$E(\text{C=C}) = 615,05 \text{ kJ/mol}$$

$$E(\text{C-C}) = 347,27 \text{ kJ/mol}$$

$$E(\text{C-H}) = 414,22 \text{ kJ/mol}$$

13. Tính năng lượng mạng lưới tinh thể của  $\text{BaCl}_2$ , từ hai loại dữ kiện sau:

- a) – Sinh nhiệt của  $\text{BaCl}_2$  tinh thể :  $-860,23\text{kJ/mol}$   
 – Nhiệt phân li của clo :  $238,49\text{kJ/mol}$   
 – Nhiệt thăng hoa của Ba kim loại :  $192,46\text{kJ/mol}$   
 – Thế ion hoá thứ nhất của Ba :  $501,24\text{kJ/mol}$   
 – Thế ion hoá thứ hai của Ba :  $962,32\text{kJ/mol}$   
 – Ái lực với electron của clo :  $-357,73\text{kJ/mol}$
- b) – Nhiệt hoà tan của  $\text{BaCl}_2$  :  $-10,17\text{kJ/mol}$   
 – Nhiệt hidrat hoá của ion  $\text{Ba}^{2+}$  :  $-1343,98\text{kJ/mol}$   
 – Nhiệt hidrat hoá của ion  $\text{Cl}^-$  :  $-362,98\text{kJ/mol}$
14. Tính biến thiên entropi khi trộn 1 mol khí heli với 1 mol khí neon ở  $T = \text{const}$ , biết áp suất ban đầu của cả hai khí bằng nhau.
15.  $S_{298}^\circ$  của nước là  $69,96\text{kJ/mol.K}$ . Nhiệt dung mol đẳng áp của nước là  $75,31\text{kJ/mol.K}$ . Xác định  $S$  tuyệt đối của nước ở  $0^\circ\text{C}$ .
16. Ở  $25^\circ\text{C}$  entropi của lưu huỳnh hình thoi là  $255,1\text{J/mol.K}$ , nhiệt dung của nó là  $181\text{J/mol.K}$ .
- a) Giả sử nhiệt dung không phụ thuộc vào nhiệt độ, tính entropi của lưu huỳnh hình thoi tại nhiệt độ chuyển từ lưu huỳnh hình thoi sang lưu huỳnh đơn tà ở  $95,4^\circ\text{C}$ .
- b) Cho biết nhiệt chuyển pha của  $S_{\text{thoi}}$  sang  $S_{\text{đơn tà}}$  ở  $95,4^\circ\text{C}$  là  $3\text{kJ/mol}$ . Tính entropi tuyệt đối của  $S_{\text{đơn tà}}$  ở nhiệt độ này.
17. Đối với phản ứng :



Ở 600K  $\Delta G^\circ = 50\,961 \text{ J/mol}$

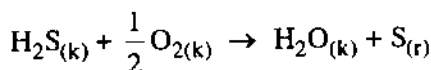
Ở 700K  $\Delta G^\circ = 34\,058 \text{ J/mol}$

Tính giá trị trung bình của biến thiên entanpi trong khoảng nhiệt độ này.

18. Cho :

|                            | $\Delta H^\circ_{298} \text{ (kJ/mol)}$ | $S^\circ_{298} \text{ (J/mol.K)}$ |
|----------------------------|-----------------------------------------|-----------------------------------|
| $\text{O}_{2(k)}$          | 0                                       | 205,058                           |
| $\text{S}_{(r)}$           | 0                                       | 31,882                            |
| $\text{H}_2\text{O}_{(k)}$ | -241,835                                | 188,824                           |
| $\text{H}_2\text{S}_{(k)}$ | -20,083                                 | 205,434                           |

Hỏi hỗn hợp oxi và  $\text{H}_2\text{S}$  ở điều kiện tiêu chuẩn có bền không nếu như giả thiết có phản ứng theo sơ đồ sau :



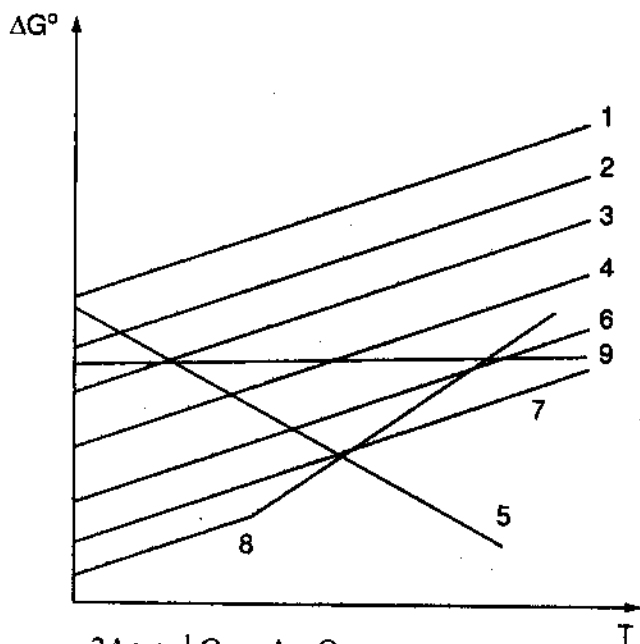
19. Ở nhiệt độ nào phản ứng :



bắt đầu xảy ra, cho biết.:

|                | $\Delta H^\circ_{298} \text{ (kJ/mol)}$ | $S^\circ_{298} \text{ (J/mol.K)}$ |
|----------------|-----------------------------------------|-----------------------------------|
| $\text{PCl}_5$ | -369,447                                | 352,7                             |
| $\text{PCl}_3$ | -279,073                                | 312,1                             |
| $\text{Cl}_2$  | 0                                       | 223,0                             |

20. Quá trình chuyển oxi thành ozon ( $3\text{O}_{2(k)} = 2\text{O}_{3(k)}$ ) là không thể thực hiện được về phương diện nhiệt động học ( $\Delta H$  dương,  $\Delta S$  âm). Hãy giải thích tại sao có thể thu được ozon từ oxi khi phóng điện hay trong các quá trình quang hoá khác.
21. Trên đồ thị sau cho sự phụ thuộc của  $\Delta G^\circ$  vào nhiệt độ của các phản ứng oxi hoá sau :

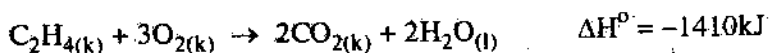


1.  $2\text{Ag} + \frac{1}{2}\text{O}_2 = \text{Ag}_2\text{O}$
2.  $\text{Cu} + \frac{1}{2}\text{O}_2 = \text{CuO}$
3.  $\text{H}_2 + \frac{1}{2}\text{O}_2 = \text{H}_2\text{O}$
4.  $\frac{2}{5}\text{V} + \frac{1}{2}\text{O}_2 = \frac{1}{5}\text{V}_2\text{O}_5$
5.  $\text{C} + \frac{1}{2}\text{O}_2 = \text{CO}$

6.  $\text{Ti} + \frac{1}{2}\text{O}_2 = \text{TiO}$
7.  $\frac{2}{3}\text{Al} + \frac{1}{2}\text{O}_2 = \frac{1}{3}\text{Al}_2\text{O}_3$
8.  $\text{Mg} + \frac{1}{2}\text{O}_2 = \text{MgO}$
9.  $\frac{1}{2}\text{C} + \frac{1}{2}\text{O}_2 = \frac{1}{2}\text{CO}_2$

Hãy xác định xem có thể dùng hidro để khử oxit của những kim loại nào thành kim loại ? Trả lời tương tự khi dùng cacbon, nhôm và magie làm chất khử.

22. Phản ứng đốt cháy etilen được biểu diễn bằng phương trình :



Xác định khối lượng nước ở 20°C có thể được chuyển thành hơi ở 100°C khi đốt 1,00m<sup>3</sup> khí etilen ở đktc. Hiệu suất của quá trình là 70%.

Cho biết : Nhiệt dung riêng của nước là : 4,184kJ/kg.K

Nhiệt hoá hơi của nước là : 2259kJ/kg.

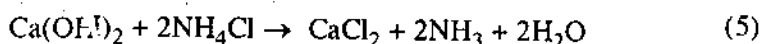
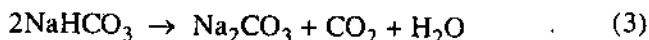
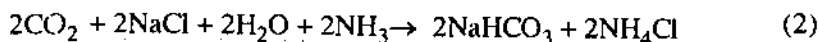
23. Cho biết nhiệt của glucozơ là -2815,8kJ/mol ở 298K. Hãy xác định entanpi tạo thành tiêu chuẩn của glucozơ.

24. Xác định biến thiên entanpi của phản ứng giữa cacbon và oxi ở 400°C để tạo thành 1,00 mol CO<sub>2</sub> ở 400°C.

Sử dụng các dữ liệu cần thiết ở phụ lục 1.

25. Quá trình Solvay để sản xuất Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> bao gồm các phản ứng sau đây :





- Xác định biến thiên entanpi cho mỗi phản ứng trên.
- Xác định biến thiên entanpi cho toàn bộ quá trình.
- Viết phương trình biểu diễn phản ứng tổng cộng.
- Xác định  $\Delta H$  của phản ứng tổng cộng, so sánh kết quả thu được với trường hợp b.

Sử dụng các dữ liệu cần thiết cho quá trình tính toán trong phụ lục 2.

- Hãy xác định biến thiên entanpi của phản ứng giữa 1,00mol  $\text{CO}_2$  và 1,00mol cacbon ở  $600^\circ\text{C}$  để tạo thành CO ở  $600^\circ\text{C}$ .

Sử dụng phụ lục 2.

- Khi đốt cháy 0,100 mol  $\text{C}_8\text{H}_{18}$  ở áp suất không đổi bằng lượng oxi vừa đủ ở  $25^\circ\text{C}$  tạo ra các sản phẩm  $\text{CO}_2$ , CO và hơi nước ở  $300^\circ\text{C}$ . Quá trình này đưa vào môi trường xung quanh một lượng nhiệt là 377,40kJ. Hãy xác định :

- Số mol  $\text{CO}_2$  và CO tạo thành.
- Công sinh ra bởi quá trình.

Cho biết sinh nhiệt tiêu chuẩn của  $\text{C}_8\text{H}_{18}$  là  $-270,29 \text{ kJ/mol}$ .

b) Công sinh ra bởi quá trình.

Cho biết sinh nhiệt tiêu chuẩn của  $C_8H_{18}$  là  $-270,29 \text{ kJ/mol}$ .

Sử dụng các dữ liệu cần thiết cho quá trình tính toán trong phụ lục 2.

28. Xác định biến thiên entanpi của phản ứng giữa 1,00 mol cacbon với nước ở  $600^\circ\text{C}$ . Nhiệt dung đẳng áp ( $\text{J/mol.K}$ ) của các chất được cho như sau :

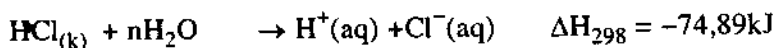
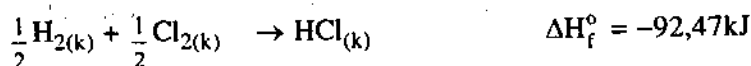
$$H_2 : C_p = 29,08 - 0,0008364 T + 2,0 \cdot 10^{-6} T^2$$

$$CO : C_p = 26,86 + 0,006966 T - 8,20 \cdot 10^{-6} T^2$$

$$H_2O : C_p = 30,359 + 9,615 \cdot 10^{-3} T + 1,18 \cdot 10^{-6} T^2$$

$$C : C_p = 8,54$$

29. Hãy xác định sinh nhiệt tiêu chuẩn của ion  $Cl^-$  từ các số liệu sau đây :



30. Tính lượng nhiệt giải phóng khi hấp thụ 1,000 mol  $HCl$  (khí) trong một lượng lớn nước. Coi như  $HCl$  bị ion hoá hoàn toàn trong dung dịch loãng.

Sử dụng các dữ liệu cần thiết cho quá trình tính toán trong phụ lục 2 và 3.

### Chương 3.

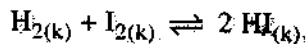
## CÂN BẰNG HOÁ HỌC

1. Người ta đun nóng một lượng  $\text{PCl}_5$  trong một bình kín thể tích 12l ở  $250^\circ\text{C}$ :



Lúc cân bằng trong bình có 0,21 mol  $\text{PCl}_5$ ; 0,32 mol  $\text{PCl}_3$ ; 0,32 mol  $\text{Cl}_2$ . Tính hằng số cân bằng  $K_c$ ,  $K_p$  và  $\Delta G^\circ$  của phản ứng.

2. Trong một bình phản ứng thể tích 10 l, 0,5 mol  $\text{H}_2$  và 0,5 mol  $\text{I}_2$  phản ứng với nhau ở  $448^\circ\text{C}$ :



Hằng số cân bằng  $K_c = 50$ . Tính :

a)  $K_p$

b) Áp suất chung trong bình ;

c) Số mol iot còn lại không phản ứng lúc cân bằng ;

d) Áp suất riêng của mỗi chất lúc cân bằng.

3. Ở  $817^{\circ}\text{C}$  hằng số cân bằng  $K_p$  của phản ứng giữa  $\text{CO}_2$  và  $\text{C}_{(r)}$  nóng đỏ, dư để tạo thành CO bằng 10. Xác định :

a) Phần mol của các khí trong hỗn hợp lúc cân bằng khi áp suất chung bằng 4 atm.

b) Áp suất riêng của  $\text{CO}_2$  lúc cân bằng.

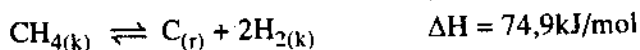
c) Áp suất chung của hỗn hợp sao cho lúc cân bằng  $\text{CO}_2$  chiếm 6% về thể tích.

4. Đối với phản ứng :



Ở  $25^{\circ}\text{C}$ ,  $K_p = 1,086 \cdot 10^{-4}$ . Áp suất hơi nước bão hoà trong không khí ở  $25^{\circ}\text{C}$  là 0,0313 atm. Hỏi ở điều kiện này  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  có phải là một muối lên hoa (muối mất nước và rã ra) không ? Có thể dùng  $\text{CuSO}_4 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$  như là một chất hút ẩm được không ?

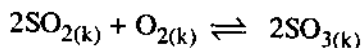
5. Cho phản ứng :



Ở  $500^{\circ}\text{C}$ ,  $K_p = 0,41$ . Tính  $K_p$  ở  $850^{\circ}\text{C}$ .

Tính độ phân hủy  $\alpha$  của  $\text{CH}_4$  và áp suất hỗn hợp khí trong một bình thể tích 50l chứa 1mol  $\text{CH}_4$  và được giữ ở  $850^{\circ}\text{C}$  cho đến khi hệ đạt đến cân bằng.

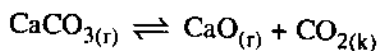
6. Cho phản ứng :



Hãy xác định bậc tự do của hệ.

Biết rằng ở 700 K, dưới áp suất  $P = 1 \text{ atm}$ , thành phần của hệ lúc cân bằng là :  $\text{SO}_2$  0,21 mol ;  $\text{SO}_3$  10,30 mol ;  $\text{O}_2$  5,37 mol và  $\text{N}_2$  84,12 mol. Xác định :

- a) Hằng số cân bằng  $K_p$  ;
  - b) Thành phần của hỗn hợp ban đầu ;
  - c) Độ chuyển hóa của  $\text{SO}_2$  ;
  - d) Độ chuyển hoá của  $\text{SO}_2$  sẽ là bao nhiêu nếu dùng  $\text{O}_2$  tinh khiết (không có  $\text{N}_2$ ), cho rằng số mol ban đầu của  $\text{SO}_2$  và  $\text{O}_2$  vẫn như số mol đã tính ở b. Áp suất chung của hệ luôn luôn bằng 1 atm.
7. Ở 820 °C hằng số cân bằng của phản ứng :



bằng 0,2. Người ta cho 0,1 mol  $\text{CaCO}_3$  vào một bình chân không thể tích 22,4 l và giữ ở 820°C. Xác định thành phần của hệ lúc cân bằng.

Nếu người ta tăng dần thể tích của bình, hãy biểu diễn sự phụ thuộc của áp suất  $P$  vào thể tích của bình.

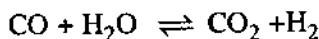
Trong một bình chân không thể tích 22,4l và giữ ở 820°C, người ta để 0,1 mol  $\text{CaO}$  sau đó thêm dần  $\text{CO}_2$  vào. Hãy biểu diễn sự phụ thuộc áp suất  $P$  của hệ vào số mol  $\text{CO}_2$  đưa vào bình.

8. Cho cân bằng :  $\text{N}_2\text{O}_4 \rightleftharpoons 2\text{NO}_2$  ở pha khí.

Trong một bình chân không thể tích 0,5 l, được duy trì ở  $45^\circ\text{C}$ , có  $3.10^{-3}$  mol  $\text{N}_2\text{O}_4$  nguyên chất. Khi cân bằng được thiết lập áp suất trong bình là 0,255 atm. Xác định độ phân hủy của  $\text{N}_2\text{O}_4$  ở nhiệt độ này và hằng số cân bằng  $K_p$ .

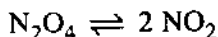
Biết biến thiên entanpi của phản ứng phân hủy  $\text{N}_2\text{O}_4$  là  $72,8\text{kJ/mol}$ . Tính  $K_p$  ở  $21^\circ\text{C}$ . Từ những kết quả trên hãy tính biến thiên entropi của phản ứng.

9. Ở  $825^\circ\text{C}$  hằng số cân bằng của phản ứng :



bằng 1. Nếu xuất phát từ một hỗn hợp đồng phân tử của CO và  $\text{H}_2\text{O}$  ở  $825^\circ\text{C}$  và ở áp suất 1 atm thì lúc cân bằng độ chuyển hoá của CO là bao nhiêu ? Nếu độ chuyển hoá của CO là 99% thì phải dùng bao nhiêu mol hơi nước cho 1 mol CO.

10. Nghiên cứu cân bằng đồng thể ở pha khí :



Ở áp suất 1 atm người ta đo tỉ khối hơi so với không khí của hỗn hợp ở các nhiệt độ khác nhau và thu được kết quả sau :

| Nhiệt độ ( $^\circ\text{C}$ ) | 45   | 60   | 80   | 100  | 120  | 140  | 180  |
|-------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|
| $d_{\text{hh/kk}}$            | 2,34 | 2,08 | 1,80 | 1,68 | 1,62 | 1,59 | 1,59 |

Nếu xuất phát từ  $N_2O_4$  nguyên chất và nếu gọi  $\alpha$  là độ phân hủy của  $N_2O_4$  hãy biểu diễn  $d = f(\alpha)$  và tính hằng số cân bằng  $K_p$  ở các nhiệt độ. Điều gì xảy ra kể từ  $140^\circ C$  trở lên ?

11. 18,4 g  $N_2O_4$  được đặt trong một bình chân không thể tích 5,9 l ở  $27^\circ C$ , áp suất lúc cân bằng là 1 atm. Cũng lượng  $N_2O_4$  ấy nhưng ở  $110^\circ C$ , áp suất cân bằng 1 atm đạt được khi thể tích là 12,14 l. Tính độ phân hủy của  $N_2O_4$  ở  $27^\circ C$  và  $110^\circ C$ . Từ đó xác định hằng số cân bằng ở hai nhiệt độ.

12. Ở  $820^\circ C$  các hằng số cân bằng của các phản ứng :



Trong một bình chân không thể tích 22,4l và được giữ ở  $820^\circ C$ , người ta cho vào 1 mol  $CaCO_3$  và 1 mol C. Xác định thành phần của hệ lúc cân bằng. Sự phân hủy  $CaCO_3$  sẽ hoàn toàn khi thể tích trong bình bằng bao nhiêu ?

13. Trong công nghiệp để điều chế hidro người ta dùng khí hơi nước được sản xuất theo phản ứng :



và để loại CO người ta dùng phản ứng đảo chuyển :



với hằng số cân bằng  $K_2 = 5$ .

Trong phản ứng (2) người ta dùng  $n$  mol hơi nước cho 1 mol CO. Giả sử  $x$  là phần mol của CO trong hỗn hợp lúc cân bằng.

Hãy thiết lập mối quan hệ giữa  $x$ ,  $n$  và  $K_2$ . Áp dụng bằng số cho trường hợp  $n = 3$ . Nếu muốn rằng khi cân bằng hỗn hợp không chứa quá một phần trăm CO thì giá trị của  $n$  phải bằng bao nhiêu?

14. Ở  $820^\circ\text{C}$  hằng số cân bằng của các phản ứng :



Trong một xilanh thể tích rất lớn đã được làm chân không ở  $820^\circ\text{C}$  người ta đưa vào 1 mol CaO, 1 mol MgO và 3 mol  $\text{CO}_2$ . Nhờ một pittông người ta nén dần dần hỗn hợp. Vẽ đường cong biểu diễn sự phụ thuộc của  $P$  vào  $V$  và xác định toạ độ của các điểm đặc biệt.

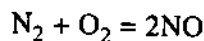
15. Khi đốt nóng hơi nước dưới áp suất 1 atm, người ta giả thiết rằng hơi nước bị phân hủy thành hidro và oxi và cả ba khí đều là lí tưởng.

Tính giá trị của hằng số cân bằng  $K_p$  ở 1500K và 2000K biết rằng phần mol của hidro lúc cân bằng tương ứng bằng  $1,92 \cdot 10^{-4}$  và  $6,00 \cdot 10^{-4}$ .

Giả thiết rằng biến thiên entanpi của phản ứng không phụ thuộc vào nhiệt độ trong khoảng từ 1500K đến 2000K, tính  $\Delta H^\circ$ .

16. Nitơ phản ứng với oxi ở pha khí theo phản ứng :





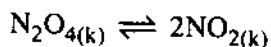
Ở  $T = 1900\text{K}$ ,  $K_p = 4 \cdot 10^{-4}$

Hiệu suất của NO được xác định bằng tỉ số giữa số mol NO được tạo thành lúc cân bằng và số mol NO có thể được tạo thành nếu phản ứng là hoàn toàn.

Tính hiệu suất đó ở  $1900\text{K}$  và dưới áp suất  $10^5 \text{ Pa}$  trong hai trường hợp sau :

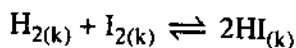
- Hỗn hợp đồng phân tử của nitơ và oxi.
- Hỗn hợp nitơ và oxi giống thành phần của không khí (1/5 oxi ; 4/5 nitơ).

17. Ở  $46^\circ\text{C}$  hằng số cân bằng  $K_p$  của phản ứng :



bằng 0,66. Hãy tính phần trăm  $\text{N}_2\text{O}_4$  bị phân li ở  $46^\circ\text{C}$  và áp suất tổng bằng 0,5 atm, áp suất riêng phần của  $\text{N}_2\text{O}_4$  và  $\text{NO}_2$  bằng bao nhiêu tại thời điểm cân bằng.

18. Khí HI được tạo thành theo phản ứng :



Khi hỗn hợp gồm 46,0 g  $\text{I}_2$  và 1,00 g  $\text{H}_2$  được đốt nóng và đạt cân bằng ở  $470^\circ\text{C}$  thì trong hỗn hợp cân bằng có chứa 1,9 g  $\text{I}_2$ .

Xác định số mol của mỗi một chất khí tại thời điểm cân bằng.

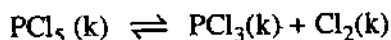
Xác định hằng số cân bằng của phản ứng.

19. Hỗn hợp gồm 1 mol  $H_2$  và 1 mol  $I_2$  được đốt nóng trong bình phản ứng có thể tích 30l đến nhiệt độ  $470^\circ C$ . Hãy sử dụng giá trị  $K$  tính được ở bài 18 để xác định :

- Số mol  $I_2$  còn lại khi cân bằng được thiết lập.
- Áp suất tổng trong bình phản ứng.
- Áp suất riêng của  $I_2$  và  $HI$  trong hỗn hợp cân bằng.
- Nếu đưa tiếp vào hỗn hợp cân bằng 1 mol  $H_2$ , hãy xác định số mol  $I_2$  còn lại chưa phản ứng.

20. Trong dung dịch kiềm ion sunphua  $S^{2-}$  tương tác với lưu huỳnh nguyên tố ở dạng rắn để tạo thành các ion polisunphua  $S_2^{2-}$ ,  $S_3^{2-}$ ,  $S_4^{2-}$  v.v... Hằng số cân bằng của quá trình hình thành  $S_2^{2-}$  là 12 và của quá trình hình thành  $S_3^{2-}$  là 130. Hãy xác định hằng số cân bằng của quá trình hình thành  $S_3^{2-}$  từ  $S_2^{2-}$  và S.

21.  $PCl_5$  bị phân hủy theo phương trình phản ứng :



Ở nhiệt độ  $250^\circ C$  và 2,00 atm hỗn hợp cân bằng chứa 40,7%  $Cl_2$  (tính theo thể tích).

a) + Xác định áp suất riêng của các cấu tử ở trạng thái cân bằng.

+ Xác định  $K_p$  của phản ứng ở  $250^\circ C$ .

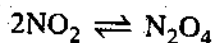
b) Nếu như hỗn hợp phản ứng được đưa về áp suất 0,200 atm ở  $250^\circ C$ , hãy xác định :

+ Phần trăm  $\text{PCl}_5$  bị phân hủy ở điều kiện cân bằng.

+ Phần trăm (tính theo thể tích)  $\text{Cl}_2$  trong hỗn hợp khí ở điều kiện cân bằng.

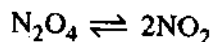
+ Áp suất riêng của  $\text{Cl}_2$  trong hỗn hợp cân bằng.

22. Xét phản ứng :

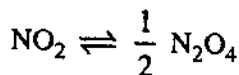


a) Xác định  $\Delta G^\circ$  và  $K_p$  của phản ứng này ở  $25^\circ\text{C}$ .

b) Xác định  $\Delta G^\circ$  và  $K_p$  của phản ứng nghịch :



c) Xác định  $\Delta G^\circ$  và  $K_p$  đối với phản ứng thuận được biểu diễn dưới dạng :



Cho biết :  $\Delta G^\circ_f(\text{N}_2\text{O}_4) = 97,82 \text{ kJ/mol}$

$\Delta G^\circ_f(\text{NO}_2) = 51,30 \text{ kJ/mol}$

## Chương 4.

# TỐC ĐỘ VÀ CƠ CHẾ CỦA PHẢN ỨNG HOÀ HỌC

1. Phản ứng giữa A và B được biểu diễn bằng phương trình :



Người ta đã làm 3 thí nghiệm độc lập và thu được các dữ liệu sau :

| TT | Nồng độ đầu          |                      | Thời gian<br>t/n (h) | Nồng độ cuối<br>[A] <sub>c</sub> , M |
|----|----------------------|----------------------|----------------------|--------------------------------------|
|    | [A] <sub>0</sub> , M | [B] <sub>0</sub> , M |                      |                                      |
| 1  | 0,1000               | 1,00                 | 0,50                 | 0,0975                               |
| 2  | 0,1000               | 2,00                 | 0,50                 | 0,0900                               |
| 3  | 0,0500               | 1,00                 | 2,00                 | 0,0450                               |

Xác định tốc độ trung bình của phản ứng ở mỗi thí nghiệm. Từ đó xác định bậc phản ứng riêng của A, của B và bậc phản ứng tổng cộng, xác định giá trị hằng số tốc độ phản ứng k.

2. Đối với phản ứng :

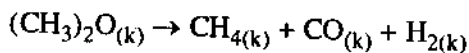


người ta đo tốc độ ban đầu của sự tạo thành C, tức  $v_0$  (M.phút<sup>-1</sup>) đối với các giá trị khác nhau của nồng độ ban đầu  $[A]_0$ ,  $[B]_0$  trong 3 thí nghiệm sau :

| TT | $[A]_0$ , M | $[B]_0$ , M | $10^3 v_0$ , M.phút <sup>-1</sup> |
|----|-------------|-------------|-----------------------------------|
| 1  | 0,1         | 0,1         | 2,0                               |
| 2  | 0,2         | 0,2         | 8,0                               |
| 3  | 0,1         | 0,2         | 8,0                               |

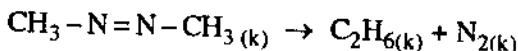
Xác định bậc riêng đối với mỗi chất phản ứng. Từ đó, xác định hằng số tốc độ phản ứng.

3. Một chất phóng xạ có chu kì bán hủy (hay bán rã) là 30 năm. Hỏi cần thời gian bao lâu để 99% số nguyên tử của nó bị phân rã ?
4. Dimetyl ete phân hủy theo phản ứng bậc một :



Ở một nhiệt độ đã cho, một lượng ete có áp suất ban đầu là 0,395 atm. Sau 10 giây áp suất của hỗn hợp là 0,4050 atm. Hỏi sau bao lâu áp suất của hỗn hợp là 0,800 atm.

5. Azometan phân hủy theo phản ứng bậc một :



Ở  $287^{\circ}\text{C}$  áp suất của azometan nguyên chất là  $0,2105\text{ atm}$ . Sau 100 giây áp suất của hỗn hợp là  $0,2126\text{ atm}$ . Tính  $k$  và  $t_{1/2}$  của phản ứng này.

6. Một mẫu vật có số nguyên tử  $^{11}\text{C}$  ( $t_{1/2} = 20$  phút) và  $^{14}\text{C}$  ( $t_{1/2} = 5568$  năm) như nhau ở một thời điểm nào đó.
- Ở thời điểm đó tỉ lệ cường độ phóng xạ của  $^{11}\text{C}$  và  $^{14}\text{C}$  là bao nhiêu ?
  - Tỉ lệ đó sẽ bằng bao nhiêu sau 6 giờ ?
7. Tốc độ của phản ứng khử  $\text{HCrO}_4^-$  bằng  $\text{HSO}_3^-$  được biểu diễn bằng phương trình :

$$v = k[\text{HCrO}_4^-][\text{HSO}_3^-]^2[\text{H}^+]$$

Trong một thí nghiệm với các nồng độ ban đầu :

$[\text{HCrO}_4^-] = 10^{-4}\text{ mol/l}$  ;  $[\text{HSO}_3^-] = 0,1\text{ mol/l}$  ; nồng độ ion  $\text{H}^+$  cố định và bằng  $10^{-5}\text{ mol/l}$ .

Nồng độ  $\text{HCrO}_4^-$  giảm xuống còn  $5 \cdot 10^{-5}\text{ mol/l}$  sau 15 giây.

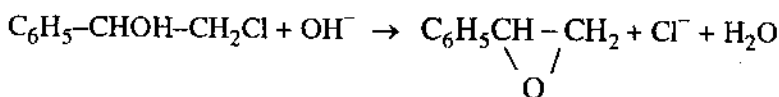
- Sau bao lâu nồng độ của  $\text{HCrO}_4^-$  sẽ bằng  $1,25 \cdot 10^{-5}\text{ mol/l}$  ?
- Nếu nồng độ ban đầu của  $\text{HSO}_3^-$  là  $0,01\text{ mol/l}$  thì sau bao lâu nồng độ của  $\text{HCrO}_4^-$  sẽ bằng  $5 \cdot 10^{-5}\text{ mol/l}$  ?
- Tính hằng số tốc độ phản ứng  $k$ .
- Nếu nồng độ ban đầu của  $\text{HSO}_3^-$  và  $\text{H}^+$  đều bằng  $10^{-3}\text{ mol/l}$  và được giữ cố định thì cần thời gian bao lâu để một nửa lượng  $\text{HCrO}_4^-$  bị khử ?

8. Saccarozơ phân hủy trong môi trường axit tạo thành glucozơ và fructozơ theo phản ứng bậc nhất, với thời gian nửa phản ứng là 3,33 h ở 25°C. Hỏi sau 9,00 h còn bao nhiêu phần trăm saccarozơ chưa bị phân hủy ?
9. Phản ứng phân hủy  $\text{SO}_2\text{Cl}_2$  thành  $\text{SO}_2$  và  $\text{Cl}_2$  là phản ứng bậc nhất. Khi tiến hành đốt nóng 0,10 mol  $\text{SO}_2\text{Cl}_{2(k)}$  ở 600 K trong bình phản ứng có dung tích 1,0 l người ta thu được các dữ kiện thực nghiệm sau đây :

| Thời gian<br>(h) | Áp suất<br>(atm) | Thời gian<br>(h) | Áp suất<br>(atm) |
|------------------|------------------|------------------|------------------|
| 0,0              | 4,91             | 4,0              | 7,31             |
| 1,0              | 5,58             | 8,0              | 8,54             |
| 2,0              | 6,32             | 16,0             | 9,50             |

Tính :

- Hằng số tốc độ phản ứng ở 600K.
  - Thời gian nửa phản ứng ở nhiệt độ trên.
  - Áp suất trong bình sau 20h.
10. Styren (vinylbenzen) phản ứng với axit hypoclorơ cho ta clohidrin  $\text{C}_6\text{H}_5 - \text{CHOH} - \text{CH}_2\text{Cl}$ . Chất này sẽ chuyển thành epoxit trong môi trường kiềm :



Đó là một phản ứng bậc hai. Hãy giải thích tại sao trong môi trường đậm phản ứng lại là bậc một.

Ở 18 °C và trong môi trường đậm người ta đo nồng độ  $\text{Cl}^-$  (kí hiệu là x) theo thời gian và thu được kết quả sau:

|                          |      |      |      |      |      |
|--------------------------|------|------|------|------|------|
| T (phút)                 | 180  | 360  | 480  | 1140 | 1260 |
| $10^3 \times (\text{M})$ | 1,15 | 2,10 | 2,70 | 4,88 | 5,21 |

Nồng độ ban đầu của clohidrin bằng  $6,86 \cdot 10^{-3} \text{ mol/l}$ . Sau khi kiểm tra lại bậc phản ứng hãy tính hằng số tốc độ của phản ứng này.

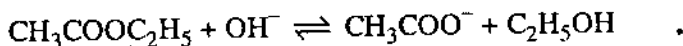
11. Phản ứng :  $\text{A} + \text{B} \rightarrow \text{sản phẩm}$

là bậc nhất đối với mỗi chất phản ứng, với  $k = 5 \cdot 10^{-3} \text{ l. mol}^{-1} \text{ s}^{-1}$ .  
Hãy xác định nồng độ của A sau 100 giây, biết rằng nồng độ ban đầu của A là 0,100 M và của B là 6,00 M.

12. Phản ứng :  $\text{A} + \text{B} \rightarrow \text{C}$

là phản ứng bậc nhất đối với cả A và B, với  $k = 1 \cdot 10^{-2} \text{ l. mol}^{-1} \text{ s}^{-1}$ .  
Tính nồng độ còn lại của A sau 100 giây, biết nồng độ ban đầu của mỗi chất đều bằng 0,10 M.

13. Đối với phản ứng xà phòng hoá etyl axetat :



Ở thời điểm ban đầu  $t = 0$  hỗn hợp phản ứng chứa este và xút có nồng độ bằng nhau và bằng 0,05 M. Phản ứng được theo dõi bằng cách ở mỗi thời điểm  $t$  người ta lấy 10 ml hỗn hợp phản ứng rồi chuẩn độ lượng xút còn lại bằng dung dịch HCl 0,01 M.

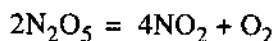
Kết quả thu được như sau :



|                       |      |      |      |      |      |      |
|-----------------------|------|------|------|------|------|------|
| t (phút)              | 4    | 9    | 15   | 24   | 37   | 53   |
| V <sub>HCl</sub> (ml) | 44,1 | 38,6 | 33,7 | 27,9 | 22,9 | 18,5 |

Xác định bậc phản ứng, hằng số tốc độ phản ứng và thời gian nửa phản ứng.

14. Phản ứng phân hủy N<sub>2</sub>O<sub>5</sub> :

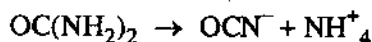


là phản ứng bậc nhất. Hằng số tốc độ phản ứng k đo ở các nhiệt độ khác nhau có các giá trị sau :

|                                      |      |      |    |     |
|--------------------------------------|------|------|----|-----|
| Nhiệt độ ( °C)                       | 25   | 35   | 55 | 65  |
| 10 <sup>5</sup> k (s <sup>-1</sup> ) | 1,72 | 6,65 | 75 | 240 |

Xác định năng lượng hoạt động hoá học của phản ứng, hệ số nhiệt độ của tốc độ phản ứng ở 30 °C và thời gian nửa phản ứng.

15. Phản ứng phân hủy urê :



trong môi trường trung tính được nghiên cứu bằng cách theo dõi lượng urê còn lại theo thời gian ở hai nhiệt độ khác nhau và thu được kết quả sau :

Ở 61 °C :

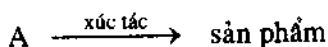
|                  |     |        |        |        |
|------------------|-----|--------|--------|--------|
| Thời gian (phút) | 0   | 9600   | 18220  | 28600  |
| Lượng urê (mol)  | 0,1 | 0,0854 | 0,0742 | 0,0625 |

Ở 71 °C:

|                  |     |        |        |        |
|------------------|-----|--------|--------|--------|
| Thời gian (phút) | 0   | 2818   | 4800   | 9060   |
| Lượng urê (mol)  | 0,1 | 0,0836 | 0,0736 | 0,0560 |

Xác định bậc phản ứng, hằng số tốc độ phản ứng ở 2 nhiệt độ và năng lượng hoạt động hoá của phản ứng.

16. Từ các dữ kiện sau đây đối với phản ứng :



hãy tính giá trị của hằng số tốc độ phản ứng và bình luận về bậc phản ứng.

|                  |       |       |       |       |
|------------------|-------|-------|-------|-------|
| Thời gian (phút) | 0,0   | 1,0   | 2,0   | 3,0   |
| Nồng độ A (M)    | 0,100 | 0,090 | 0,080 | 0,070 |

17. Nghiên cứu động học của phản ứng phân hủy amoniac có xúc tác thành các đơn chất ở 1100 °C, người ta thu được kết quả sau :

|                                         |     |     |     |
|-----------------------------------------|-----|-----|-----|
| Áp suất đầu của NH <sub>3</sub> (mm Hg) | 265 | 130 | 58  |
| t <sub>1/2</sub> ( phút)                | 7,6 | 3,7 | 1,7 |

Xác định bậc phản ứng và hằng số tốc độ phản ứng.

18. Quá trình khử virus bằng phương pháp hoá học là một phản ứng bậc một đối với nồng độ của virus có trong mẫu xử lí. Sau một phút có 2% lượng virus đã bị diệt. Tính hằng số tốc độ phản ứng, thời gian để 50% và 75% lượng virus bị diệt.

19. Hằng số tốc độ của phản ứng bậc 2 :

2A → sản phẩm

bằng  $8,0 \cdot 10^{-5} \text{ M}^{-1} \cdot \text{phút}^{-1}$ . Hãy xác định thời gian cần thiết để nồng độ chất phản ứng :

a) Giảm từ 1,00 M xuống 0,50 M.

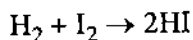
b) Giảm từ 0,50 M xuống 0,25 M.

20. Các nhà hoá sinh đưa ra khái niệm  $Q_{10}$  để chỉ tỉ số giữa hằng số tốc độ phản ứng ở  $37^\circ\text{C}$  và  $27^\circ\text{C}$ . Hãy xác định năng lượng hoạt động hoá của phản ứng nếu  $Q_{10} = 2,5$ .
21. Một phản ứng bậc hai có hằng số tốc độ ở  $800^\circ\text{C}$  bằng  $5,0 \cdot 10^{-3} \text{ l} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$  và năng lượng hoạt động hoá bằng  $45 \text{ kJ/mol}$ . Tính hằng số tốc độ ở  $875^\circ\text{C}$ .
22. Phản ứng phân hủy etilen oxit thành  $\text{CH}_4$  và  $\text{CO}$  là phản ứng bậc nhất. Hằng số tốc độ của phản ứng này có thể biểu diễn bằng phương trình,  $k(\text{s}^{-1})$  :

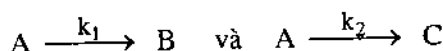
$$\lg k = 14,34 - \frac{1,25 \cdot 10^4}{T}$$

Tính năng lượng hoạt động hoá của phản ứng và giá trị của hằng số  $k$  ở  $670 \text{ K}$ .

23. Ở gần  $100^\circ\text{C}$ ,  $\text{H}_2$  và  $\text{I}_2$  phản ứng với nhau trong pha khí theo kiểu phản ứng lưỡng phân tử để tạo thành  $\text{HI}$ . Đồng thời cũng ở nhiệt độ đó,  $\text{HI}$  tự phân hủy cũng theo kiểu phản ứng lưỡng phân tử thành  $\text{H}_2$  và  $\text{I}_2$ . Các năng lượng hoạt động hóa quan sát được của hai phản ứng này tương ứng bằng  $163$  và  $184 \text{ kJ/mol}$ . Xác định hiệu ứng nhiệt của phản ứng :



24. Sự phân hủy chất A xảy ra theo hai phản ứng song song :

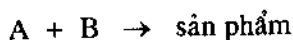


Hiệu số năng lượng hoạt động hoá của hai phản ứng này bằng bao nhiêu nếu  $k_1/k_2 = 10$  ở  $10^\circ\text{C}$  và bằng 0,1 ở  $40^\circ\text{C}$  ? Phản ứng nào có năng lượng hoạt động hoá lớn hơn ?

25. Phản ứng giữa hidro và clo chỉ xảy ra khi bức xạ hỗn hợp của hai khí này bằng tia sáng có độ dài sóng cực đại bằng 4000 Å. Xác định năng lượng hoạt động hóa của phản ứng.

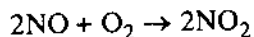
26. Ở  $30^\circ\text{C}$  và áp suất 300 mmHg khi bức xạ propio andehit bằng ánh sáng có độ dài sóng 3020 Å sẽ thu được CO. Hiệu suất lượng tử của phản ứng bằng 0,54. Tốc độ tạo thành CO là 0,001 mol/h. Tính năng lượng đã bị hấp thụ bởi hệ phản ứng trong mỗi giây.

27. Nghiên cứu động học của phản ứng :



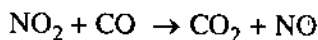
người ta nhận thấy rằng bước thứ nhất là quá trình dime hoá thuận nghịch A, bước thứ hai là phản ứng giữa  $\text{A}_2$  và B theo kiểu phản ứng nhị phân tử để tạo thành sản phẩm, đồng thời đây cũng là bước quyết định tốc độ của phản ứng. Hãy xác định phương trình biểu diễn tốc độ của phản ứng trên.

28. Phương trình biểu diễn tốc độ của phản ứng :



là  $v = k[\text{NO}][\text{O}_2]$ . Hãy đề xuất một cơ chế hợp lí cho phản ứng theo dữ kiện trên.

29. Nghiên cứu động học của phản ứng :



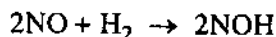
người ta thấy ở nhiệt độ trên  $500^\circ\text{C}$  phương trình tốc độ phản ứng có dạng :  $v = k[\text{NO}_2][\text{CO}]$ .

Còn ở dưới  $500^\circ\text{C}$  phương trình tốc độ phản ứng có dạng :

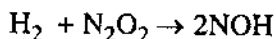
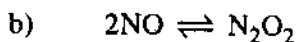
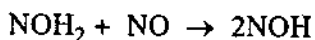
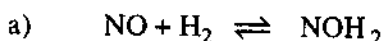
$$v = k[\text{NO}_2]^2$$

Hãy giả thiết cơ chế thích hợp cho mỗi trường hợp.

30. Phương trình động học thực nghiệm của phản ứng :



là  $v = k[\text{NO}]^2[\text{H}_2]$ , chứng minh rằng phản ứng có thể theo một trong hai cơ chế sau :



## **Chương 5.**

### **DUNG DỊCH**

1. Tìm biểu thức để chuyển từ nồng độ phần trăm  $a$  (%), khối lượng riêng  $d$  (g/ml) của một dung dịch hai cấu tử sang các nồng độ :  
a) Mol ;    b) Đương lượng ;    c) Molan ;    d) Phân mol.
2. Tính nồng độ mol (M) và nồng độ đương lượng (N) của dung dịch  $H_2SO_4$  96% ( $d = 1,84$ g/ml).
3. Tính thể tích của dung dịch  $HNO_3$  32% ( $d = 1,20$  g/cm<sup>3</sup>) cần thiết để pha 300 ml dung dịch  $HNO_3$  0,2N.
4. Tính thể tích dung dịch  $FeSO_4$  0,1N cần thiết để khử 4,0 g  $KMnO_4$  chứa trong dung dịch đã được axit hoá bằng  $H_2SO_4$ .
5. Để phản ứng vừa đủ với 50 ml dung dịch  $Na_2CO_3$  cần dùng 56,3 ml dung dịch  $HCl$  0,102N. Hỏi khi thêm dư  $CaCl_2$  vào 100 ml

dung dịch  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  nói trên người ta sẽ thu được bao nhiêu gam kết tủa ?

6. Ở  $60^\circ\text{C}$  độ tan của natri cacbonat là 31,6g, còn ở  $0^\circ\text{C}$  là 6,75g trong 100 g dung dịch. Hỏi có bao nhiêu gam xôđa tinh thể  $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$  được tách ra khi làm lạnh 500 g dung dịch bão hoà ở  $60^\circ\text{C}$  xuống  $0^\circ\text{C}$ .
7. Ở  $20^\circ\text{C}$  và 1 atm độ tan của oxi và nitơ trong 100 ml nước tương ứng là  $4,13 \cdot 10^{-3}$  g và  $1,75 \cdot 10^{-3}$  g. Nếu coi không khí là một hỗn hợp của oxi và nitơ theo tỉ lệ thể tích 1:4 (áp suất khí quyển bằng 1 atm), thì tỉ lệ mol giữa oxi và nitơ tan trong nước (ở  $20^\circ\text{C}$ ) là bao nhiêu ? So sánh tỉ lệ đó với tỉ lệ trong không khí.
8. Một hỗn hợp khí chứa 40%  $\text{N}_2\text{O}$  và 60% NO theo thể tích được đem hoà tan trong nước ở  $17^\circ\text{C}$  và áp suất không đổi. Tính thành phần phần trăm của hỗn hợp khí trong nước. Biết độ tan ở  $17^\circ\text{C}$  của  $\text{N}_2\text{O}$  là 690 ml và của NO là 50 ml trong 1 lít nước.
9. Tính áp suất hơi ở  $28^\circ\text{C}$  của dung dịch chứa 68 g đường saccarơ trong 1000 g nước. Biết áp suất hơi nước bão hoà ở nhiệt độ này là 3,78 kPa.
10. Dung dịch chứa 0,217 g lưu huỳnh trong 19,31 g  $\text{CS}_2$  sôi ở 319,304K. Nhiệt độ sôi của  $\text{CS}_2$  tinh khiết là 319,2K. Hằng số nghiệm sôi của  $\text{CS}_2$  là 2,37. Xác định số nguyên tử lưu huỳnh (n) có trong một phân tử lưu huỳnh ( $\text{S}_n$ ) khi tan trong  $\text{CS}_2$ .
11. Có hai dung dịch chứa một lượng nước bằng nhau. Dung dịch thứ nhất chứa 1,5 mol đường, dung dịch thứ hai chứa 0,2 mol

$\text{CaCl}_2$ . Hai dung dịch này đông đặc ở cùng một nhiệt độ. Xác định độ điện li biểu kiến của  $\text{CaCl}_2$ .

12. Ở  $20^\circ\text{C}$  áp suất hơi bão hoà của nước bằng 17,5 mmHg. Hỏi cần hoà tan bao nhiêu gam glixerin vào 180 g nước để áp suất hơi bão hoà của dung dịch bằng 16,5 mmHg ?
13. Một dung dịch hemoxianin (một loại protein của cua biển) được điều chế bằng cách hoà tan 0,75 g hemoxianin trong 125 ml nước. Ở  $4^\circ\text{C}$ , trong thí nghiệm về hiện tượng thẩm thấu người ta thấy cột dung dịch trong ống mao quản dâng lên 2,6 mm. Khối lượng riêng của dung dịch là 1,00 g/ml. Xác định khối lượng mol của hemoxianin.
14. Ở  $25^\circ\text{C}$  độ điện li của dung dịch amoniac 0,01 M là 4,1%. Tính :
- a) Nồng độ các ion  $\text{OH}^-$  và  $\text{NH}_4^+$  ;
  - b) Nồng độ của  $\text{NH}_3$  không điện li ;
  - c) Hằng số điện li của amoniac ;
  - d) Nồng độ ion  $\text{OH}^-$  khi thêm 0,009 mol  $\text{NH}_4\text{Cl}$  vào một lít dung dịch trên ;
  - e) Nồng độ ion  $\text{OH}^-$  của dung dịch được điều chế bằng cách hoà tan 0,01 mol  $\text{NH}_3$  và 0,005 mol  $\text{HCl}$  trong 1 lít nước (coi thể tích không thay đổi).
15. Tính độ điện li của  $\text{HCN}$  trong dung dịch 1,000 M, biết  $K_{\text{HCN}} = 6,2 \cdot 10^{-10}$ .
16. Tính nồng độ của dung dịch axit axetic khi độ điện li của nó là 2,0%. Cho  $K_a$  của  $\text{CH}_3\text{COOH}$  bằng  $1,75 \cdot 10^{-5}$ .



17. Cho 1 lit dung dịch  $\text{CH}_3\text{COOH}$  0,1M

- a) Tính độ điện li của axit trong dung dịch đó.
- b) Cần thêm bao nhiêu mol  $\text{CH}_3\text{COOH}$  (coi thể tích của dung dịch không bị thay đổi) để độ điện li của nó giảm đi một nửa ?
- c) Tính pH của dung dịch sau khi thêm  $\text{CH}_3\text{COOH}$ .

Cho  $\text{pK}_a$  của axit axetic bằng 4,8.

18. Tính nồng độ các ion  $\text{H}_3\text{O}^+$  và  $\text{OH}^-$  trong dung dịch  $\text{CH}_3\text{COOH}$  0,01 M, biết độ điện li của axit trong dung dịch này bằng 1,31%.

19. Tính nồng độ ion  $\text{H}_3\text{O}^+$  trong dung dịch chứa đồng thời axit cloaxetic nồng độ 0,01M và muối natri cloaxetat nồng độ 0,002M. Biết  $K_a$  của axit cloaxetic bằng  $1,36 \cdot 10^{-3}$ .

20. Tính nồng độ các ion  $\text{H}_3\text{O}^+$  và  $\text{CH}_3\text{COO}^-$  trong dung dịch chứa đồng thời HCl nồng độ 0,05M và  $\text{CH}_3\text{COOH}$  nồng độ 0,1 M, biết  $K_{\text{CH}_3\text{COOH}} = 1,75 \cdot 10^{-5}$ .

21. Tính nồng độ  $\text{H}_3\text{O}^+$  trong dung dịch hỗn hợp  $\text{HCOOH}$  0,01 M và  $\text{HOCN}$  0,1 M.

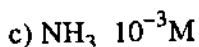
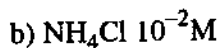
Biết :  $K_{\text{HCOOH}} = 1,8 \cdot 10^{-4}$  và  $K_{\text{HOCN}} = 3,3 \cdot 10^{-4}$ .

22. Tính pH của dung dịch HCl  $5,0 \cdot 10^{-8}\text{M}$ .

23. Tính pH của :

- a) Các dung dịch NaOH, KOH 0,15% (khối lượng riêng đều bằng 1g/ml).

- b) Dung dịch chứa 0,05 ml dung dịch NaOH 0,01M và 90 ml nước cất.
- c) Dung dịch chứa 1 ml HCl 23,83% ( $d = 1,13 \text{ g/ml}$ ) và 3,5 lit nước cất.
- d) Dung dịch chứa 1 g axit nitric 65,30% ( $d = 1,40 \text{ g/ml}$ ) và 3,5 lit nước cất.
24. Thiết lập biểu thức tổng quát để tính pH của các dung dịch axit và bazơ. Áp dụng tính pH của các dung dịch sau :



Biết :  $\text{CH}_3\text{COOH}$  có  $\text{pK}_a = 4,8$ .

$\text{NH}_3$  có  $\text{pK}_b = 4,8$ .

25. Axit sunfuric là một axit mạnh ở nấc điện li thứ nhất, nấc điện li thứ hai có hằng số điện li bằng  $10^{-2}$ .

Tính pH của dung dịch  $\text{H}_2\text{SO}_4 10^{-3} \text{ M}$ .

26. Tính pH của dung dịch  $\text{NaHCO}_3 \text{ } 2 \cdot 10^{-2} \text{ M}$ . Biết  $K_1$  và  $K_2$  của  $\text{H}_2\text{CO}_3$  lần lượt bằng  $4,47 \cdot 10^{-7}$  và  $4,68 \cdot 10^{-11}$ .

27. Dựa trên tính toán, hãy giải thích tại sao dung dịch nước 0,01 M của các muối natriphotphat, natrihidrophotphat và natridihidrophotphat lại có môi trường tương ứng là kiềm, kiềm yếu và axit yếu.

Biết  $\text{H}_3\text{PO}_4$  có các hằng số điện li :

$$K_1 = 7,52 \cdot 10^{-3}, K_2 = 6,31 \cdot 10^{-8}, K_3 = 1,26 \cdot 10^{-12}.$$

28. Tính hằng số thủy phân, độ thủy phân của dung dịch  $\text{NH}_4\text{Cl}$  0,1M, biết  $K_{\text{NH}_3} = 1,75 \cdot 10^{-5}$ .
29.  $K_a$  của  $\text{CH}_3\text{COOH}$  bằng  $1,75 \cdot 10^{-5}$ . Người ta tiến hành chuẩn độ 40 ml dung dịch  $\text{CH}_3\text{COOH}$  0,01M bằng dung dịch  $\text{NaOH}$  0,02M. Tính pH của các dung dịch thu được sau khi thêm :
- a) 3,0 ml ;    b) 10 ml ;    c) 20 ml ;    d) 30 ml dung dịch  $\text{NaOH}$
30. Một chất chỉ thị màu có  $K_a = 3,0 \cdot 10^{-5}$ . Dạng axit có màu đỏ, dạng bazơ có màu xanh. Chất chỉ thị có màu đỏ khi dạng axit chiếm 75% và có màu xanh khi dạng bazơ chiếm 75%. Để chuyển màu từ đỏ sang xanh pH phải thay đổi mấy đơn vị ?
31. Người ta điều chế một dung dịch đệm bằng cách hoà tan 0,02 mol axit propionic và 0,015 mol natripropionat trong nước rồi đưa thể tích đến 1 lit.
- a) pH của dung dịch đệm này bằng bao nhiêu ?
- b) pH của dung dịch sẽ thay đổi như thế nào khi thêm  $10^{-5}$  mol  $\text{HCl}$  vào 10 ml dung dịch đệm ?
- c) Khi thêm  $10^{-5}$  mol  $\text{NaOH}$  vào 20ml dung dịch đệm ?
- $K_a$  của axit propionic bằng  $1,34 \cdot 10^{-5}$ .
32. Độ tan của  $\text{Ag}_2\text{CrO}_4$  trong nước bằng 0,022 g/l. Xác định tích số tan của nó.

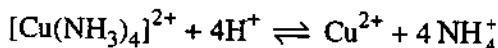
33. Nồng độ ion  $\text{Ag}^+$  của một dung dịch bằng  $4.10^{-3}$  mol/l. Tính nồng độ  $\text{Cl}^-$  cần thiết để kết tủa  $\text{AgCl}$ . Tích số tan của  $\text{AgCl}$  ở  $25^\circ\text{C}$  bằng  $1,8.10^{-10}$ .
34. Xác định độ tan của  $\text{AgCN}$  trong dung dịch đệm có pH = 3. Biết  $T_{\text{AgCN}} = 2,2.10^{-16}$  và  $K_{\text{HCN}} = 6,2.10^{-10}$ .
35. Xác định độ tan của  $\text{AgSCN}$  trong dung dịch  $\text{NH}_3$  0,003 M. Biết :  $T_{\text{AgSCN}} = 1,1.10^{-12}$ , hằng số phân li của phức chất  $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]^+$  bằng  $6.10^{-8}$ .
36. Cho  $T_{\text{AgSCN}} = 1,1.10^{-12}$ ,  $T_{\text{AgBr}} = 5.10^{-13}$ . Xác định độ tan của mỗi muối khi chúng có mặt đồng thời trong dung dịch.
37. Dung dịch  $\text{AgCl}$  có pH = 7. Trộn 950 ml dung dịch bão hoà  $\text{AgCl}$  với 50 ml dung dịch  $\text{HCl}$  1M. Tính :
- pH của dung dịch sau khi trộn.
  - Lượng  $\text{AgCl}$  kết tủa sau khi trộn.
- Cho :  $T_{\text{AgCl}} = 1,77.10^{-10}$ .
38. Có xuất hiện kết tủa không khi trộn những thể tích như nhau của hai dung dịch  $\text{KCl}$  và diammin bạc  $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]\text{NO}_3$  đều có nồng độ 0,02M.
- Biết :  $K_{\text{kb}, [\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]^+} = 9,31.10^{-8}$        $T_{\text{AgCl}} = 1,56.10^{-10}$
39. Ion  $\text{Fe}(\text{H}_2\text{O})^{3+}$  là một axit phản ứng với nước theo cân bằng :



với  $pK_a = 2,2$ .

- a) Xác định pH của dung dịch  $FeCl_3$   $10^{-3}M$ .
- b) Tính nồng độ  $C$  (mol/l) của dung dịch  $FeCl_3$  bắt đầu gây kết tủa  $Fe(OH)_3$  và tính pH của dung dịch lúc bắt đầu kết tủa.  
Biết :  $T_{Fe(OH)_3} = 10^{-38}$ .

40. Có dung dịch  $[Cu(NH_3)_4]^{2+}$   $1M$ . Ion phức này bị phân hủy trong môi trường axit theo phản ứng :



Bắt đầu từ pH nào thì 99,9% số ion phức bị phân hủy. Hằng số bền của phức chất  $K_b, [Cu(NH_3)_4]^{2+} = 10^{12}$  ; hằng số axit của

$NH_4^+$ ,  $K_{a, NH_4^+} = 10^{-9,2}$ .

41. Người ta sục khí  $H_2S$  cho tới lúc bão hoà vào dung dịch  $Mn^{2+}$   $10^{-2}M$ . Hỏi có kết tủa  $MnS$  không ?

Biết : Hằng số điện li của  $H_2S$  :  $K_1 = 10^{-7}$ ,  $K_2 = 10^{-14}$ .

Trong dung dịch bão hoà nồng độ  $H_2S$  bằng  $0,1M$ .

Tích số tan của  $MnS$ ,  $T_{MnS} = 10^{-15}$

42. Nồng độ cân bằng của khí  $CO_2$  (mol.l<sup>-1</sup>) trong dung dịch được tính theo biểu thức :  $[CO_2] = k \cdot P_{CO_2}$ .

Trong đó,  $k = 0,024 M/atm$  và  $P_{CO_2}$  là áp suất khí  $CO_2(atm)$ .

- a) Tính pH của dung dịch nước  $CO_2$  nằm cân bằng với khí  $CO_2$  có áp suất  $1 atm$ .

- b) Cho thêm vào dung dịch một lượng dư  $\text{CaCO}_3$  và vẫn giữ nguyên  $P_{\text{CO}_2}$  là 1 atm. Xác định độ tan của  $\text{CaCO}_3$  và pH của dung dịch sau khi hoà tan.

Cho biết axit cacbonic có các hằng số điện li  $K_1 = 10^{-6.4}$ ,  $K_2 = 10^{-10.2}$  và  $T_{\text{CaCO}_3} = 10^{-8.3}$ .

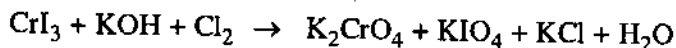
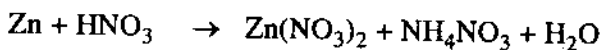
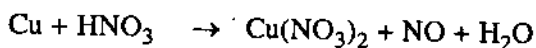
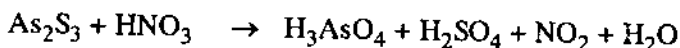
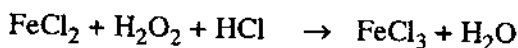
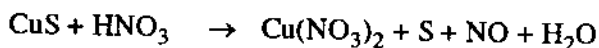
43. Độ tan của  $\text{Mg}(\text{OH})_2$  trong nước ở  $18^\circ\text{C}$  là  $9 \cdot 10^{-3}$  g/l còn ở  $100^\circ\text{C}$  là  $4 \cdot 10^{-2}$  g/l.

- a) Tính tích số tan của  $\text{Mg}(\text{OH})_2$  ở hai nhiệt độ và pH của các dung dịch bão hoà.
- b) Tính các đại lượng  $\Delta H^\circ$ ,  $\Delta G^\circ$  và  $\Delta S^\circ$  của phản ứng hoà tan, coi  $\Delta H^\circ$  và  $\Delta S^\circ$  không thay đổi theo nhiệt độ.

## Chương 6

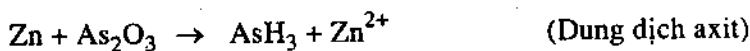
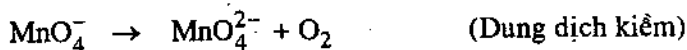
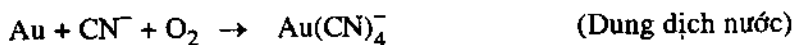
# PHẢN ỨNG OXI HOÁ - KHỬ. HOÁ HỌC VÀ DÒNG ĐIỆN

1. Xác định số oxi hoá của các nguyên tố in nghiêng trong các hợp chất sau :  $\text{HOCl}$ ,  $\text{POCl}_3$ ,  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ ,  $\text{H}_4\text{P}_2\text{O}_7$ ,  $\text{CO}$ ,  $\text{HCN}$ ,  $\text{NaAuCl}_4$ ,  $\text{Rb}_4\text{Na}[\text{HV}_{10}\text{O}_{28}]$ ,  $\text{ICl}$ ,  $\text{Ba}_2\text{XeO}_6$ ,  $\text{Ca}(\text{ClO}_2)_2$ , biết số oxi hoá của H, O, kim loại kiềm và kiềm thổ tương ứng bằng +1, -2, +1 và +2.
2. Cân bằng các phương trình phản ứng sau :





3. Hoàn thành các phương trình phản ứng sau :



4. Cho :



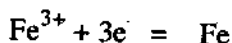
Hỏi ở điều kiện chuẩn  $\text{Fe}^{3+}$  có thể oxi hoá được halogenua nào thành halogen nguyên tố ?

5. Cho :



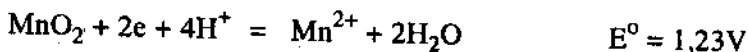
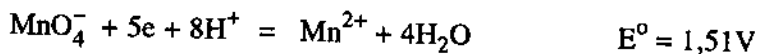


a) Xác định  $E^0$  của cặp :

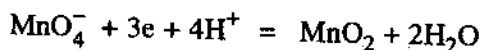


b) Từ kết quả thu được hãy chứng minh rằng khi cho sắt kim loại tác dụng với dung dịch HCl 0,1M chỉ có thể tạo thành  $\text{Fe}^{2+}$  chứ không thể tạo thành  $\text{Fe}^{3+}$ .

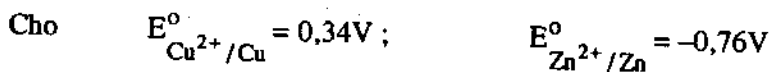
6. Cho :



Xác định  $E^0$  của nửa phản ứng :



7. Người ta cho dư bột kẽm vào dung dịch  $\text{CuSO}_4$  0,1M. Tính nồng độ của các ion  $\text{Cu}^{2+}$  và  $\text{Zn}^{2+}$  trong dung dịch lúc cân bằng.



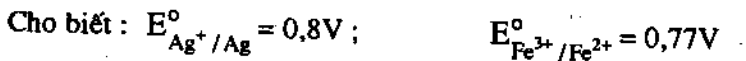
8. a) Viết phương trình của các phản ứng xảy ra khi trộn lẫn ba dung dịch sau với nhau :

25 ml dung dịch  $\text{Fe}(\text{NO}_3)_2$  0,1M

25 ml dung dịch  $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$  1M

50 ml dung dịch  $\text{AgNO}_3$  0.6M

trong đó có thả một số mảnh bạc vụn.



b) Ở giá trị tối thiểu nào của tỉ số  $[\text{Fe}^{3+}]/[\text{Fe}^{2+}]$  thì phản ứng sẽ đổi chiều ?

9. Hai cốc 1 và 2 chứa các dung dịch với nồng độ của các ion như sau :

$$\text{Cốc 1 : } [\text{Fe}^{3+}] = 0,2\text{M} ; \quad [\text{Fe}^{2+}] = 0,1\text{M}$$

$$\text{Cốc 2 : } [\text{Fe}^{3+}] = 0,1\text{M} ; \quad [\text{Fe}^{2+}] = 0,2\text{M}$$

- a) Nhúng vào hai dung dịch hai thanh platin và nối hai dung dịch bằng một cầu muối. Xác định sức điện động của pin.
- b) Nối hai điện cực bằng dây dẫn, tính nồng độ của các ion  $\text{Fe}^{2+}$  và  $\text{Fe}^{3+}$  trong mỗi cốc lúc cân bằng. Nếu mỗi cốc đựng một lít dung dịch thì điện lượng đã đi qua dây dẫn là bao nhiêu ?
10. Trong phòng thí nghiệm hoá học người ta thường điều chế clo bằng cách cho  $\text{KMnO}_4$  tác dụng với dung dịch  $\text{HCl}$  đặc. Nếu thay  $\text{HCl}$  đặc bằng dung dịch  $\text{HCl } 10^{-4} \text{ M}$  thì có thể điều chế được clo nữa hay không ? Tại sao ?

$$\text{Biết : } E^{\circ}_{\text{MnO}_4^-/\text{Mn}^{2+}} = 1,51 \text{ V và } E^{\circ}_{\text{Cl}_2/2\text{Cl}^-} = 1,36 \text{ V.}$$

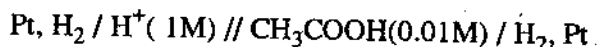
11. Xác định sức điện động của pin tiêu chuẩn được tạo thành bởi các điện cực  $\text{Sn}/\text{Sn}^{2+}$  và  $\text{Pb}/\text{Pb}^{2+}$ . Nếu  $[\text{Sn}^{2+}] = 1\text{M}$  và  $[\text{Pb}^{2+}] = 10^{-5} \text{ M}$  thì sức điện động của pin là bao nhiêu ?

$$\text{Biết : } E^{\circ}_{\text{Sn}^{2+}/\text{Sn}} = -0,14 \text{ V và } E^{\circ}_{\text{Pb}^{2+}/\text{Pb}} = -0,126 \text{ V.}$$

12. Tính thế của cặp  $\text{Ag}^+/\text{Ag}$  so với cặp  $\text{Cu}^{2+}/\text{Cu}$  nếu nồng độ của  $\text{Ag}^+$  và  $\text{Cu}^{2+}$  tương ứng bằng  $4,2 \cdot 10^{-6}$  và  $1,3 \cdot 10^{-3}$  M. Tính biến thiên thế đẳng áp – đẳng nhiệt ( $\Delta G$ ) khi một mol electron trao đổi ở điều kiện đã cho.

Biết :  $E^\circ_{\text{Ag}^+/\text{Ag}} = 0,80 \text{ V}$  và  $E^\circ_{\text{Cu}^{2+}/\text{Cu}} = 0,34 \text{ V}$ .

13. Một pin gồm một điện cực dương là điện cực hiđro tiêu chuẩn và một điện cực âm là điện cực niken nhúng trong dung dịch  $\text{NiSO}_4$  0,01M có sức điện động là 0,309V. Tính thế điện cực tiêu chuẩn của niken.
14. Để xác định hằng số điện li của axit axetic người ta thiết lập một pin :

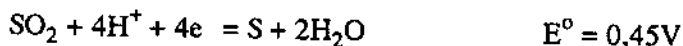


Với :  $P_{\text{H}_2} = 1 \text{ atm}$

Sức điện động của pin bằng 0,1998V (ở  $25^\circ$ ).

Tính hằng số điện li của axit axetic.

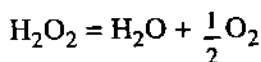
15. Cho :



Chứng minh rằng  $\text{SO}_2$  có thể oxi hoá được  $\text{H}_2\text{S}$  trong dung dịch để giải phóng ra lưu huỳnh. Tính hằng số cân bằng của phản ứng xảy ra.

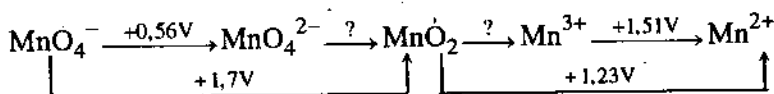
16. Cho thế khử của các cặp  $\text{O}_2/\text{H}_2\text{O}_2$  ( $E_1^0 = 0,69\text{V}$ ) và  $\text{O}_2/\text{H}_2\text{O}$  ( $E_2^0 = 1,23\text{V}$ ).

- a) Tính thế khử chuẩn của cặp  $\text{H}_2\text{O}_2/\text{H}_2\text{O}$ .  
 b) Chứng minh rằng  $\text{H}_2\text{O}_2$  tự phân hủy theo phản ứng :

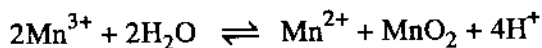
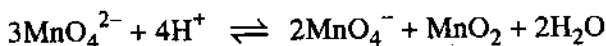


Nếu áp suất của oxi bằng 1 atm, tính nồng độ của  $\text{H}_2\text{O}_2$  lúc cân bằng.

17. Cho giản đồ thế khử chuẩn của Mn trong môi trường axit:



- a) Tính thế khử chuẩn của các cặp  $\text{MnO}_4^{2-}/\text{MnO}_2$  và  $\text{MnO}_2/\text{Mn}^{3+}$ .  
 b) Hãy cho biết các phản ứng sau có thể xảy ra được không ? Tại sao ?



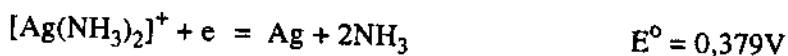
Tính hằng số cân bằng của các phản ứng trên.

18. Cho  $E_{\text{Ag}^+/\text{Ag}}^0 = 0,799\text{V}$ ,  $T_{\text{AgCl}} = 1.8 \cdot 10^{-10}$ ,  $E_{\text{Cu}^{2+}/\text{Cu}}^0 = 0,34\text{V}$ .

- a) Tính thế của điện cực  $\text{Ag}/\text{AgCl}$ ,  $\text{KCl}$  khi  $[\text{Cl}^-] = 1 \text{ mol/l}$ .

- b) Xác định chiều của dòng điện trong pin tạo thành bởi điện cực này và điện cực đồng tiêu chuẩn. Viết phương trình của phản ứng xảy ra trong pin và tính hằng số cân bằng của phản ứng đó.
19. Xác định tích số tan của  $\text{TlBr}$  biết rằng pin được tạo thành bởi điện cực  $\text{Pb}/\text{Pb}^{2+}(0,1 \text{ M})$  và điện cực  $\text{Tl}/\text{TlBr}, \text{Br}^{-}(0,1\text{M})$  có sức điện động bằng  $0,443\text{V}$ . Cho  $E^{\circ}_{\text{Pb}^{2+}/\text{Pb}} = -0,126\text{V}$  và  $E^{\circ}_{\text{Tl}^{+}/\text{Tl}} = -0,336\text{V}$ .
20. Xác định tích số tan của  $\text{AgBr}$  biết rằng pin được tạo thành bởi điện cực hidro tiêu chuẩn và điện cực  $\text{Ag}/\text{AgBr}, \text{Br}^{-}(0,1\text{M})$  có sức điện động bằng  $0,14\text{V}$ . Cho  $E^{\circ}_{\text{Ag}^{+}/\text{Ag}} = 0,8\text{V}$ .

21. Cho :



Tính hằng số bền của phức chất  $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]^{+}$ .

22. Một pin được cấu tạo bởi hai điện cực: điện cực thứ nhất gồm một thanh đồng nhúng trong dung dịch  $\text{Cu}^{2+}$  có nồng độ  $10^{-2} \text{ M}$ ; điện cực thứ hai gồm một thanh đồng nhúng trong dung dịch phức chất  $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$  có nồng độ  $10^{-2} \text{ M}$ . Sức điện động của pin ở  $25^{\circ}\text{C}$  là  $38\text{mV}$ . Tính nồng độ ( $\text{mol.l}^{-1}$ ) của ion  $\text{Cu}^{2+}$  trong dung dịch ở điện cực âm và tính hằng số bền của phức chất  $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$ .

23. Các ion  $\text{Co}^{2+}$  và  $\text{Co}^{3+}$  đều tạo được với  $\text{NH}_3$  phức chất hexammin với các  $\text{pK}_{\text{kb}}$  tương ứng bằng 5 và 34.

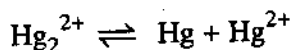
a) Chứng minh rằng các ion  $\text{Co}^{3+}$  không bền trong nước và oxi hoá nước.

b) Điều gì sẽ xảy ra nếu các ion  $\text{Co}^{3+}$  ở trong dung dịch amoniac.

$$\text{Cho } E^\circ_{\text{Co}^{3+}/\text{Co}^{2+}} = 1,82\text{V} \quad \text{và} \quad E^\circ_{\text{O}_2/\text{H}_2\text{O}} = 1,23\text{V}$$

24. Ở  $25^\circ\text{C}$  tích số tan của  $\text{AgI}$  bằng  $10^{-16}$  và thế khử chuẩn của cặp  $\text{Ag}^+/\text{Ag}$  là  $0,8\text{V}$ . Hỏi bạc có đẩy  $\text{H}_2$  ra khỏi dung dịch  $\text{HI}$   $1\text{M}$  và  $\text{HI}$   $10^{-2}\text{M}$  được không ?

25. a) Tính hằng số cân bằng của phản ứng :



b) Có hiện tượng gì xảy ra khi thêm  $\text{Na}_2\text{S}$  vào dung dịch  $\text{Hg}_2(\text{NO}_3)_2$  ? Giải thích ?

c) Tính hằng số cân bằng của phản ứng xảy ra ở mục b.

$$\text{Cho : } E^\circ_{\text{Hg}_2^{2+}/\text{Hg}} = 0,80\text{V}, E^\circ_{\text{Hg}^{2+}/\text{Hg}_2^{2+}} = 0,91\text{V}, T_{\text{HgS}} = 4 \cdot 10^{-53}.$$

26. Cho :  $\text{Fe}^{3+} + e = \text{Fe}^{2+} \quad E^\circ = 0,77\text{V}$

$$T_{\text{Fe}(\text{OH})_3} = 3,8 \cdot 10^{-38} \quad T_{\text{Fe}(\text{OH})_2} = 4,8 \cdot 10^{-16}$$

Có một dung dịch chứa đồng thời  $\text{Fe}^{2+}$  và  $\text{Fe}^{3+}$  đều có nồng độ bằng  $1\text{M}$  ở  $\text{pH} = 0$ . Thêm dần  $\text{NaOH}$  vào (thể tích thay đổi

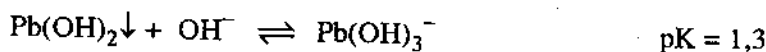
không đáng kể) để tăng pH của dung dịch lên. Thí nghiệm được tiến hành ở nhiệt độ không đổi 25°C.

a) Xác định sự thuộc của thế của cặp  $\text{Fe}^{3+}/\text{Fe}^{2+}$  vào pH của dung dịch.

b) Vẽ đồ thị  $E = f(\text{pH})$ .

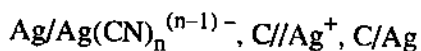
27. a) Một điện cực gồm một thanh chì nhúng trong dung dịch  $\text{Pb}^{2+}$  0,01M. Nếu thêm dần xút vào dung dịch để nâng pH của dung dịch lên (thể tích thay đổi không đáng kể), thì thế của điện cực sẽ thay đổi như thế nào ?

b) Vẽ đồ thị  $E = f(\text{pH})$ . Biết :



$$E_{\text{Pb}^{2+}/\text{Pb}}^0 = -0,13\text{V}$$

28. Để nghiên cứu sự tạo phức của  $\text{Ag}^+$  với  $\text{CN}^-$  người ta ghép pin điện hoá sau :



a) Người ta làm thay đổi nồng độ  $\text{CN}^-$  trong nửa pin bên trái. Biểu diễn sự phụ thuộc của sức điện động của pin này vào  $n$ ,  $\text{pK}_{\text{kb}}$  và  $[\text{CN}^-]$ . ( $\text{CN}^-$  được lấy dư sao cho  $[\text{Ag}^+]$  là không đáng kể so với nồng độ của phức chất ở ngăn bên trái).

b) Tính  $n$  và  $\text{pK}$  biết rằng  $E = 1,20\text{V}$  với  $[\text{CN}^-] = 1\text{M}$  và  $E = 1,32\text{V}$  với  $[\text{CN}^-] = 10\text{M}$ .

29. Người ta cho đi qua một dung dịch muối vàng một điện lượng bằng điện lượng cần thiết để kết tủa 2,158 g bạc từ dung dịch  $\text{AgNO}_3$ . Khối lượng vàng kết tủa trên âm cực là 1,314 g. Xác định đương lượng của vàng và hoá trị của vàng trong hợp chất bị điện phân.

Cho :  $\text{Ag} = 107,9$ ,  $\text{Au} = 197$

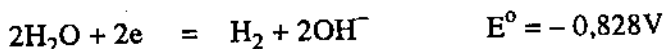
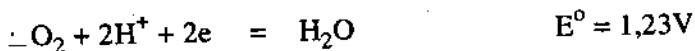
30. Cho một điện lượng 0,2F đi qua 3 dung dịch lần lượt chứa các ion  $\text{Ag}^+$ ,  $\text{Zn}^{2+}$ ,  $\text{Fe}^{3+}$ . Giả sử phản ứng duy nhất xảy ra ở âm cực là sự khử các ion kim loại về kim loại, xác định khối lượng của các kim loại được giải phóng ở các dung dịch.

Cho :  $\text{Ag} = 107,9$        $\text{Zn} = 65,54$        $\text{Fe} = 56$

31. Người ta dùng dòng điện 15A để kết tủa Ni trong bể mạ chứa  $\text{NiSO}_4$ . Ni và  $\text{H}_2$  cùng được tạo thành ở âm cực. Biết rằng 60% điện lượng được dùng để giải phóng Ni.

- Có bao nhiêu gam Ni sẽ kết tủa trên điện cực trong một giờ ?
- Độ dày của lớp mạ là bao nhiêu cm nếu âm cực là một lá hình vuông, cạnh 4 cm, và sự kết tủa xảy ra trên hai mặt của lá kim loại. Biết khối lượng riêng của Ni là  $8,9 \text{ g/cm}^3$ .
- Xác định thể tích của khí hydro thoát ra ở điều kiện tiêu chuẩn.

32. Cho :





quá thế của oxi và hidro trên điện cực Pt nhấn tương ứng bằng 0,5 và 0,4V.

- a) Xác định sản phẩm của quá trình điện phân dung dịch KI khi dùng điện cực Pt nhấn. Viết phương trình phản ứng của quá trình điện phân.
- b) Tính khối lượng chất thoát ra ở điện cực dương khi tiến hành điện phân trong hai giờ bằng dòng điện cường độ 5A.

Cho :  $K = 39$        $I = 127$        $H = 1$        $O = 16$

## **PHẦN HAI. ĐÁP SỐ VÀ LỜI GIẢI**

### ***Chương 1.***

### **MỘT SỐ VẤN ĐỀ CƠ SỞ CỦA HOÁ HỌC**

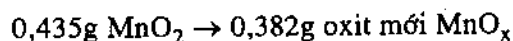
1. Theo các dữ kiện của đầu bài, dễ dàng tính được trong 6,20 g hợp chất sẽ có : 2,4 g C, 0,6 g H và 3,2 g S. Gọi công thức đơn giản nhất là  $C_xH_yS_z$  ta có :

$$12x : y : 32z = 2,4 : 0,6 : 3,2$$

$$\text{suy ra : } x : y : z = 2 : 6 : 1$$

Hay công thức đơn giản nhất của hợp chất là  $C_2H_6S$ .

2. Giả thiết công thức của oxit mới được tạo thành là  $MO_x$ , theo đầu bài ta có :

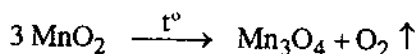


$$\text{Vậy } 1 \text{ mol } (87\text{g}) \text{ MnO}_2 \rightarrow \frac{87,0,382}{0,435} = 76,4 \text{ g MnO}_x$$

Khối lượng oxi trong 1 mol  $\text{MnO}_x$  là  $76,4 - 55 = 21,4\text{g}$ , suy ra  $x = 1,337$ .

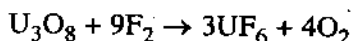
Do đó công thức của oxit mới là  $\text{MnO}_{1,337}$ , hay  $\text{Mn}_3\text{O}_4$ .

Phương trình phản ứng đã xảy ra :

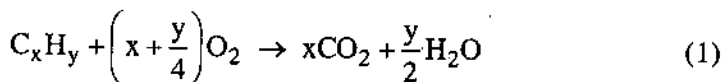


3. Cách thức tính toán tương tự bài 2, từ đó suy ra công thức phân tử của oxit là  $\text{U}_3\text{O}_8$ .

Phương trình phản ứng :



4. Cách thức tính toán tương tự bài 2, từ đó suy ra khối lượng nguyên tử của X là 165 và X là Ho.
5. Gọi công thức phân tử của hidrocarbon là  $\text{C}_x\text{H}_y$ , các phương trình phản ứng khi  $\text{C}_x\text{H}_y$  tác dụng với oxi và clo sẽ là :



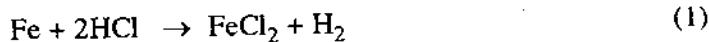
$$\text{Từ (1) ta có : } x + \frac{y}{4} = 5 \quad (3)$$

$$\text{Từ (2) ta có : } \frac{y}{2} = 4 \quad (4)$$

Kết hợp (3) và (4) ta thu được  $x=3, y=8$ .

Vậy công thức phân tử của hidrocarbon là  $C_3H_8$ .

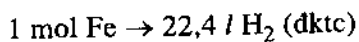
6. Phương trình phản ứng giữa Fe và HCl :



$$\text{Số mol Fe là : } \frac{4,2}{56} = 0,075 \text{ mol}$$

$$\text{Số mol HCl là : } \frac{60,9,5}{1000} = 0,57 \text{ mol}$$

Như vậy theo (1) thì HCl dư, do đó ta tính thể tích khí  $H_2$  thoát ra theo lượng Fe ban đầu :



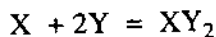
$$0,075 \text{ mol Fe} \rightarrow \frac{0,075 \cdot 22,4}{1} = 1,68 \text{ l } H_2 \text{ (đktc)}$$

Áp dụng hệ thức  $\frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2}$  ta tính được thể tích  $H_2$  ở điều

kiện 106657,9 Pa và  $30^0C$  là 1,77 l.

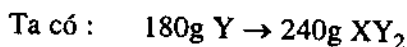
7. Bằng cách tính tương tự bài 2, ta có công thức đơn giản nhất của chất khí là  $CH_5N$ .

8. Phương trình phản ứng :



Theo đó thì : 60g X phản ứng với  $90 \times 2 = 180g$  Y.

Hỗn hợp có 100 g X và 100 g Y, do đó Y đã phản ứng hoàn toàn.

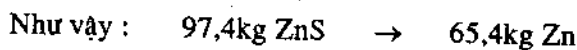


$$100\text{g Y} \rightarrow \frac{100.240}{180} = 133,3\text{g XY}_2$$

Lượng X đã phản ứng :  $\frac{60.100}{180} = 33,3\text{g}$

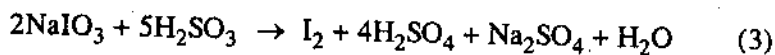
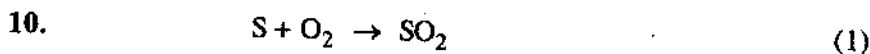
Vậy lượng X còn lại :  $100 - 33,3 = 66,7\text{g}$

9. Một tấn quặng có  $1000 \times 0,75 = 750\text{ kg ZnS}$



$$750\text{kg ZnS} \rightarrow \frac{750.65,4}{97,4} = 503,6\text{kg Zn}$$

Lượng Zn có độ tinh khiết 99,5% là :  $\frac{503,6.100}{99,5} = 506,1\text{ kg}$



Theo (1), (2) và (3) thì :  $5\text{ mol S} \rightarrow 1\text{ mol I}_2$

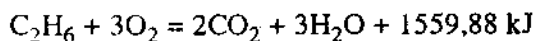
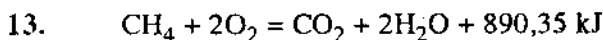


$$1000\text{g S} \rightarrow \frac{1000.254}{160} = 1587,5\text{g I}_2$$

Vì  $\eta = 90\%$  nên lượng  $\text{I}_2$  thực tế là :

$$1587,5 \cdot \frac{90}{100} = 1428,75 \text{ g} = 1,429 \text{ kg}$$

12. X là Flo.



a) Nếu oxi lấy từ môi trường ngoài :

Đối với  $\text{CH}_4$  : 1 g cháy phát ra lượng nhiệt là :

$$\frac{890,35}{16} = 55,65 \text{ kJ}$$

Đối với  $\text{C}_2\text{H}_6$  : 1 g cháy phát ra lượng nhiệt là :

$$\frac{1559,88}{30} = 52,00 \text{ kJ}$$

Như vậy ở trường hợp này  $\text{CH}_4$  là nhiên liệu tốt hơn.

b) Nếu oxi được dự trữ cùng nhiên liệu :

Khối lượng hỗn hợp ( $\text{CH}_4 + \text{O}_2$ ) là  $16 + 2 \cdot 32 = 80 \text{ g}$

$$1 \text{ g hỗn hợp cháy toả ra : } \frac{890,35}{80} = 11,13 \text{ kJ}$$

Khối lượng hỗn hợp ( $\text{C}_2\text{H}_6 + \text{O}_2$ ) là :  $30 + \frac{7}{2} \cdot 32 = 142 \text{ g}$

$$1 \text{ g hỗn hợp này cháy toả ra : } \frac{1559,88}{142} = 10,99 \text{ kJ}$$

Vậy trường hợp này  $\text{CH}_4$  vẫn là nhiên liệu tốt hơn.

$$16. \quad \ln \frac{P}{P_0} = -\frac{gMh}{RT} \quad (1)$$

Thay các số liệu :

$$g = 10 \text{ m.s}^{-2}, h = 6.10^3 \text{ m}, M = 29.10^{-3} \text{ kg.mol}^{-1},$$

$$R = 8,314 \text{ Jmol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1} = 8,314 \text{ kg.m}^2 \cdot \text{s}^{-2} \text{mol}^{-1} \text{K}^{-1}, T = 300\text{K}$$

vào (1) ta có :

$$\ln \frac{P}{P_0} = -0,6976$$

Do đó  $P = \frac{1}{2} P_0$ . Ở 300 K, ở độ cao 6000 m áp suất khí quyển chỉ bằng một nửa áp suất trên mặt đất.

$$17. \text{ Đối với khí lí tưởng } PV = \frac{m}{M} \cdot RT, \text{ từ đó ta có :}$$

$$M = \frac{m}{V} \cdot \frac{RT}{P} = RT \cdot \frac{d}{P}$$

Chất khí càng gần với khí lí tưởng khi  $P \rightarrow 0$ , vì vậy trong trường hợp khí thực thì :

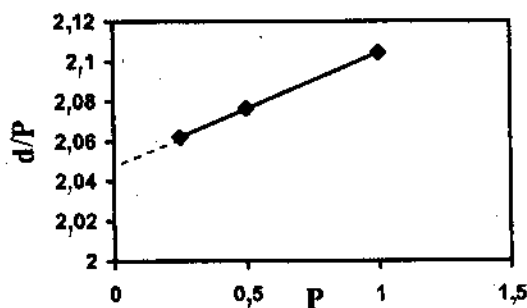
$$M = RT \cdot \lim_{P \rightarrow 0} \left( \frac{d}{P} \right)$$

Xây dựng đồ thị sự phụ thuộc của  $d/P$  vào  $P$  :

|                   |        |        |       |
|-------------------|--------|--------|-------|
| $P \text{ (atm)}$ | 1,000  | 0,500  | 0,250 |
| $d/P$             | 2.1043 | 2,0764 | 2,062 |

Ngoại suy đường thẳng cắt trục tung tại 2,05, do đó :

$$M = 2,05 \cdot 0,082 \cdot 300 = 50,43$$



Chất đó là  $\text{CH}_3\text{Cl}$ , có khối lượng phân tử theo lí thuyết là :

$$M = 35,5 + 12 + 3 = 50,5$$

18. Tính toán tương tự bài 17 ta thu được các kết quả sau :

$$M_{\text{Br}} = 80,03$$

$$M_{\text{C}} = 12,02$$

$$M_{\text{N}} = 13,99$$

19. Khối lượng oxi cần dùng cho một người trong 1 ngày :

$$m = 17 \cdot \frac{32 \cdot 0,2}{32 \cdot 0,2 + 28 \cdot 0,8} \cdot 0,99$$

Trong 10 ngày, lượng oxi cần dùng là :

$$10 \cdot m = 10 \cdot 17 \cdot \frac{32 \cdot 0,2}{32 \cdot 0,2 + 28 \cdot 0,8} \cdot 0,99 = 37,4 \text{ kg}$$

và lượng  $\text{KO}_2$  phải mang theo là :  $\frac{37,4 \cdot 142}{48} = 110,64 \text{ kg}$

20. Khối lượng oxi trong 3,48g oxit là :



$$3,48\text{g} - 3,24\text{g} = 0,24\text{g}$$

Như vậy : 0,24g oxi kết hợp với 3,24g kim loại.

$$8\text{g oxi kết hợp với } \frac{8 \cdot 3,24}{0,24} = 108\text{ g kim loại.}$$

Do đó, đương lượng của kim loại là 108.

Bằng cách tính tương tự, ta tính được đương lượng của lưu huỳnh bằng 16.

21. Trong 100g oxit thứ nhất có 65,2g As và 34,8g O.

34,8g oxi kết hợp với 65,2g asen.

$$8\text{g oxi kết hợp với } \frac{65,2 \cdot 8}{34,8} = 15\text{ g asen}$$

Như vậy trong oxit thứ nhất đương lượng của asen là 15.

Bằng cách tính tương tự, ta tính được đương lượng của asen trong oxit thứ hai là 24.

22. Số mol C trong 100 mol hỗn hợp khí tự nhiên là :

$$84.1 + 10.2 + 3.3 = 113\text{ mol C}$$

4 mol C sẽ cho 1 mol  $\text{C}_4\text{H}_6$  hay 54,0g  $\text{C}_4\text{H}_6$ .

$$113\text{ mol C sẽ cho : } \frac{113}{4} \cdot 54 = 1525,5\text{ g } \text{C}_4\text{H}_6.$$

100 mol hỗn hợp có khối lượng :

$$84.16 + 10.30 + 3.44 + 3.28 = 1860\text{g}$$

Hay : 1860g khí tự nhiên cho 1525,5g  $\text{C}_4\text{H}_6$ .

$$100\text{g khí tự nhiên cho : } \frac{100.1525,5}{1860} = 82,0\text{ g C}_4\text{H}_6$$

23. Tổng thể tích sau khi trộn lẫn là 21,0 l.

$$n_{\text{N}_2} = \frac{5,65}{28,0} = 0,202 \text{ mol}$$

$$n_{\text{O}_2} = \frac{5,00}{32,0} = 0,156 \text{ mol}$$

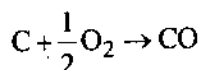
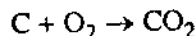
$$P_{\text{N}_2} = \frac{nRT}{V} = \frac{0,202.0,082.300}{21} = 0,237 \text{ atm}$$

$$\text{Tương tự, } P_{\text{O}_2} = 0,183 \text{ atm}$$

$$\text{Do đó } P_{\text{Tổng}} = 0,237 + 0,183 = 0,420 \text{ atm}$$

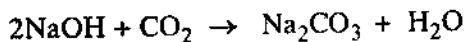
24. 11,2g C = 0,933 mol C

$$n_{\text{O}_2} = \frac{PV}{RT} = 0,876 \text{ mol O}_2$$



Đặt x là số mol CO<sub>2</sub> tạo thành, y là số mol CO tạo thành thì :

$$\begin{cases} x + y = 0,933 \\ x + 0,5y = 0,876 \end{cases} \quad \text{từ đó} \quad \begin{cases} x = 0,819 \text{ mol CO}_2 \\ y = 0,114 \text{ mol CO} \end{cases}$$



Số mol NaOH là :  $3,00/ \times 2,50 \text{ mol/l} = 7,50 \text{ mol}$ .

Số mol NaOH đã phản ứng là :  $0,819.2 = 1,64 \text{ mol}$ .

Số mol NaOH còn lại là :  $7,50 - 1,64 = 5,86 \text{ mol}$ .

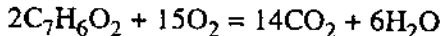
Nồng độ NaOH sau phản ứng là :  $\frac{5,86}{3} = 1,95\text{M}$

25. Áp suất hơi nước bão hoà ở  $25^{\circ}\text{C}$  bằng :

$$\frac{3173\text{Pa}}{101325\text{Pa/atm}} = 0,0313 \text{ atm.}$$

$$n_{\text{O}_2} = \frac{PV}{RT} = 0,204 \text{ mol O}_2$$

$$n_{\text{axit}} = 0,00615 \text{ mol axit}$$



Số mol  $\text{O}_2$  đã phản ứng là :  $0,00615. \frac{15}{2} = 0,0461 \text{ mol}$ .

Số mol  $\text{O}_2$  còn dư là  $0,158 \text{ mol}$ .

Số mol  $\text{CO}_2$  tạo ra là  $0,00615. \frac{14}{2} = 0,0430 \text{ mol}$ .

Số mol  $\text{H}_2\text{O}$  tạo ra là  $0,00615. \frac{6}{2} = 0,0184 \text{ mol}$ .

Nếu như nước tồn tại ở trạng thái hơi thì :

$$P_{\text{H}_2\text{O}} = \frac{0,0184.0,0821.298}{0,500} = 0,903 \text{ atm}$$

Như vậy  $P_{H_2O} \gg P_{H_2O}^{\text{Hơi}}$  và hầu hết nước được ngưng tụ.

Số mol nước trong pha hơi là :

$$n = \frac{PV}{RT} = \frac{\frac{3173}{101325} \cdot 0,500}{0,082 \cdot 298} = 6,4 \cdot 10^{-4} \text{ mol}$$

Như vậy trong pha hơi sẽ có :

$$0,158 + 0,0430 + 6,4 \cdot 10^{-4} = 0,202 \text{ mol}$$

$$\text{Phần mol của CO}_2 : x_{\text{CO}_2} = \frac{0,0430}{0,202} = 0,213$$

$$\text{Phần mol của H}_2\text{O} : x_{\text{H}_2\text{O}} = \frac{6,4 \cdot 10^{-4}}{0,202} = 0,0032$$

$$26. a) \quad n_{\text{SO}_2} = \frac{0,750 \cdot 2,125}{0,082 \cdot 353} = 0,0550 \text{ mol}$$

$$n_{\text{O}_2} = \frac{0,500 \cdot 1,500}{0,082 \cdot 353} = 0,0259 \text{ mol}$$

$$\text{Từ đó : } x_{\text{SO}_2} = 0,680 \text{ và } x_{\text{O}_2} = 0,320$$

$$P_{\text{Tổng}} = \frac{nRT}{V} = \frac{0,0809 \cdot 0,082 \cdot 353}{2,125 + 1,500} = 0,647 \text{ atm}$$

$$P_{\text{SO}_2} = x_{\text{SO}_2} \cdot P_{\text{Tổng}} = 0,440 \text{ atm}$$

$$P_{\text{O}_2} = x_{\text{O}_2} \cdot P_{\text{Tổng}} = 0,207 \text{ atm}$$

b)  $2\text{SO}_2 + \text{O}_2 \rightarrow 2\text{SO}_3$ , như vậy  $\text{SO}_2$  còn dư.

Lượng  $O_2$  là 0,0259 mol, lượng  $SO_2$  đã phản ứng là 0,0518 mol, lượng  $SO_2$  còn dư là 0,0032 mol. Sau khi phản ứng đã xảy ra hoàn toàn thì :

$$x_{SO_3} = \frac{0,0518}{0,0518 + 0,0032} = 0,942$$

$$x_{SO_2} = 0,058$$

$$P_{\text{Tổng}} = \frac{0,0550 \cdot 0,082 \cdot 353}{3,625} = 0,440 \text{ atm}$$

## *Chương 2.*

### **CHIỀU HƯỚNG VÀ MỨC ĐỘ DIỄN BIẾN CỦA CÁC QUÁ TRÌNH HOÁ HỌC. CƠ SỞ CỦA NHIỆT ĐỘNG HỌC HOÁ HỌC**

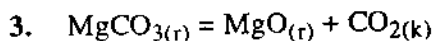
$$1. \quad \Delta H = -\frac{1}{m_c} (m_{Cu} \cdot C_{Cu} + m_{H_2O} \cdot C_{H_2O}) (t_2 - t_1)$$

$$\Delta H = -\frac{1}{3} (1500 \cdot 0,389 + 2000 \cdot 4,184) (31,3 - 20)$$

$$\Delta H = -33717,3 \text{ J/g}$$

$$2. \quad Q = \frac{100}{70} (900 \cdot 0,46 + 400 \cdot 4,184) (100 - 10)$$

$$Q = 268405,7 \text{ kJ}$$



$$V_{\text{CO}_2(298\text{K})} = \frac{22,4.298}{273} = 24,451 \text{ l}$$

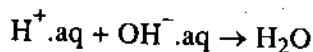
$$\Delta V = 24,434 \text{ l}$$

$$\Delta U = \Delta H - P\Delta V = 108,784 - 101325.24,434.10^{-3}.10^{-3}$$

$$\Delta U = 106,308 \text{ kJ/mol}$$

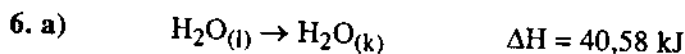
4.  $\Delta H = -110,50 + 241,84 = 131,34 \text{ kJ/mol}$

5. Thực chất của phản ứng trung hoà axit mạnh bằng bazơ mạnh là :



Do đó :

$$\begin{aligned} \Delta H^\circ_{\text{OH}^-_{\text{aq}}} &= \Delta H^\circ_{\text{H}_2\text{O}} - \Delta H^\circ_{\text{H}^+_{\text{aq}}} - \Delta H_{\text{pu}} \\ &= -285,81 - 0 + 57,32 = -228,49 \text{ kJ/mol} \end{aligned}$$



Thể tích 1mol hơi  $\text{H}_2\text{O}$  ở 373K :

$$\frac{22,4.373}{273} = 30,605 \text{ l}$$

$$\Delta V = 30,605 - 0,019 = 30,586 \text{ l}$$

$$A = -P\Delta V = -101325.30,586.10^{-3}.10^{-3} = -3,1 \text{ kJ}$$

b)  $\Delta U = \Delta H - P\Delta V$

$$\Delta H = 40,58 \text{ kJ}$$

$$\Delta U = 40,58 - 3,1 = 37,48 \text{ kJ}$$

$$7. a) \quad \Delta H = \Delta U + P\Delta V = \Delta U + \Delta nRT$$

$$= -726,55 + (1-3/2) \cdot 298,8 \cdot 8,314 \cdot 10^{-3}$$

$$= -727,79 \text{ kJ/mol}$$

$$b) \quad \Delta H_{\text{pur}} = 2\Delta H_{\text{H}_2\text{O}}^0 + \Delta H_{\text{CO}_2}^0 - \frac{3}{2}\Delta H_{\text{O}_2}^0 - \Delta H_{\text{CH}_3\text{OH}}^0$$

$$\Rightarrow \Delta H_{\text{CH}_3\text{OH}}^0 = 2\Delta H_{\text{H}_2\text{O}}^0 + \Delta H_{\text{CO}_2}^0 - \Delta H_{\text{pur}}^0$$

$$= 2(-285,85) + (-393,51) + 727,79$$

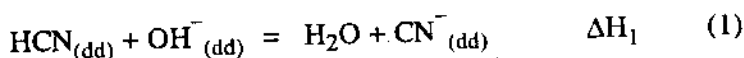
$$= -237,42 \text{ kJ/mol}$$

$$c) \quad \Delta H_{\text{hh}} = \Delta H_{\text{CH}_3\text{OH}(k)}^0 - \Delta H_{\text{CH}_3\text{OH}(l)}^0$$

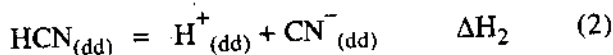
$$\Rightarrow \Delta H_{\text{CH}_3\text{OH}(k)}^0 = \Delta H_{\text{CH}_3\text{OH}(l)}^0 + \Delta H_{\text{hh}}$$

$$= -237,42 + 34,89 = -202,53 \text{ kJ/mol}$$

8. Phản ứng trung hoà HCN bằng kiềm mạnh :



Phản ứng điện li của HCN :



Mặt khác :

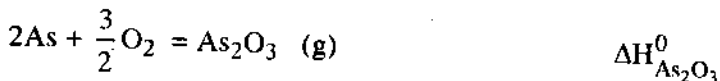




Dễ dàng thấy rằng : (2) = (1) - (3), do đó :

$$\Delta H_2 = \Delta H_1 - \Delta H_3 = -12,13 - (-57,32) = 45,19 \text{ kJ/mol}$$

9. Sinh nhiệt tiêu chuẩn của  $\text{As}_2\text{O}_3$  được tính từ phản ứng :



Dễ dàng nhận thấy phản ứng g là tổ hợp của các phản ứng a, b, c, d, e và f :

$$g = -a + 2b + 2c - 6d - 6e + 3f$$

Do đó :

$$\begin{aligned} \Delta H_{\text{As}_2\text{O}_3}^0 &= -31,59 + 2[73,55 + (-298,70)] - 6(-72,43 - 93,05) + 3(-285,77) \\ &= -346,32 \text{ kJ/mol} \end{aligned}$$

10. a) Nếu  thì khi nguyên tử hoá  $\text{O}_3$  phải phá vỡ 3 liên kết

đơn, lượng nhiệt cần tiêu thụ là  $3.138,07 = 414,21 \text{ kcal/mol}$ .

b) Nếu  thì khi nguyên tử hoá  $\text{O}_3$  phải phá vỡ 1 liên kết đôi

$\text{O}=\text{O}$  và 1 liên kết đơn  $\text{O}-\text{O}$ , lượng nhiệt cần tiêu thụ là :

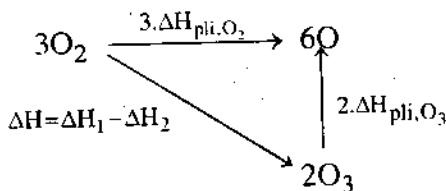
$$493,71 + 138,07 = 631,78 \text{ kJ/mol.}$$

Trong khi đó :  $3\text{O}_2 = 2\text{O}_3$

$$\Delta H = \Delta H_1 - \Delta H_2 = -812,11 - (-1095,79) = 283,68 \text{ kJ/mol.}$$

Ta xây dựng được sơ đồ sau :

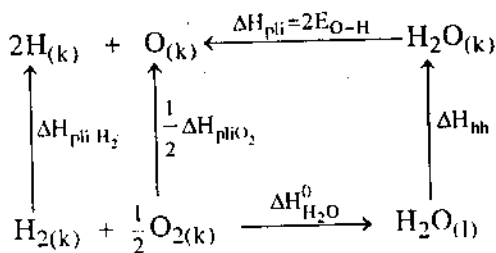
Nếu theo sơ đồ trên :



$$\Delta H_{\text{pli.O}_3} = \frac{-(\Delta H_1 - \Delta H_2) + 3\Delta H_{\text{pli.O}_2}}{2} = 598,725 \text{ kJ/mol}$$

Từ các kết quả nhận được rõ ràng cấu tạo hình chữ V phù hợp hơn về mặt năng lượng so với cấu tạo vòng.

11. Ta xây dựng chu trình sau :

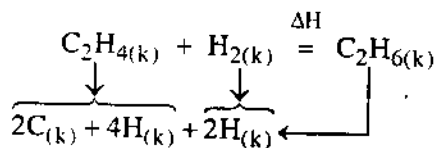


Từ chu trình trên ta có :

$$E_{\text{O-H}} = \frac{1}{2} \left( -\Delta H_{\text{hh}} - \Delta H_{\text{H}_2\text{O}}^0 + \Delta H_{\text{pli H}_2} + \frac{1}{2}\Delta H_{\text{pli O}_2} \right)$$

$$E_{\text{O-H}} = 461,91 \text{ kJ/mol}$$

12. Ta xây dựng chu trình sau :



Từ chu trình suy ra :

$$\Delta H = 4E_{\text{C-H}} + E_{\text{C=C}} + E_{\text{H-H}} - 6E_{\text{C-H}} - E_{\text{C-C}}$$

$$\Delta H = E_{\text{C=C}} + E_{\text{H-H}} - 2E_{\text{C-H}} - E_{\text{C-C}}$$

$$\Delta H = -125,52 \text{ kJ/mol}$$

13. Bằng cách xây dựng các chu trình tương tự bài 11 ta tính được :

a)  $U_{tt} = 2039,28 \text{ kJ/mol}$

b)  $U_{tt} = 2059,77 \text{ kJ/mol}$

14. Ở cùng T và P, 1 mol khí He chiếm thể tích bằng 1mol khí Ne ( $V_1$ ). Sau khi trộn thể tích của hỗn hợp là  $V = 2V_1$ .

Do đó, biến thiên entropi của một khí là :

$$\Delta S_i = \int \frac{\delta Q_i}{T} = \int \frac{PdV_i}{T} = R \ln \frac{V}{V_i} = R \ln 2$$

Biến thiên entropi của cả hệ là :

$$\Delta S = 2\Delta S_i = 2R \ln 2 = 11,53 \text{ J/mol.K}$$

15. Từ 
$$\Delta S = \int_{T_1}^{T_2} C_p \cdot d \ln T = C_p \ln \frac{T_2}{T_1}$$

Khi nhiệt độ thay đổi từ 273K đến 298K :

$$\Delta S = S_{298} - S_{273} = C_p \ln \frac{298}{273}$$

Suy ra :  $S_{273} = S_{298} - C_p \ln \frac{298}{273} = 63,36 \text{ J/mol.K}$

16. a)  $S_{368,4K} - S_{298} = \int_{298}^{368,4} C_p \cdot d \ln T$

$$S_{368,4K} = \int_{298}^{368,4} C_p \cdot d \ln T + S_{298} = 293,5 \text{ J/mol.K}$$

b)  $S_{\text{đơn tà}} = S_{368,4K} + S_{\text{ch. pha}}$

$$S_{\text{đơn tà}} = 293,5 + \frac{3 \cdot 10^3}{368,4} = 301,6 \text{ J/mol.K}$$

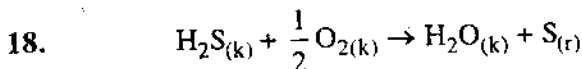
17. Từ  $\Delta G^0 = \Delta H^0 - T\Delta S$

Giả sử  $\Delta H^0$  và  $\Delta S^0$  không phụ thuộc vào nhiệt độ, ta có :

$$\Delta H^0 - 600\Delta S^0 = 50961$$

$$\Delta H^0 - 700\Delta S^0 = 34058$$

Ta tính được :  $\Delta H = 152379 \text{ J/mol}$  hay  $152,379 \text{ kJ/mol}$ .



$$\begin{aligned} \Delta H_{\text{pu}}^0 &= \Delta H_{\text{H}_2\text{O}(k)}^0 - \Delta H_{\text{H}_2\text{S}(k)}^0 \\ &= -241835 - (-20083) \\ &= -221752 \text{ J/mol} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Delta S_{\text{pu}}^0 &= S_{\text{H}_2\text{O}(\text{k})}^0 + S_{\text{S}(\text{r})}^0 - S_{\text{H}_2\text{S}(\text{k})}^0 - \frac{1}{2} S_{\text{O}_2(\text{k})}^0 \\ &= 188,824 + 31,882 - 205,434 - \frac{205,058}{2} \\ &= -87,257 \text{ J/mol.K}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Delta G_{\text{pu}}^0 &= \Delta H_{\text{pu}}^0 - T\Delta S_{\text{pu}}^0 = \\ &= -221752 - 298.(-87,257) \\ &= -195749,42 \text{ J/mol}\end{aligned}$$

Vậy phản ứng trên xảy ra theo chiều thuận, hay hỗn hợp  $\text{H}_2\text{S}$  và  $\text{O}_2$  ở điều kiện tiêu chuẩn là không bền.

19. Xét  $\Delta G^0 = \Delta H^0 - T\Delta S^0$  của phản ứng :

$$\Delta S^0 = 312,1 + 223,0 - 352,7 = 182,4 \text{ J/mol.K}$$

$$\Delta H^0 = -279073 + 369447 = 90374 \text{ J/mol}$$

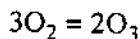
Khi phản ứng bắt đầu xảy ra :

$$\Delta G^0 = \Delta H^0 - T\Delta S^0 \leq 0$$

$$\text{Hay : } T \geq \frac{\Delta H^0}{\Delta S^0} = \frac{90374}{182,4} = 495,5\text{K}$$

Như vậy : Tại nhiệt độ 495,5K phản ứng bắt đầu xảy ra.

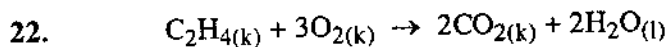
20. *Chỉ dẫn* : Quá trình tạo thành ozon theo phản ứng :



dưới tác dụng của tia lửa điện hay quang hoá là quá trình được thực hiện trong hệ không cô lập.

21. *Chỉ dẫn* : Ở cùng một nhiệt độ oxit nào có  $\Delta G_f^0$  càng bé thì càng bền, nghĩa là đơn chất tạo thành oxit đó có tính khử càng mạnh. Như vậy hiđro có thể khử được các oxit của các kim loại bạc và đồng (so sánh đường 3 với các đường 1 và 2). Ở vùng nhiệt độ thấp, hiđro còn khử được cả các oxit CO và  $\text{CO}_2$  (so sánh đường 3 với các đường 5 và 9).

Suy luận hoàn toàn tương tự đối với các trường hợp dùng cacbon, nhôm và magie làm chất khử.



Số mol  $\text{C}_2\text{H}_4$  trong  $1\text{m}^3$  khí :

$$n_{\text{C}_2\text{H}_4} = \frac{1000}{22,4} = 44,6 \text{ mol}$$

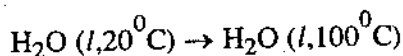
Lượng nhiệt được giải phóng khi đốt 44,6 mol  $\text{C}_2\text{H}_4$  là :

$$44,6 \cdot 1410 = 6,2886 \cdot 10^4 \text{ kJ}$$

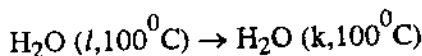
Lượng nhiệt hữu ích là :

$$0,700 \cdot 6,2886 \cdot 10^4 = 4,4020 \cdot 10^4 \text{ kJ}$$

Xem xét toàn bộ quá trình hoá hơi nước :



$$Q_1 = 4,184 \cdot 80 = 334,72 \text{ kJ/kg}$$

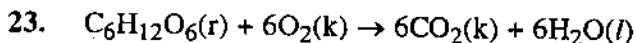


$$Q_2 = 2259 \text{ kJ/kg}$$

Do đó nhiệt hoá hơi 1kg nước là :

$$Q = Q_1 + Q_2 = 2593,72 \text{ kJ/kg}$$

Vậy lượng nước được hóa hơi là :  $\frac{4,4020 \cdot 10^4}{2593,72} = 17,0 \text{ kg}$



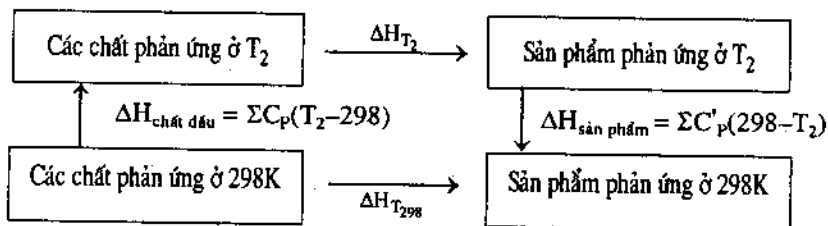
Ta có :

$$\Delta H_{\text{t.n}} = 6 \Delta H_f^0(\text{CO}_2) + 6 \Delta H_f^0(\text{H}_2\text{O}) - \Delta H_f^0(\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6) - 6 \Delta H_f^0(\text{O}_2)$$

Thay các số liệu vào ta có :

$$\Delta H_f^0(\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6) = -1259,4 \text{ kJ/mol}$$

24. Ta xây dựng giản đồ sau :



$$\Delta H_{673} = \Delta H_{298} - \Delta H_{\text{sản phẩm}} - \Delta H_{\text{chất đầu}}$$

$$\Delta H_{\text{sản phẩm}} = C_p(\text{CO}_2)(298 - 673) = 37,49(-375)$$

$$= -14059 \text{ J} = -14,06 \text{ kJ}$$

$$\Delta H_{\text{chất đầu}} = [C_p(\text{O}_2) + C_p(\text{C})] (673 - 298)$$

$$= (29,50 + 8,54) \cdot 375$$

$$= 14265 \text{ J} = 14,27 \text{ kJ}$$

$$\begin{aligned}\Delta H_{673} &= -393,51 + 14,06 - 14,27 \\ &= -393,72 \text{ kJ}\end{aligned}$$

25. a)  $\Delta H_1^0 = 178,03 \text{ kJ}$

$$\Delta H_2^0 = 221,42 \text{ kJ}$$

$$\Delta H_3^0 = -688,56 \text{ kJ}$$

$$\Delta H_4^0 = -65,19 \text{ kJ}$$

$$\Delta H_5^0 = 158,32 \text{ kJ}$$

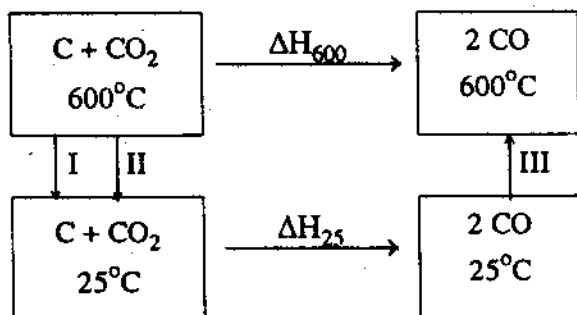
b) 
$$\Delta H_{\text{tổng}}^0 = \Delta H_1^0 + \Delta H_2^0 + \Delta H_3^0 + \Delta H_4^0 + \Delta H_5^0$$
  

$$= -195,98 \text{ kJ}$$



d)  $\Delta H^0 = -195,98 \text{ kJ}$

26. Ta xây dựng giản đồ :



Từ đó ta có :



$$\Delta H_{600} = \Delta H_I + \Delta H_{II} + \Delta H_{25} + \Delta H_{III}$$

$$\Delta H_{25} = 2 \Delta H_f^\circ(\text{CO}) - \Delta H_f^\circ(\text{CO}_2)$$

$$= 2(-110,50) - (-393,51)$$

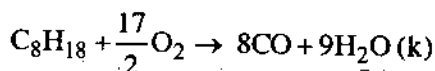
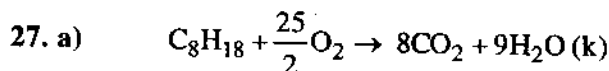
$$= 172,51 \text{ kJ}$$

$$\Delta H_I + \Delta H_{II} = (8,54 + 37,49) \cdot (-575)$$

$$= -26467 \text{ J} = -26,467 \text{ kJ}$$

$$\Delta H_{III} = 2.29,16.575 = 33534 \text{ J} = 33,534 \text{ kJ}$$

$$\Delta H_{600} = 179,58 \text{ kJ}$$



$$\Delta H_1 = -5053,9 \text{ kJ/mol}$$

$$\Delta H_2 = -2789,9 \text{ kJ/mol}$$

Gọi x là số mol CO tạo thành, số mol CO<sub>2</sub> sẽ là (0,800-x).

Lượng nhiệt được giải phóng bởi các phản ứng là :

$$\frac{2789,9 \cdot x}{8} + \frac{(0,800-x)}{8} \cdot 5053,9 \text{ (kJ)}$$

Lượng nhiệt tiêu thụ là :

$$377,40 + 275[x.29,16 + (0,800-x).37,49 + 0,900.24,77] \cdot 10^{-3}$$

Lượng nhiệt giải phóng bằng lượng nhiệt tiêu thụ, do đó :

$$x = 0,405 \text{ mol CO}$$

$$0,800 - x = 0,395 \text{ mol CO}_2$$

b) Số mol  $\text{O}_2$  lúc đầu có là :

$$0,395 + \frac{0,405}{2} + \frac{0,9}{2} = 1,0475 \text{ mol}$$

$$A = -P\Delta V$$

Tại áp suất P thì :

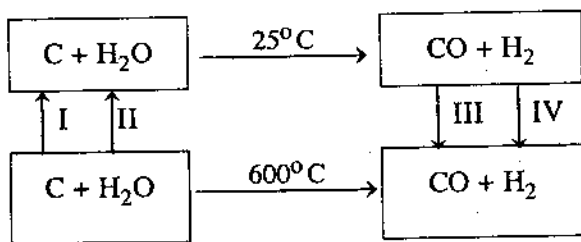
$$V_1 = \frac{(1,0475 + 0,1) \cdot 298,8,314}{P}$$

$$V_2 = \frac{(0,405 + 0,395 + 0,9) \cdot 573,8,314}{P}$$

$$\Delta V = \frac{5257}{P}$$

$$P\Delta V = 5257 \text{ J} \Rightarrow A = -5,257 \text{ kJ}$$

28.



$$\Delta H_I = \int_{298}^{873} C_p dT = 4910 \text{ J} = 4,910 \text{ kJ}$$

$$\Delta H_{II} = 20920 \text{ J} = 20,920 \text{ kJ}$$

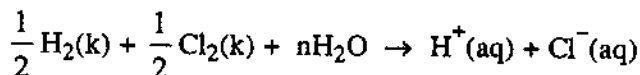
$$\Delta H_{III} = -17949 \text{ J} = -17,949 \text{ kJ}$$

$$\Delta H_{IV} = -17447 \text{ J} = -17,447 \text{ kJ}$$

$$\Delta H_{25} = \Delta H_f^\circ(\text{CO}) - \Delta H_f^\circ(\text{H}_2\text{O}) = 131,29 \text{ kJ}$$

$$\Delta H_{600} = +\Delta H_{\text{I}} + \Delta H_{\text{II}} + \Delta H_{\text{III}} + \Delta H_{\text{IV}} + \Delta H_{25} = 121,71 \text{ kJ}$$

29. Lấy tổng của hai phương trình phản ứng :



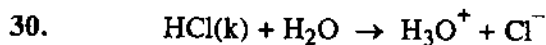
$$\Delta H_{298} = -167,36 \text{ kJ}$$

Như vậy :

$$-167,36 \text{ kJ} = \Delta H_f^\circ(\text{H}^+) + \Delta H_f^\circ(\text{Cl}^-) - \frac{1}{2} [\Delta H_f^\circ(\text{H}_2) + \Delta H_f^\circ(\text{Cl}_2)]$$

$$= 0 + \Delta H_f^\circ(\text{Cl}^-) - 0 - 0$$

$$\text{Do đó } \Delta H_f^\circ(\text{Cl}^-) = -167,36 \text{ kJ}$$

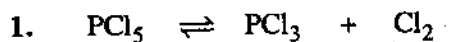


$$\Delta H^0 = \Delta H_f^\circ(\text{H}_3\text{O}^+) + \Delta H_f^\circ(\text{Cl}^-) - \Delta H_f^\circ(\text{HCl})$$

$$= -75,95 \text{ kJ/mol}$$

### Chương 3.

## CÂN BẰNG HOÁ HỌC



Cân bằng    0,21        0,32        0,32        (Mol).

$\frac{0,21}{V}$          $\frac{0,32}{V}$          $\frac{0,32}{V}$         (Nồng độ)

$$K_C = \frac{(0,32)^2}{V \cdot 0,21} = \frac{(0,32)^2}{12 \cdot 0,21} = 0,0406$$

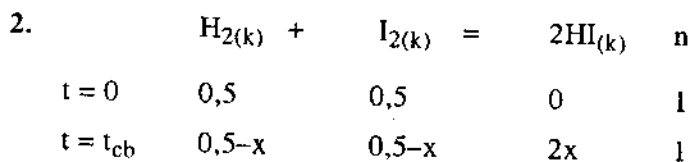
$$K_P = K_C \cdot (RT)^{\Delta n} = K_C \cdot RT$$

$$= 0,0406 \cdot 0,082 \cdot (273 + 250)$$

$$= 1,7412$$

$$\Delta G^0 = -RT \ln K_P = -8,314 \cdot (250 + 273) \cdot \ln 1,7412$$

$$= -2411,41 \text{ J/mol}$$



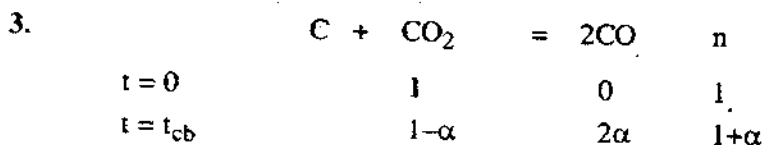
a)  $K_P = K_C (RT)^{\Delta n}$  ;  $\Delta n = 0 \rightarrow K_P = K_C$   
 $K_P = 50$

b)  $P = \frac{nRT}{V} = \frac{1,0,082 \cdot (448 + 273)}{10} = 5,91 \text{ atm}$   
 $P = 599054 \text{ Pa}$

c)  $K_C = \frac{(2x)^2}{(0,5-x)^2} = 50 \Rightarrow x = 0,39 \text{ mol}$   
 $n_{\text{I}_2} = 0,5 - x = 0,11 \text{ mol}$

d)  $P_{\text{I}_2} = P_{\text{H}_2} = \frac{0,5-x}{1} \cdot 599054 = 65896 \text{ Pa}$

$P_{\text{HI}} = \frac{2x}{1} \cdot 599054 = 467262 \text{ Pa}$



a)  $K_P = \frac{(2\alpha)^2 \cdot P}{(1-\alpha)(1+\alpha)} = 10 \Rightarrow \frac{(2\alpha)^2 \cdot 4}{(1-\alpha)(1+\alpha)} = 10 \Rightarrow \alpha = 0,62$

$$x_{\text{CO}_2} = \frac{1-\alpha}{1+\alpha} = 0,234$$

$$x_{\text{CO}} = \frac{2\alpha}{1+\alpha} = 0,766$$

b)  $P_{\text{CO}_2} = x_{\text{CO}_2} \cdot P = 0,234 \cdot 4 = 0,936 \text{ atm} = 94840 \text{ Pa}$

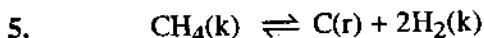
c) Tại cân bằng thì :

$$x_{\text{CO}_2} = 0,06$$

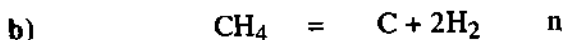
$$x_{\text{CO}} = 0,94$$

$$K_P = \frac{(0,94 \cdot P)^2}{0,06P} = \frac{0,94^2}{0,06} \cdot P = 10$$

$$\Rightarrow P = 0,679 \text{ atm} = 68804 \text{ Pa}$$



a)  $\ln \frac{K_{P_2}}{K_{P_1}} = -\frac{\Delta H}{R} \left( \frac{1}{T_2} - \frac{1}{T_1} \right) \Rightarrow K_{P_2} = 15,50$



$t = 0 \quad 1 \quad 0 \quad 1$

$t = t_{\text{cb}} \quad 1-\alpha \quad 2\alpha \quad 1+\alpha$

$$K_P = \frac{(2\alpha)^2}{1-\alpha^2} \cdot P \quad (1)$$

$$P = \frac{(1+\alpha) \cdot 0,082 \cdot (273+850)}{50} = (1+\alpha)1,84 \quad (2)$$

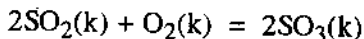
thay (2) vào (1) ta được :

$$K_P = \frac{(2\alpha)^2 \cdot (1+\alpha) \cdot 1.84}{(1+\alpha)(1-\alpha)} = 15,5$$

$$\Rightarrow \frac{(2\alpha)^2}{(1-\alpha)} = 8,42$$

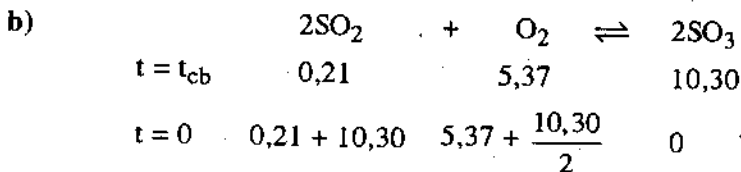
$$\alpha^2 + 2,105\alpha - 2,105 = 0 \Rightarrow \alpha = 0,74; P = 3,20 \text{ atm}$$

6.



Bậc tự do của hệ :  $V = C - F + 2 = 2 - 1 + 2 = 3$

$$\text{a)} \quad K_P = \frac{(10,3)^2 \cdot 100}{(0,21)^2 \cdot 5,37} = 4,48 \cdot 10^4$$



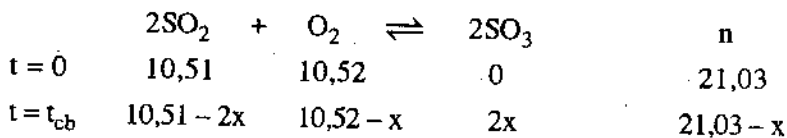
Như vậy tại  $t = 0$  thì :

$$n_{\text{SO}_3} = 0; n_{\text{SO}_2} = 10,51 \text{ mol}; n_{\text{O}_2} = 10,52 \text{ mol}$$

$$n_{\text{N}_2} = 84,12 \text{ mol}$$

$$\text{c)} \quad \alpha = \frac{10,51 - 0,21}{10,51} \cdot 100\% = 98\%$$

d) Trong trường hợp dùng oxi tinh khiết ta có :

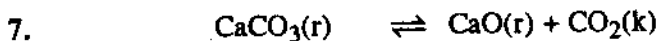


(Với  $x$  là số mol  $\text{O}_2$  đã tham gia phản ứng).

$$\frac{4x^2 \cdot (21,03 - x)}{(10,51 - 2x) \cdot (10,52 - x)} = 4,48 \cdot 10^4$$

Giải phương trình trên theo phương pháp gần đúng thu được :

$x = 5,2025$ . Từ đó suy ra độ chuyển hoá bằng 99%.



$$t = 0 \quad 0,1 \quad 0$$

$$t = t_{cb} \quad 0,1 - x \quad x$$

Theo phương trình phản ứng thì :

$$K_P = P_{\text{CO}_2} = 0,2$$

$$\frac{nRT}{V} = P_{\text{CO}_2} = \frac{x \cdot 0,082 \cdot (820 + 273)}{22,4} = 4x \Rightarrow 4x = 0,2$$

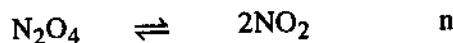
$$\Rightarrow x = 0,05$$

do đó :

$$n_{\text{CO}_2} = 0,05 \text{ mol} ; n_{\text{CaO}} = 0,05 \text{ mol} ; n_{\text{CaCO}_3} = 0,05 \text{ mol}$$

$$8. \quad P_{cb} = 0,255 \text{ atm}$$

$$P_0 = \frac{nRT}{V} = \frac{3 \cdot 10^{-3} \cdot 0,082 \cdot (273 + 45)}{0,5} = 0,156 \text{ atm}$$



$$t = 0 \quad 3 \cdot 10^{-3} \quad 0 \quad 3 \cdot 10^{-3}$$

$$t = t_{cb} \quad 3 \cdot 10^{-3}(1 - \alpha) \quad 2 \cdot 3 \cdot 10^{-3}\alpha \quad 3 \cdot 10^{-3}(1 + \alpha)$$

$$P_{cb} = P_0(1 + \alpha) \Rightarrow \alpha = \frac{P_{cb}}{P_0} - 1 = 0,635$$

$$K_P = \frac{4\alpha^2}{1 - \alpha^2} \cdot P_{cb} = 0,689$$

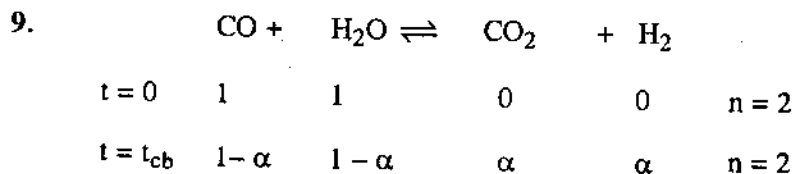


$$\ln \frac{K_{P_{21}}}{K_{P_{45}}} = -\frac{\Delta H}{R} \left( \frac{1}{T_2} - \frac{1}{T_1} \right) = -\frac{72,8 \cdot 10^3}{8,314} \cdot \left( \frac{1}{294} - \frac{1}{318} \right)$$

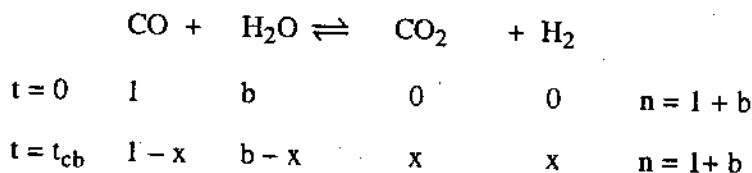
$$K_P(21^0\text{C}) = 0,073$$

$$\Delta G^0 = \Delta H^0 - T\Delta S^0 = -RT \ln K_P$$

$$\Delta S^0 = \frac{\Delta H^0 + RT \ln K_P}{T} = 225,8 \text{ J/mol.K}$$



$$K_P = \frac{\alpha^2}{(1-\alpha)^2} = 1 \Rightarrow \alpha = 0,5$$

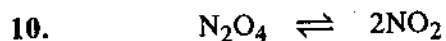


(b là số mol hơi nước cần dùng)

$$K_P = \frac{x^2}{(1-x)(b-x)} = 1 \Rightarrow \frac{0,99^2}{(1-0,99)(b-0,99)} = 1$$

$$\Rightarrow b = 99$$

hay phải dùng 99 mol nước.



$$t = 0 \quad 1 \quad 0 \quad n = 1$$

$$t = t_{cb} \quad 1 - \alpha \quad 2\alpha \quad n = 1 + \alpha$$

$$m \quad 92(1 - \alpha) \quad 46.2\alpha$$

$$K_P = \frac{4\alpha^2}{1 - \alpha^2} P$$

$$d_{hh/kk} = \frac{m_{\text{N}_2\text{O}_4} + m_{\text{NO}_2}}{n} \cdot \frac{1}{m_{kk}}$$

$$d_{hh/kk} = \frac{92}{29} \cdot \frac{1}{1 + \alpha} \text{ hay } d_{hh/kk} = \frac{3,172}{1 + \alpha} \text{ suy ra } \alpha = \frac{3,172}{d_{hh/kk}} - 1$$

Kết quả tính ở các nhiệt độ :

$$t^{\circ}\text{C} \quad 45 \quad 60 \quad 80 \quad 100 \quad 120 \quad 140 \quad 180$$

$$K_P \quad 0,58 \quad 1,52 \quad 5,54 \quad 14,95 \quad 44,77 \quad 397 \quad 397$$

Nhận xét : từ  $140^{\circ}\text{C}$ ,  $K = 397 = \text{const}$  vì  $\alpha \cong 1$ ,  $\text{N}_2\text{O}_4$  phân hủy hoàn toàn.



$$t = 0 \quad 1 \quad 0 \quad n = 1$$

$$t = t_{cb} \quad 1 - \alpha \quad 2\alpha \quad n = 1 + \alpha$$

$$P_{cb} = P_0(1 + \alpha)$$

Ở  $27^{\circ}\text{C}$  :

$$P_{01} = \frac{nRT_1}{V_1} = \frac{18,4}{92} \cdot \frac{0,082(27+273)}{5,9} = 0,834 \text{ atm}$$

$$\alpha_1 = \frac{P_{cb}}{P_{01}} - 1 = \frac{1}{0,834} - 1 = 0,20$$

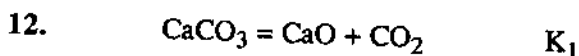
$$K_{P_1} = \frac{4\alpha^2}{1-\alpha^2} \cdot P = \frac{4 \cdot 0,2^2}{1-0,2^2} = 0,17$$

Ö 110°C:

$$P_{02} = \frac{nRT_2}{V_2} = \frac{18,4}{92} \cdot \frac{0,082(110+273)}{12,14} = 0,517 \text{ atm}$$

$$\alpha_2 = \frac{P_{cb}}{P_{02}} - 1 = \frac{1}{0,517} - 1 = 0,93$$

$$K_{P_2} = 25,61$$



$$K_{P_1} = P_{\text{CO}_2} = 0,2 \text{ atm}$$

$$K_{P_2} = \frac{P_{\text{CO}}^2}{P_{\text{CO}_2}} = 2 \Rightarrow P_{\text{CO}} = 0,632 \text{ atm}$$

$$n_{\text{CO}_2} = \frac{P_{\text{CO}_2} \cdot V}{RT} = \frac{0,2 \cdot 22,4}{0,082 \cdot 1093} = 0,050 \text{ mol}$$

$$n_{\text{CO}} = \frac{P_{\text{CO}} \cdot V}{RT} = \frac{0,632 \cdot 22,4}{0,082 \cdot 1093} = 0,158 \text{ mol}$$

$$n_{\text{CaO}} = 0,050 + \frac{0,158}{2} = 0,129 \text{ mol}$$

$$n_{\text{CaCO}_3} = 1 - n_{\text{CaO}} = 1 - 0,129 = 0,871 \text{ mol}$$

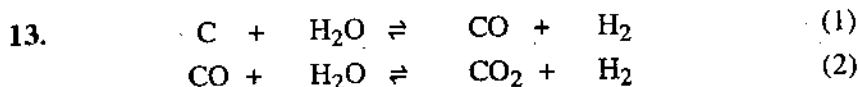
$$n_{\text{C}} = 1 - \frac{n_{\text{CO}}}{2} = 1 - \frac{0,158}{2} = 0,921 \text{ mol}$$

\* Phản ứng hoàn toàn khi :  $n_{\text{CaCO}_3} = 0$  hay :

$$1 - \left( \frac{n_{\text{CO}}}{2} + n_{\text{CO}_2} \right) = 0$$

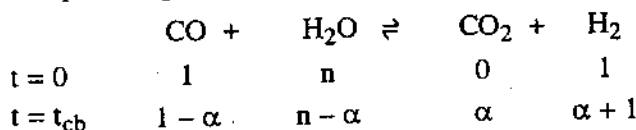
$$\frac{n_{\text{CO}}}{2} + n_{\text{CO}_2} = 1 \Rightarrow \frac{V}{RT} \left( \frac{P_{\text{CO}}}{2} + P_{\text{CO}_2} \right) = 1$$

$$V = 173,7 \text{ l}$$



Sau phản ứng (1) số mol CO và H<sub>2</sub> bằng nhau.

Xét phản ứng (2) :



Tổng số mol N =  $n + 2$ .

Phần mol của CO lúc cân bằng :  $x = \frac{n_{\text{CO}}}{N} = \frac{1 - \alpha}{n + 2}$ .

Do đó  $\alpha = 1 - x(n + 2)$  (3)

$$K_{p2} = \frac{P_{\text{CO}_2} \cdot P_{\text{H}_2}}{P_{\text{CO}} \cdot P_{\text{H}_2\text{O}}} = \frac{\frac{\alpha}{n+2} \cdot \frac{1+\alpha}{n+2}}{\frac{1-\alpha}{n+2} \cdot \frac{n-\alpha}{n+2}} = \frac{\alpha \cdot (1+\alpha)}{(1-\alpha) \cdot (n-\alpha)} \quad (4)$$

Thay (3) vào (4) :

$$K_{p2} = \frac{[1 - x(n+2)] \cdot [1 + 1 - x(n+2)]}{[1 - 1 + x(n+2)] \cdot [n - 1 + x(n+2)]}$$

$$\text{hay } \frac{[1-x(n+2)].[2-x(n+2)]}{x(n+2)[n-1+x(n+2)]} = 5$$

Áp dụng với  $n = 3$  :

$$\frac{(1-5x).(2-5x)}{5x.(2+5x)} = 5 \rightarrow x = 0,029 \text{ hay } x = 2,9\%.$$

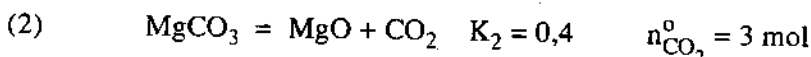
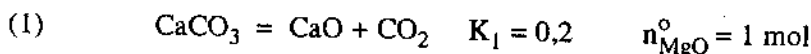
Nếu muốn  $x \leq 0,01$  cần giải phương trình :

$$\frac{[1-(n+2).0,01].[2-(n+2).0,01]}{(n+2).0,01.[n-1+(n+2).0,01]} = 5$$

Phương trình này có nghiệm  $n = 5,6$ .

14.  $T = 820 + 273 = 1093 \text{ K}$

$$n_{\text{CaO}}^{\circ} = 1 \text{ mol}$$



Khi thể tích còn rất lớn  $P_{\text{CO}_2} < 0,2 \text{ atm}$ , không có phản ứng nào xảy ra. Quá trình nén đẳng nhiệt 3 mol  $\text{CO}_2$  theo phương trình :

$$P = \frac{3.0,082.1093}{V} = \frac{268,88}{V}$$

Khi  $P_{\text{CO}_2} = 0,2 \text{ atm}$ ,  $V = \frac{268,88}{0,2} = 1344,4 \text{ (l)}$ , phản ứng (1) bắt

dầu xảy ra. Áp suất  $\text{CO}_2$  luôn không đổi cho tới khi 1 mol  $\text{CaO}$  phản ứng hết với 1 mol  $\text{CO}_2$ . Trong bình còn lại 2 mol  $\text{CO}_2$ . Điểm cuối của phản ứng (1) ứng với :

$$V = \frac{2.0,082.1093}{0,2} = 896,26 \text{ (l)}$$

Từ khi  $V = 896,26$  nén tiếp là giai đoạn nén 2 mol khí lí tưởng  $\text{CO}_2$ , áp suất tăng theo phương trình :

$$P = \frac{2.0,082.1093}{V} = \frac{179,25}{V}$$

Khi áp suất tăng tới  $P = 0,4$  atm bắt đầu xảy ra phản ứng (2), ứng với :

$$V = \frac{179,25}{0,4} = 448,13 \text{ (l)}$$

Từ thời điểm này áp suất luôn không đổi  $P = 0,4$  atm cho tới khi phản ứng (2) xảy ra hoàn toàn, 1 mol  $\text{CO}_2$  phản ứng với 1 mol  $\text{MgO}$ . Trong bình còn 1 mol  $\text{CO}_2$ .

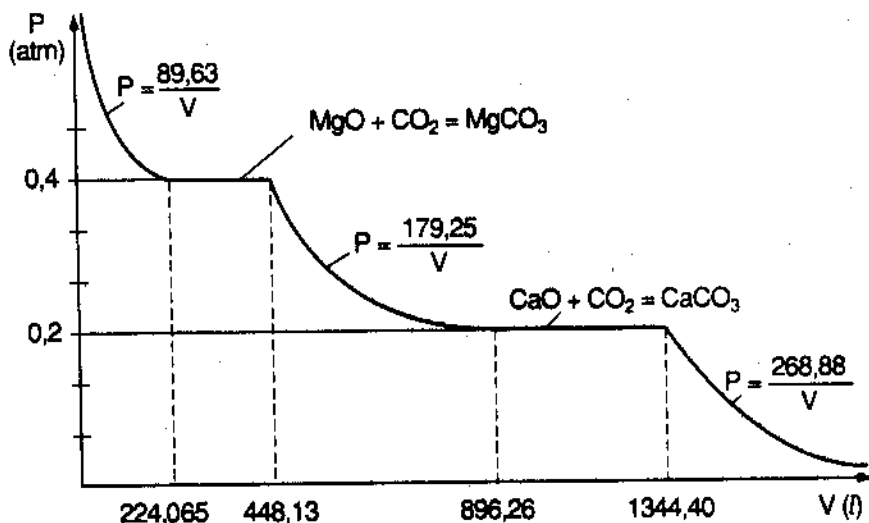
Điểm cuối của phản ứng (2) ứng với thể tích :

$$V = \frac{1.0,082.1093}{0,4} = 224,065 \text{ (l)} \quad (1)$$

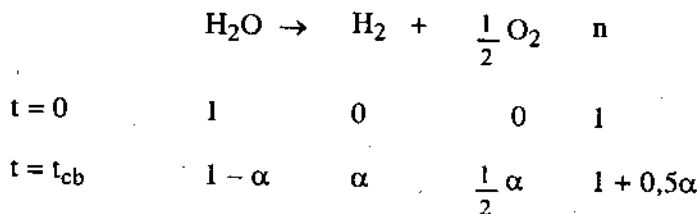
Từ thời điểm này, là quá trình nén 1 mol khí lí tưởng  $\text{CO}_2$  nên :

$$P = \frac{89,63}{V}$$

Từ các nhận xét trên hãy tự biểu diễn đồ thị sự phụ thuộc của  $P$  vào  $V$ .



15. Phương trình phân hủy hơi nước :



Ở 1500K :

$$x_{\text{H}_2} = \frac{\alpha}{1 + 0,5\alpha} = 1,92 \cdot 10^{-4} \Rightarrow \alpha = 1,92 \cdot 10^{-4}$$

$$K_{P(1500K)} = \frac{\alpha \cdot (0,5\alpha)^{1/2} \cdot P^{1/2}}{(1 - \alpha)(1 + 0,5\alpha)^{1/2}} = 1,88 \cdot 10^{-6}$$

Ở 2000K :

$$x_{\text{H}_2} = \frac{\alpha}{1 + 0,5\alpha} = 6 \cdot 10^{-4} \Rightarrow \alpha = 6 \cdot 10^{-4}$$

$$K_{P(2000K)} = \frac{\alpha \cdot (0,5\alpha)^{1/2} \cdot P^{1/2}}{(1 - \alpha)(1 + 0,5\alpha)^{1/2}} = 1,04 \cdot 10^{-5}$$

$$\ln \frac{K_{P_2}}{K_{P_1}} = -\frac{\Delta H}{R} \left( \frac{1}{T_2} - \frac{1}{T_1} \right)$$

$$\Delta H = \ln \frac{K_{P_2}}{K_{P_1}} \times \frac{RT_1 T_2}{T_2 - T_1} = \ln \frac{1,04 \cdot 10^{-5}}{1,88 \cdot 10^{-6}} \times \frac{8,314 \cdot 1500 \cdot 2000}{500}$$

$$\Delta H = 85328 \text{ J/mol} = 85,328 \text{ kJ/mol}$$



Gọi số mol của  $N_2$  lúc đầu là  $a$ , ta có :

|              |         |         |      |                   |
|--------------|---------|---------|------|-------------------|
| $t = 0$      | $a$     | $a$     | $0$  | $\Sigma n_i = 2a$ |
| $t = t_{cb}$ | $a - x$ | $a - x$ | $2x$ | $\Sigma n_i = 2a$ |

$$K_P = \left( \frac{2x}{a-x} \right)^2 = 4 \cdot 10^{-4} \Rightarrow \frac{x}{a-x} = 10^{-2}$$

$$\text{Hiệu suất} = \frac{x}{a} = 1\%$$

**b.**

|              |         |   |         |                      |       |                  |
|--------------|---------|---|---------|----------------------|-------|------------------|
|              | $N_2$   | + | $O_2$   | $\rightleftharpoons$ | $2NO$ |                  |
| $t = 0$      | 4       |   | 1       |                      | 0     | $\Sigma n_i = 5$ |
| $t = t_{cb}$ | $4 - x$ |   | $1 - x$ |                      | $2x$  | $\Sigma n_i = 5$ |

$$K_P = \frac{4x^2}{(4-x)(1-x)} = 4 \cdot 10^{-4}$$

ta có hiệu suất trong trường hợp này bằng 2%.

17. 
$$K_P = \frac{P_{NO_2}^2}{P_{N_2O_4}} = 0,66$$

$$P_{NO_2} + P_{N_2O_4} = 0,500 \text{ atm}$$

Từ đó suy ra :  $P_{NO_2} = 0,332 \text{ atm}$ ,  $P_{N_2O_4} = 0,168 \text{ atm}$

Tỉ lệ  $N_2O_4$  bị phân li là :

$$\frac{0,5P_{NO_2}}{P_{N_2O_4}^0} = \frac{0,5 \cdot 0,332}{0,5 \cdot 0,332 + 0,168} \cdot 100\% = 50\%$$

18. Lúc bắt đầu phản ứng ta có :

$$\frac{46}{254} = 0,181 \text{ mol } I_2 ; \frac{1}{2} = 0,500 \text{ mol } H_2$$

Lúc cân bằng ta có :  $\frac{1,9}{254} = 0,0075 \text{ mol } I_2$



$$0,500 - (0,181 - 0,0075) = 0,326 \text{ mol H}_2$$

$$2(0,181 - 0,0075) = 0,348 \text{ mol HI}$$

Nếu thể tích của bình phản ứng là V :

$$K_C = \frac{\left(\frac{0,348}{V}\right)^2}{\frac{0,326}{V} \cdot \frac{0,0075}{V}} = 50$$

19. a) Gọi x là số mol  $I_2$  đã phản ứng ta có :

$$K = \frac{[HI]^2}{[I_2] \cdot [H_2]} = \frac{(2x)^2}{(1,00 - x)^2} = 50$$

$x = 0,78 \text{ mol} \rightarrow$  số mol  $I_2$  còn lại là 0,22 mol.

$$b) \quad P = \frac{nRT}{V} = \frac{2,0 \cdot 0,082 \cdot 743}{30} = 4,1 \text{ atm}$$

$$c) \quad P_{I_2} = \frac{0,22 \cdot 0,082 \cdot 743}{30} = 0,45 \text{ atm}$$

$$P_{HI} = \frac{1,56 \cdot 0,082 \cdot 743}{30} = 3,17 \text{ atm}$$

d) Khi thêm 1 mol  $H_2$  vào hỗn hợp cân bằng thì :

$$n_{H_2} = 1,22 ; n_{I_2} = 0,22 ; n_{HI} = 1,56$$

Cân bằng chuyển dịch.

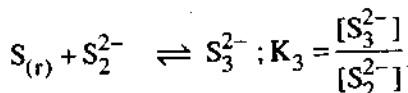
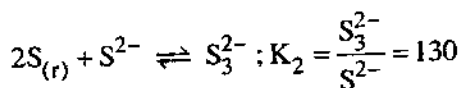
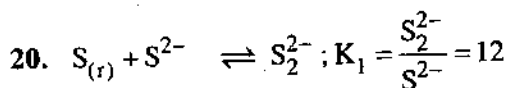
Gọi y là số mol  $I_2$  phản ứng tiếp theo, ta có :

$$K = 50 = \frac{(1,56 + 2y)^2}{(1,22 - y) \cdot (0,22 - y)}$$

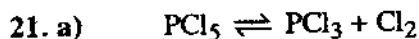
Giải phương trình bậc hai này, được  $y_1 = 1,55$  và  $y_2 = 0,155$ .

Chọn nghiệm có nghĩa  $y = 0,155$ , suy ra số mol  $I_2$  còn lại là :

$$0,22 - 0,155 = 0,065 \text{ (mol)}$$



$$\frac{[S_3^{2-}]}{[S_2^{2-}]} = \frac{\frac{[S_3^{2-}]}{[S^{2-}]}}{\frac{[S_2^{2-}]}{[S^{2-}]}} \Rightarrow K_3 = \frac{K_2}{K_1} = \frac{130}{12} = 11$$



Ở trạng thái cân bằng có : 40,7%  $Cl_2$ , do đó cũng có : 40,7%  $PCl_3$  và  $100,0 - 2(40,7) = 18,6\%$   $PCl_5$ .

$$P_{Cl_2} = P_{PCl_3} = 2.0,407 = 0,814 \text{ atm}$$

$$P_{PCl_5} = 2.0,186 = 0,372 \text{ atm}$$

$$K_P = \frac{0,814^2}{0,372} = 1,78$$

$$b) \quad P_{Cl_2} + P_{PCl_3} + P_{PCl_5} = 0,200 \text{ atm}$$

$$\text{hay: } 2P_{PCl_3} + \frac{P_{PCl_3}^2}{1,78} = 0,20 \text{ atm}$$

$$\text{Tính ra: } P_{PCl_3} = 0,097 \text{ atm}$$

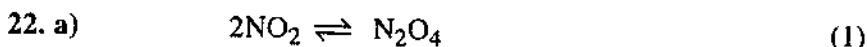
$$P_{\text{Cl}_2} = 0,097 \text{ atm}$$

$$P_{\text{PCl}_5} = 5,29 \cdot 10^{-3} \text{ atm}$$

$$\text{Độ phân hủy } \alpha = \frac{0,097}{0,097 + 5,29 \cdot 10^{-3}} = 0,948 = 94,8\%$$

Phần trăm  $\text{Cl}_2$  trong hỗn hợp là :

$$\frac{0,097}{0,097 + 0,097 + 0,00529} \cdot 100\% = 48,7\%$$



$$\Delta G_1^0 = \Delta G_f^0(\text{N}_2\text{O}_4) - 2 \Delta G_f^0(\text{NO}_2)$$

$$= 97,82 - 2 \cdot 51,30 = -4,78 \text{ kJ}$$

$$-RT \ln K_P = -4,78 \cdot 10^3 \text{ J} \rightarrow K_P = 6,87$$

b)  $\Delta G^0 = 4,78 \text{ kJ} \rightarrow K_P = 0,146$

c) Nếu phản ứng viết dưới dạng :



$$\Delta G_2^0 = \frac{1}{2} \Delta G_1^0 = -2,39 \text{ kJ};$$

$$K_{P_2} = \sqrt{K_{P_1}} = 2,62$$

## Chương 4.

# TỐC ĐỘ VÀ CƠ CHẾ CỦA PHẢN ỨNG HOÁ HỌC

1.



$$\bar{v} = \frac{-\Delta C_A}{\Delta t} = k[A]^a[B]^b$$

$$\bar{v}_1 = \frac{-(0,0975 - 0,1000)}{0,50} = 0,005 \text{ M.h}^{-1}$$

$$\bar{v}_2 = \frac{-(0,0900 - 0,1000)}{0,50} = 0,02 \text{ M.h}^{-1}$$

$$\bar{v}_3 = \frac{-(0,0450 - 0,05)}{2,00} = 0,0025 \text{ M.h}^{-1}$$

So sánh  $\bar{v}_1$  và  $\bar{v}_2$  với  $\bar{v}_3$  ta có :

$$\bar{v}_1 = k(0,1)^a (1,0)^b = 0,005 \text{ M.h}^{-1}$$

$$\bar{v}_2 = k(0,1)^a (2,0)^b = 0,02 \text{ M.h}^{-1}$$

$$\bar{v}_3 = k(0,05)^a (1,0)^b = 0,0025 \text{ M.h}^{-1}$$

$$\frac{\bar{v}_2}{\bar{v}_1} = \left(\frac{2}{1}\right)^b = 4 \rightarrow b = 2 ; \frac{\bar{v}_1}{\bar{v}_3} = \left(\frac{0,1}{0,05}\right)^a = 2 \rightarrow a = 1$$

Như vậy, phản ứng là bậc 1 đối với A, bậc 2 với B, bậc tổng cộng bằng 3.

Hằng số tốc độ phản ứng,  $k = \frac{\bar{v}}{[A][B]^2}$

$$k_1 = \frac{0,005}{(0,1)(1,0)^2} = 0,05 \text{ l}^2.\text{mol}^{-2}.\text{h}^{-1}$$

$$k_2 = \frac{0,02}{(0,1)(2,0)^2} = 0,05 \text{ l}^2.\text{mol}^{-2}.\text{h}^{-1}$$

$$k_3 = \frac{0,0025}{(0,05)(1,0)^2} = 0,05 \text{ l}^2.\text{mol}^{-2}.\text{h}^{-1}$$

$$\bar{k} = 0,05 \text{ l}^2.\text{mol}^{-2}.\text{h}^{-1}$$

2. Bậc không đối với A và bậc 2 đối với B.

Tốc độ ban đầu  $v_0 = k[B_0]^2$ , cả 3 thí nghiệm đều cho phép tính  $k = 0,20 \text{ M}^{-1}.\text{phút}^{-1}$ .

$$3. \quad k = \frac{\ln 2}{t_{1/2}} = \frac{0,693}{30} = 0,0231 \text{ năm}^{-1}$$

Thời gian để 99% số nguyên tử bị phân rã là :

$$t = \frac{1}{k} \ln \frac{C_0}{C} = \frac{1}{0,0231} \ln \frac{100}{100-99} = 199,358 \text{ năm}$$

4. Vì nồng độ của chất khí trong hỗn hợp tỉ lệ với áp suất riêng của nó nên phương trình động học tích phân của phản ứng bậc nhất có thể viết :

$$\ln \frac{P_0}{P_t} = kt$$

Gọi x là áp suất riêng của  $\text{CH}_4$  ở thời điểm t :



Thời điểm  $t = 0$  :  $P_0$                       0            0            0

Thời điểm t :  $P_0 - x$             x            x            x

$$P_t = P_0 + 2x \rightarrow x = \frac{P_t - P_0}{2}$$

$$\text{Do đó : } kt = \ln \frac{P_0}{P_t} = \ln \frac{P_0}{P_0 - x} = \ln \frac{2P_0}{3P_0 - P_t}$$

$$k = \frac{1}{10} \ln \frac{2.0,395}{3.0,395 - 0,405} = 1,27.10^{-3} \text{ s}^{-1}$$

Thời gian để áp suất của hỗn hợp đạt 0,800 atm sẽ là :

$$t = \frac{1}{1,27 \cdot 10^{-3}} \ln \frac{2,0,395}{3,0,395 - 0,800} = 566 \text{ s}$$

5.  $k = 1,0026 \cdot 10^{-4} \text{ s}^{-1}$

$$t_{1/2} = 6912,0 \text{ s}$$

6. Hằng số tốc độ của các phản ứng phân hủy phóng xạ  $^{11}\text{C}$  và  $^{14}\text{C}$  được tính theo công thức  $k = \frac{0,693}{t_{1/2}}$  :

$$k_{11} = \frac{0,693}{20} = 0,0346 \text{ phút}^{-1}$$

$$k_{14} = \frac{0,693}{5568 \cdot 365 \cdot 24 \cdot 60} = 2,368 \cdot 10^{-10} \text{ phút}^{-1}$$

- a) Tại thời điểm  $t = 0$ ,  $[^{11}\text{C}] = [^{14}\text{C}] = C_0$  nên :

$$\frac{v_{11}}{v_{14}} = \frac{k_{11}}{k_{14}} = \frac{0,0346}{2,368 \cdot 10^{-10}} = 146,3 \cdot 10^6 \text{ (lần)}$$

- b) Tại thời điểm  $t = 6^h = 360 \text{ phút}$  :

$$[^{11}\text{C}] = C_0 \cdot e^{-k_{11} \cdot t}, \quad [^{14}\text{C}] = C_0 \cdot e^{-k_{14} \cdot t}$$

$$\begin{aligned} \frac{v_{11}}{v_{14}} &= \frac{k_{11} [^{11}\text{C}]}{k_{14} [^{14}\text{C}]} \\ &= \frac{0,0346}{2,368 \cdot 10^{-10}} \cdot e^{-(0,0346 \cdot 360 - 2,368 \cdot 10^{-10} \cdot 360)} = 569 \text{ (lần)} \end{aligned}$$

$$7. \quad v = k[\text{HCrO}_4^-][\text{HSO}_3^-]^2[\text{H}^+]$$

- a) Vì nồng độ  $[\text{HSO}_3^-]$  rất lớn và  $[\text{H}^+]$  không thay đổi nên phản ứng là giả bậc nhất với  $[\text{HCrO}_4^-]$ . Thời gian nửa phản ứng là 15s. Thời gian để  $[\text{HCrO}_4^-]$  từ  $10^{-4}$  M xuống còn  $1,25 \cdot 10^{-5}$  M cần  $15 \times 3 = 45$ s.
- b) Phản ứng là bậc 2 với  $[\text{HSO}_3^-]$  nên khi giảm nồng độ của  $[\text{HSO}_3^-]$  từ 0,1M xuống 0,01M (10 lần) thì tốc độ phản ứng giảm  $10^2 = 100$  lần. Thời gian để giảm  $[\text{HCrO}_4^-]$  từ  $10^{-4}$  M xuống  $5 \cdot 10^{-5}$  M sẽ là  $15 \times 100 = 1500$ s.
- c) Nếu  $[\text{HSO}_3^-] = 0,1$ M và  $[\text{H}^+] = 10^{-5}$ M không đổi thì hằng số tốc độ phản ứng giả bậc 1 với  $[\text{HCrO}_4^-]$  là :

$$k' = k[\text{HSO}_3^-]^2[\text{H}^+] = \frac{0,693}{t_{1/2}} = \frac{0,693}{15} = 0,0462 \text{ s}^{-1}$$

Và hằng số tốc độ phản ứng k là :

$$k = \frac{k'}{[\text{HSO}_3^-]^2[\text{H}^+]} = \frac{0,0462}{(10^{-1})^2(10^{-5})} = 0,0462 \cdot 10^7 \text{ M}^{-3} \cdot \text{s}^{-1}$$

- d) Nếu ban đầu  $[\text{HSO}_3^-]$  và  $[\text{H}^+]$  đều bằng  $10^{-3}$  mol/l và không đổi trong quá trình phản ứng hằng số tốc độ giả bậc 1 ( $k''$ ) là :

$$k'' = k[\text{HSO}_3^-]^2[\text{H}^+] = 0,0462 \cdot 10^7 \cdot (10^{-3})^2 \cdot (10^{-3})$$

$$k'' = 0,0462 \cdot 10^{-2} \text{ s}^{-1}$$



Thời gian bán phản ứng đối với  $\text{HCrO}_4^-$  là :

$$t_{1/2} = \frac{0,693}{k^*} = \frac{0,693}{0,0462 \cdot 10^{-2}} = 1500 \text{ s}$$

8. Ở thời điểm bất kì, tỉ lệ giữa phần còn lại của saccarơ chưa bị phân hủy với lượng ban đầu là  $\frac{[A]}{[A_0]}$  hay  $\frac{[A]}{[A_0]} \times 100\%$ .

$$\ln \frac{[A]}{[A_0]} = -kt = -\left(\frac{0,693}{t_{1/2}}\right) \cdot t = -\left(\frac{0,693}{3,33}\right) \cdot 9,00$$

$$\ln \frac{[A]}{[A_0]} = -1,873 \rightarrow \frac{[A]}{[A_0]} = 0,153 \text{ (hay } 15,3\%)$$

9.  $\text{SO}_2\text{Cl}_2 \rightarrow \text{SO}_2 + \text{Cl}_2$

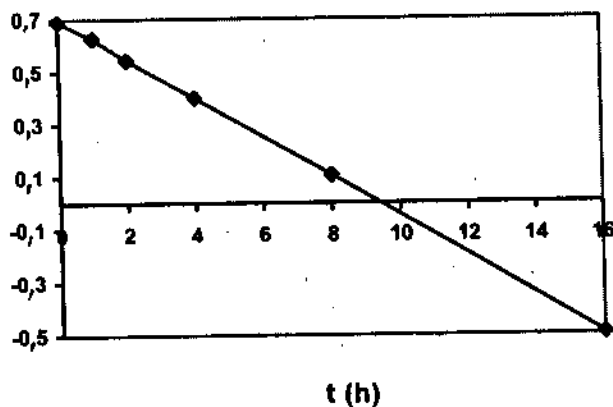
$$P_{\text{SO}_2} = P_t - P_0 \quad P_{\text{SO}_2\text{Cl}_2} = P_t - 2P_{\text{SO}_2}$$

Từ các dữ kiện đề bài ta lập bảng sau :

| t (h) | $P_t$ (atm) | $P_{\text{SO}_2}$ (atm) | $P_{\text{SO}_2\text{Cl}_2}$ (atm) | $\lg P_{\text{SO}_2\text{Cl}_2}$ |
|-------|-------------|-------------------------|------------------------------------|----------------------------------|
| 0,0   | 4,91        | 0,00                    | 4,91                               | 0,691                            |
| 1,0   | 5,58        | 0,67                    | 4,24                               | 0,627                            |
| 2,0   | 6,32        | 1,41                    | 3,50                               | 0,544                            |
| 4,0   | 7,31        | 2,40                    | 2,51                               | 0,400                            |
| 8,0   | 8,54        | 3,63                    | 1,28                               | 0,107                            |
| 16,0  | 9,50        | 4,59                    | 0,32                               | -0,495                           |

Vẽ đồ thị  $\lg P_{\text{SO}_2\text{Cl}_2} = f(t)$

$\lg P_{\text{SO}_2\text{Cl}_2}$



Đồ thị là đường thẳng có độ dốc :

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{-0,50 - 0,70}{16,0} = -0,075$$

a)  $k = -2,303 \cdot \operatorname{tg} \alpha = -2,303 \cdot (-0,075) = 0,173 \text{ h}^{-1}$

b)  $t_{1/2} = \frac{0,693}{k} = \frac{0,693}{0,173} = 4,00 \text{ h}$

c) Gọi P là áp suất của  $\text{SO}_2\text{Cl}_2$  tại thời điểm t :

$$\lg \frac{P}{P_0} = -\frac{0,173 \cdot 20}{2,303} = -1,502$$

$$P = 0,03148 \cdot P_0 = 0,155 \text{ atm}$$

$$P_t = P_0 + P_{\text{SO}_2} = 4,91 + (4,91 - 0,155) = 9,665 \text{ atm}$$

10.  $v = k[\text{Sty}][\text{OH}^-]$ .

Trong môi trường đệm  $[\text{OH}^-]$  không đổi nên có thể viết là :

$$v = k_1[\text{Sty}] \quad \text{với} \quad k_1 = k[\text{OH}^-]$$

Phản ứng thể hiện như bậc 1.

Nồng độ ban đầu của Sty là  $a = 6,86 \cdot 10^{-3} \text{M}$ .

Nồng độ của Sty tại thời điểm  $t$  là  $a - x$  với  $x = [\text{Cl}^-]$ .

Từ dữ kiện đề bài, ta lập bảng sau :

| $t$ (ph)   | 180                  | 360                  | 480                  | 1140                 | 1260                 |
|------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| $x$        | $1,15 \cdot 10^{-3}$ | $2,10 \cdot 10^{-3}$ | $2,70 \cdot 10^{-3}$ | $4,88 \cdot 10^{-3}$ | $5,21 \cdot 10^{-3}$ |
| $a - x$    | $5,71 \cdot 10^{-3}$ | $4,76 \cdot 10^{-3}$ | $4,16 \cdot 10^{-3}$ | $1,98 \cdot 10^{-3}$ | $1,65 \cdot 10^{-3}$ |
| $\ln(a-x)$ | -5,166               | -5,348               | -5,482               | -6,225               | -6,407               |

Vẽ đồ thị  $\ln(a-x) = f(t)$ . Đồ thị thu được là đường thẳng giả thiết bậc 1 của phản ứng được xác nhận. Từ độ dốc của đường thẳng tính được  $k = 1,05 \cdot 10^{-3} \text{ phút}^{-1}$ .

11. Vì nồng độ của B là rất dư nên có thể xem  $[\text{B}]$  là không đổi và bằng 6,0M.

$$v = 6,00.k.[\text{A}]$$

Phản ứng thể hiện là bậc 1 đối với A với hằng số tốc độ :

$$k' = 6,00.k$$

$$\ln \frac{[\text{A}_0]}{[\text{A}]} = 6,00.k.t$$

thay  $t = 100\text{s}$ , tính được  $[\text{A}] = 5,0 \cdot 10^{-3} \text{M}$

12. Phản ứng là bậc nhất với mỗi chất nên phản ứng có bậc chung bằng 2. Vì nồng độ ban đầu của hai chất phản ứng bằng nhau nên phương trình động học tích phân có dạng :

$$\frac{1}{[A]} - \frac{1}{[A_0]} = kt$$

$$\frac{1}{[A]} - \frac{1}{0,10} = 1,0 \cdot 10^{-2} \cdot 100$$

tính được  $[A] = 0,091M$ .

13. Giả thiết phản ứng là bậc 2, vì  $[este]_0 = [OH^-]_0$ , phương trình động học tích phân có dạng :

$$\frac{1}{[OH^-]} - \frac{1}{[OH^-]_0} = kt$$

Ở mỗi thời điểm t,  $[OH^-] = \frac{0,01 \cdot V_{HCl}}{10}$ . Do đó :

$$\frac{10^3}{V_{HCl}} - 20 = kt$$

Từ dữ kiện đề bài, ta lập bảng sau :

| t (ph)                 | 4      | 9      | 15     | 24     | 37     | 53     |
|------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| $\frac{10^3}{V_{HCl}}$ | 22,676 | 25,907 | 29,674 | 35,842 | 43,668 | 54,054 |

Xây dựng đồ thị  $\frac{1}{V_{HCl}} = f(t)$ . Đồ thị là đường thẳng, xác nhận

bậc phản ứng là 2.

Từ độ dốc của đường thẳng tính được  $k = 0,647M^{-1} \cdot \text{phút}^{-1}$ .

$$t_{1/2} = \frac{1}{ak} = \frac{1}{0,05 \cdot 0,647} = 30,91$$

14. Từ biểu thức của Arrhenius :

$$k = A \cdot e^{\frac{-E^*}{RT}} \quad \text{hay} \quad \ln k = \ln A - \frac{E^*}{RT}$$

Từ dữ kiện đề bài, ta lập bảng sau:

|               |                 |                 |                 |                 |
|---------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| $\frac{1}{T}$ | $3,356.10^{-3}$ | $3,247.10^{-3}$ | $3,049.10^{-3}$ | $2,959.10^{-3}$ |
| $\ln K$       | -10,971         | -9,618          | -7,195          | -6,032          |

Vẽ đồ thị  $\ln k = f\left(\frac{1}{T}\right)$ . Đồ thị thu được là một đường thẳng.

Hệ số góc của đường thẳng thu được cho phép tính:

$$E^* = 103 \text{ kJ.mol}^{-1}$$

Hệ số nhiệt độ của tốc độ phản ứng ở  $30^\circ\text{C}$ :  $\gamma = \frac{k_{273+40}}{k_{273+30}}$

$$\text{Từ } \ln \frac{k_2}{k_1} = \frac{E^*}{R} \left( \frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_2} \right) \quad (*)$$

Thay các giá trị  $E^*$ ,  $T_1 = 303\text{K}$ ;  $T_2 = 313$ , ta tính được:

$$\ln \gamma = \frac{103.10^3}{8,314} \left( \frac{1}{303} - \frac{1}{313} \right) = 1,306$$

$$\gamma = 3,7$$

Cũng từ biểu thức (\*):

Thay  $T_1 = 298\text{K}$ ,  $k_1 = 1,72.10^{-5}$  và  $T_2 = 303\text{K}$ , tính  $k_2$  ở  $30^\circ\text{C}$ :

$$k_2 = k_1 \cdot e^{\frac{5.E^*}{298.303R}} = 3,42.10^{-5} \text{ s}^{-1}$$

Thời gian nửa phản ứng ở  $30^\circ\text{C}$  là:

$$t_{1/2} = \frac{0,693}{k_2} = 20263 \text{ s}$$

15. Giả thiết phản ứng là bậc 1. Đặt  $x = [\text{ure}]$ .

Theo dữ kiện đề bài, ta lập bảng:

ở  $61^\circ\text{C}$ :

|         |        |        |        |        |
|---------|--------|--------|--------|--------|
| t (ph)  | 0      | 9600   | 18220  | 28600  |
| $\ln X$ | -2,302 | -2,460 | -2,600 | -2,773 |

- Ở 71°C :

|        |         |         |         |         |
|--------|---------|---------|---------|---------|
| t (ph) | 0       | 2818    | 4800    | 9060    |
| ln X   | - 2,302 | - 2,482 | - 2,609 | - 2,882 |

Vẽ đồ thị  $\ln x = f(t)$  đối với cả 2 nhiệt độ.

Đồ thị thu được đều là đường thẳng, xác nhận phản ứng là bậc 1.

Từ độ dốc của các đường thẳng cho phép xác định :

$$\text{Ở } 61^{\circ}\text{C} \quad k_1 = 1,64 \cdot 10^{-5} \text{ phút}^{-1}$$

$$\text{Ở } 71^{\circ}\text{C} \quad k_2 = 6,37 \cdot 10^{-5} \text{ phút}^{-1}$$

$$E^* = R \frac{T_1 T_2}{T_2 - T_1} \ln \frac{k_2}{k_1} = 130 \text{ kJ}$$

16. Từ  $v = -\frac{\Delta C_A}{\Delta t} = 0,01 = k$  với mọi thời điểm t.

Phản ứng là bậc không :  $k = \text{const} = 0,01 \text{ M.phút}^{-1}$ .

17. Từ biểu thức tổng quát liên hệ giữa thời gian nửa phản ứng và nồng độ ban đầu của chất phản ứng  $t_{1/2} = \frac{\text{const}}{[A]_0^{p-1}}$  (p là bậc phản ứng) ta thấy :

- Khi  $p = 1$ , thời gian nửa phản ứng bậc 1 không phụ thuộc vào nồng độ ban đầu.
- Khi  $p > 1$ , thời gian nửa phản ứng của các phản ứng có bậc 2, 3 đều tỉ lệ nghịch với nồng độ ban đầu.
- Chỉ có phản ứng bậc không với phương trình động học tích phân :

$$[A_0] - [A] = kt$$

$$t_{1/2} = \frac{[A]_0}{2k}$$

mới có  $t_{1/2}$  tỉ lệ thuận với nồng độ ban đầu.

Từ dữ kiện thực nghiệm của đề bài có thể thấy  $t_{1/2}$  tỉ lệ thuận với áp suất ban đầu của  $\text{NH}_3$ , điều đó chứng tỏ phản ứng là bậc không.

Gọi  $P_0$  và  $P$  là áp suất của chất khí tại ban đầu và tại thời điểm  $t$ , từ phương trình động học của phản ứng bậc không :

$$-\frac{dP}{dt} = k \rightarrow k = \frac{P^0}{t_{1/2}}$$

Từ đó tính được  $\bar{k} = 17,3 \text{ phút}^{-1}$  ( $\bar{k}$  là giá trị trung bình của 3 lần thực nghiệm).

18. Phương trình động học vi phân của phản ứng bậc 1 :

$$v = -\frac{\Delta C_A}{\Delta t} = k[A], \text{ suy ra : } k = -\frac{\Delta C_A}{[A]} \cdot \frac{1}{\Delta t}$$

Vì phần thay đổi của nồng độ của A bằng 2% trong một phút đầu tiên ( $\Delta t = 60\text{s}$ ) là khá nhỏ nên có thể thay  $[A] = [A]_0$ , nghĩa là :

$$-\frac{\Delta C_A}{[A]} = 0,02, \text{ do đó :}$$

$$k = \frac{0,02}{60} = 3,33 \cdot 10^{-4} \text{ s}^{-1}$$

Thời gian để 50% lượng vi rút bị diệt :

$$t_{1/2} = \frac{0,693}{k} = 2081 \text{ s} = 34,68 \text{ phút}$$

Thời gian để 75% lượng vi rút bị diệt :

$$t = -\frac{1}{k} \ln \frac{[A]}{[A]_0} = 4163 \text{ s} = 69,38 \text{ phút}$$

19. Đối với phản ứng bậc 2 :  $t_{1/2} = \frac{1}{k[A]}$

a)  $t_{1/2} = 12500 \text{ phút}$

b)  $t_{1/2} = 25000 \text{ phút}$

20.  $E^* = 70,85 \text{ kJ.mol}^{-1}$

21.  $k_{875^{\circ}\text{C}} = 7,0.10^{-3} \text{ l.mol}^{-1} \text{ s}^{-1}$

22. Từ phương trình  $k = A.e^{-\frac{E^*}{RT}}$

$$\lg k = \lg A - \frac{E^*}{2,303RT} ;$$

so sánh với phương trình của đề bài ta có :

$$\frac{E^*}{2,303RT} = \frac{1,25.10^4}{T}$$

Từ đó tính được :

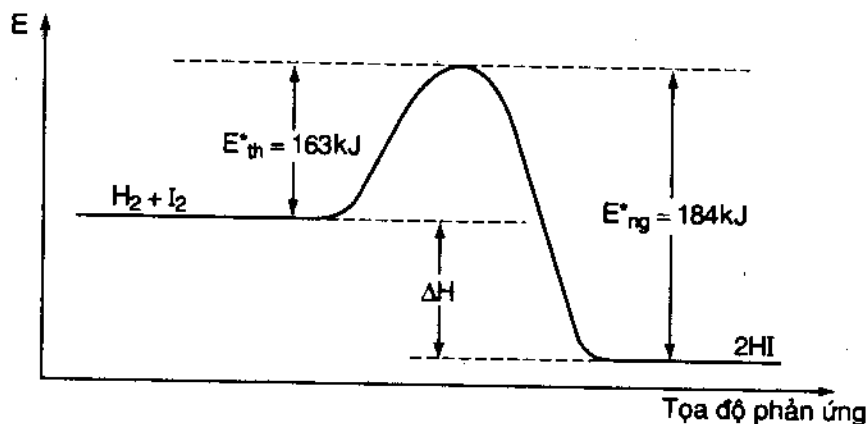
$$E^* = 1,25.10^4 \cdot 2,303 \cdot 8,314 = 239400 \text{ J.mol}^{-1} = 239,4 \text{ kJ.mol}^{-1}$$

$$\lg k_{670} = 14,34 - \frac{1,25.10^4}{670} = -4,316$$

$$k_{670} = 4,82.10^{-5} \text{ s}^{-1}$$



23. Vẽ đồ thị phản ứng :



Từ đồ thị phản ứng ta thấy :

$$\Delta H = E_{th}^* - E_{ng}^*$$

$$\Delta H = 163 - 184 = -21 \text{ kJ}$$

24. Từ  $k_1 = A_1 \cdot e^{\frac{-E_1^*}{RT}}$  và  $k_2 = A_2 \cdot e^{\frac{-E_2^*}{RT}}$

ta có :

$$\frac{k_1}{k_2} = \frac{A_1}{A_2} \cdot e^{\frac{-(E_2^* - E_1^*)}{RT}}$$

Ở  $T_1 = 283\text{K}$   $\frac{1}{RT_1}(E_2^* - E_1^*) = \ln 10 - \ln \frac{A_1}{A_2}$  (1)

Ở  $T_2 = 313\text{K}$   $\frac{1}{RT_2}(E_2^* - E_1^*) = \ln 0,1 - \ln \frac{A_1}{A_2}$  (2)

$$\frac{E_2^* - E_1^*}{R} \left( \frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_2} \right) = \ln \frac{10}{0,1}$$

$$E_2^* - E_1^* = \ln 100 \cdot \frac{8,314 \cdot 283 \cdot 313}{313 - 283} = 113048,6 \text{ J} \approx 113,0 \text{ kJ};$$

Vậy  $E_2^*$  lớn hơn  $E_1^*$ .

$$25. \quad E^* = h\nu \cdot N = h \frac{c}{\lambda} \cdot N$$

$$\begin{aligned} E^* &= 6,625 \cdot 10^{-34} \cdot \frac{3 \cdot 10^8}{4 \cdot 10^{-7}} \cdot 6,023 \cdot 10^{23} = 299267,8 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1} \\ &= 299,27 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1} \end{aligned}$$

26. Năng lượng bị hấp thụ bởi hệ trong 1s sẽ là :

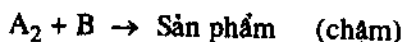
$$E = nh\nu \frac{1}{0,54}$$

Trong đó : n là số phân tử CO tạo thành trong 1s và 0,54 là hiệu suất lượng tử của phản ứng.

$$\begin{aligned} E &= \frac{10^{-3} \cdot 6,023 \cdot 10^{23}}{3600} \cdot 6,625 \cdot 10^{-34} \cdot \frac{3 \cdot 10^8}{3020 \cdot 10^{-10}} \cdot \frac{1}{0,54} \\ &= 0,2039 \text{ J/s} \end{aligned}$$



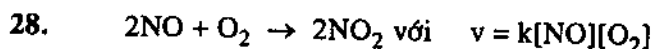
$$k_1 = \frac{[A_2]}{[A]^2} \rightarrow [A_2] = k_1 [A]^2 \quad (1)$$



$$v = k_2[A_2][B] \quad (2)$$

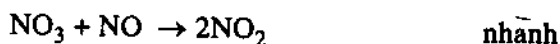
Thay (1) vào (2) ; vì giai đoạn 2 là giai đoạn quyết định tốc độ nên :

$$v = k_2 \cdot k_1 \cdot [A]^2[B] = k[A]^2[B]$$



Vì bậc phản ứng không trùng với hệ số tỉ lượng của các chất phản ứng nên phản ứng trên không phải là phản ứng đơn giản mà là phản ứng xảy ra theo nhiều giai đoạn.

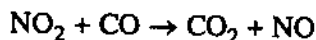
Có thể giả thiết phản ứng xảy ra theo hai giai đoạn như sau:



$$v = k[NO][O_2]$$

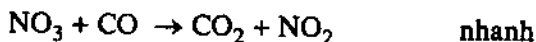
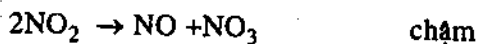
29. Có thể giả thiết :

Trên  $500^\circ\text{C}$  phản ứng là đơn giản :



$$\text{Với } v = k[NO_2][CO]$$

Dưới  $500^\circ\text{C}$  phản ứng xảy ra theo hai giai đoạn sau :



Do đó  $v = k[\text{NO}_2]^2$ .

30. – Theo cơ chế a : 
$$K_1 = \frac{[\text{NOH}_2]}{[\text{NO}][\text{H}_2]}$$

Giả thiết rằng cân bằng (1) xảy ra nhanh, phản ứng (2) xảy ra chậm :

$$v = \frac{1}{2} \frac{d[\text{NOH}_2]}{dt} = k_2[\text{NOH}_2][\text{NO}]$$

$$v = k_2[\text{NOH}_2][\text{NO}] = k_2 K_1 [\text{NO}]^2 [\text{H}_2]$$

$$v = k[\text{NO}]^2 [\text{H}_2]$$

(với  $k = k_2 K_1$ ).

(phù hợp với phương trình động học thực nghiệm).

– Theo cơ chế b : 
$$K'_1 = \frac{[\text{N}_2\text{O}_2]}{[\text{NO}]^2}$$

Cũng giả thiết tương tự như trường hợp a :

$$v = \frac{1}{2} \cdot \frac{d[\text{NOH}]}{dt} = k'_2 [\text{H}_2][\text{N}_2\text{O}_2]$$

$$v = k'_2 \cdot K'_1 \cdot [\text{NO}]^2 [\text{H}_2] = k[\text{NO}]^2 [\text{H}_2]$$

(phù hợp với phương trình động học thực nghiệm)

Như vậy cả hai cơ chế đều có thể được chấp nhận.

## Chương 5

### DUNG DỊCH

1. 1 lít dung dịch nặng 1000d g có chứa  $\frac{1000da}{100} = 10ad$  g chất tan.

a) Số mol chất tan có trong 1l dung dịch :  $C_M = \frac{10ad}{M}$

(M là khối lượng mol của chất tan).

b) Số đương lượng gam của chất tan có trong 1l dung dịch :

$[N] = \frac{10ad}{Đ}$  (Đ là đương lượng gam của chất tan).

c) 100g dung dịch chứa a g chất tan và (100 - a) g dung môi, nồng độ molan của chất tan là :

$$C = \frac{\frac{a}{M}}{(100 - a)} 1000 \Rightarrow C = \frac{1000a}{M(100 - a)}$$

d) Phần mol của chất tan là :

$$\frac{\frac{a}{M}}{\frac{a}{M} + \frac{(100-a)}{M'}} \quad (M' \text{ là khối lượng mol của dung môi}).$$

2. 18,02M; 36,04N

3. 9,84ml

4. 1,27ml

5. 0,574g  $\text{CaCO}_3$

6. Gọi  $m(\text{g})$  là khối lượng  $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$  tinh thể được tách ra khi làm lạnh, trong đó sẽ có  $\frac{106}{286}m(\text{g})$   $\text{Na}_2\text{CO}_3$  khan. Khối lượng dung dịch còn lại là :  $500 - m(\text{g})$ .

Theo điều kiện đầu bài :

$$\frac{\left( \frac{31,6}{100} \cdot 500 - \frac{106}{286} \cdot m \right)}{500 - m} \cdot 100 = 6,75$$

Tính ra :  $m = 409,89\text{g}$ .

7. Độ tan của chất khí trong nước tỉ lệ với áp suất của nó nên :

Độ tan của oxi không khí ( $P_{\text{O}_2} = 0,2 \text{ atm}$ ) trong nước là :

$$4,13 \cdot 10^{-3} \cdot 0,2 = 8,26 \cdot 10^{-4} \text{ g}$$

Độ tan của nitơ không khí ( $P_{\text{N}_2} = 0,8 \text{ atm}$ ) trong nước là :

$$1,75 \cdot 10^{-3} \cdot 0,8 = 1,4 \cdot 10^{-3} \text{ g}$$

Tỉ lệ mol  $\text{O}_2 : \text{N}_2$  hoà tan trong nước là :

$$\frac{8,26 \cdot 10^{-4}}{32} : \frac{1,4 \cdot 10^{-3}}{28} = 0,516$$

Tỉ lệ này lớn hơn tỉ lệ  $\text{O}_2 : \text{N}_2$  trong không khí, nghĩa là không khí tan trong nước giàu oxi hơn.

8. 90,2%  $\text{N}_2\text{O}$  ; 9,8%  $\text{NO}$

$$9. \quad P_A = X_A \cdot P_A^0 = \frac{\frac{1000}{18} + \frac{18}{342}}{\frac{1000}{18} + \frac{68}{342}} \cdot 3,78 = 3,767 \text{ kPa}$$

$$10. \quad \Delta T_S = 319,304 - 319,2 = 0,104 \text{ K}$$

$$\Delta T_S = K_S \cdot C = 2,37 \cdot \frac{\frac{0,217}{19,31} \cdot 1000}{M} = 0,104$$

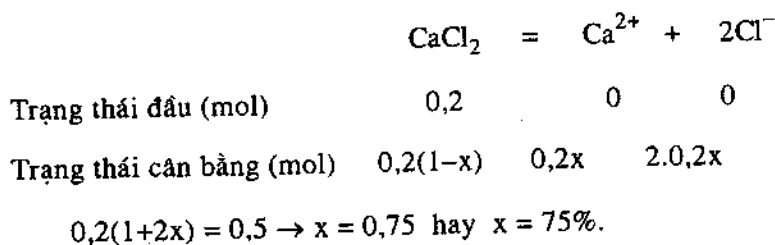
$$M = 256,09 = 32 \cdot n$$

$$n = \frac{256,09}{32} \approx 8$$

Trong dung dịch  $\text{CS}_2$  lưu huỳnh tồn tại dưới dạng phân tử  $\text{S}_8$ .

11. Trong 2 dung dịch có chứa số tiểu phân chất tan bằng nhau và bằng số tiểu phân của 0,5 mol đường.

Gọi độ điện li biểu kiến của  $\text{CaCl}_2$  là x.



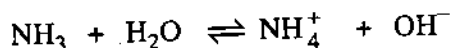
12. Từ định luật Raul I,  $\frac{\Delta P}{P_0} = N_A$  ta có :

$$\frac{17,5 - 16,5}{17,5} = \frac{\frac{m}{92}}{\frac{m}{92} + \frac{180}{18}}, m = 55,76 \text{ g}$$

13.  $\Pi = 2,6 \text{ mmHg} = 2,6 \cdot 0,07355 = 0,191 \text{ mmHg}$

$$M = \frac{m}{\Pi V} \cdot RT = \frac{0,75 \cdot 62400 \cdot 277}{125 \cdot 0,191} = 542978 \text{ (g/mol)}$$

14. Bỏ qua sự điện li của nước :



Trạng thái cân bằng :  $C(1-\alpha) \qquad \alpha C \qquad \alpha C$

a)  $[\text{NH}_4^+] = [\text{OH}^-] = C \cdot \alpha = 0,01 \cdot 0,041 = 4,1 \cdot 10^{-4} \text{ M}$

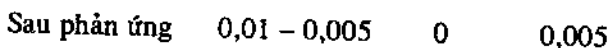
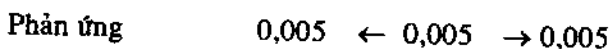
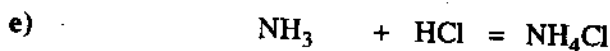
b)  $[\text{NH}_3] = (1-\alpha)C = 0,01(1-0,041) = 9,59 \cdot 10^{-3} \text{ M}$

c)  $K_b = \frac{[\text{OH}^-][\text{NH}_4^+]}{[\text{NH}_3]} = \frac{C\alpha^2}{1-\alpha} = 1,75 \cdot 10^{-5}$



- d) Khi thêm 0,009 mol  $\text{NH}_4\text{Cl}$  cân bằng điện li của  $\text{NH}_3$  chuyển dịch về phía trái nên :  $[\text{NH}_3] \cong C$  (nồng độ ban đầu của  $\text{NH}_3$ ) ;  
 $[\text{NH}_4^+] = 0,009 \text{ M}$ .

$$[\text{OH}^-] = \frac{K_b \cdot [\text{NH}_3]}{[\text{NH}_4^+]} = \frac{1,75 \cdot 10^{-5} \cdot 10^{-2}}{0,009} = 1,94 \cdot 10^{-5} \text{ M}$$



$$[\text{OH}^-] = \frac{K_b \cdot [\text{NH}_3]}{[\text{NH}_4^+]} = 1,75 \cdot 10^{-5} \cdot \frac{0,005}{0,005} = 1,75 \cdot 10^{-5} \text{ M}$$

15.  $2,49 \cdot 10^{-5}$

16.  $4,29 \cdot 10^{-2} \text{ M}$

17. a)  $\alpha = 1,26 \cdot 10^{-2}$

b)  $\alpha' = \frac{\alpha}{2} ; \sqrt{\frac{K_a}{C'}} = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{K_a}{C}}$

$$C' = 4C \quad C' = 4 \cdot 0,1 = 0,4 \text{ M}$$

Số mol  $\text{CH}_3\text{COOH}$  cần thêm vào 1/ dung dịch 0,1 M là :

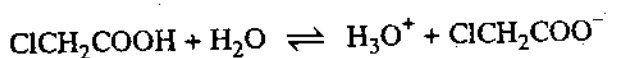
$$0,4 - 0,1 = 0,3 \text{ mol}$$

c)  $\text{pH} = -\lg[\text{H}_3\text{O}^+] = \frac{1}{2}\text{pK} - \frac{1}{2}\lg C = \frac{1}{2}4,8 - \frac{1}{2}\lg 0,4 = 2,6$

$$18. [\text{H}_3\text{O}^+] = 1,31 \cdot 10^{-4} \text{ M}, \quad [\text{OH}^-] = 7,63 \cdot 10^{-11} \text{ M}$$



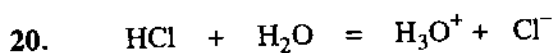
$$2 \cdot 10^{-3} \qquad 2 \cdot 10^{-3}$$



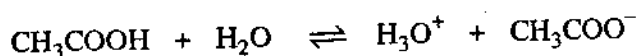
$$10^{-2} - x \qquad x \qquad x + 2 \cdot 10^{-3}$$

$$K_a = \frac{[\text{H}_3\text{O}^+][\text{ClCH}_2\text{COO}^-]}{[\text{ClCH}_2\text{COOH}]} = \frac{x(x + 2 \cdot 10^{-3})}{10^{-2} - x} = 1,36 \cdot 10^{-3}$$

$$x = [\text{H}_3\text{O}^+] = 2,37 \cdot 10^{-3} \text{ M}$$



$$5 \cdot 10^{-2} \qquad 5 \cdot 10^{-2}$$

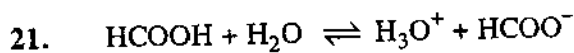


$$0,1 - x \qquad x + 5 \cdot 10^{-2} \qquad x$$

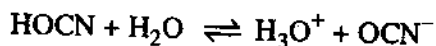
$$K_a = \frac{[\text{H}_3\text{O}^+][\text{CH}_3\text{COO}^-]}{[\text{CH}_3\text{COOH}]} = \frac{(x + 5 \cdot 10^{-2})x}{0,1 - x} = 1,75 \cdot 10^{-5}$$

$$x = 3,5 \cdot 10^{-5}, \quad [\text{CH}_3\text{COO}^-] = 3,5 \cdot 10^{-5} \text{ M}$$

$$[\text{H}_3\text{O}^+] = x + 5 \cdot 10^{-2} = 3,5 \cdot 10^{-5} + 5 \cdot 10^{-2} \approx 5 \cdot 10^{-2}$$



$$K_1 = \frac{[\text{H}_3\text{O}^+][\text{HCOO}^-]}{\text{HCOOH}} = 1,8 \cdot 10^{-4}$$



$$K_2 = \frac{[\text{H}_3\text{O}^+][\text{OCN}^-]}{[\text{HOCN}]} = 3,3 \cdot 10^{-4}$$

Vì nồng độ của các axit không quá bé nên có thể bỏ qua sự điện li của nước. Biểu thức của định luật bảo toàn điện tích có dạng :

$$[\text{H}_3\text{O}^+] = [\text{HCOO}^-] + [\text{OCN}^-]$$

$$[\text{H}_3\text{O}^+] = K_1 \frac{[\text{HCOOH}]}{[\text{H}_3\text{O}^+]} + K_2 \frac{[\text{HOCN}]}{[\text{H}_3\text{O}^+]}$$

Cả 2 axit cùng yếu nên có thể coi gần đúng :

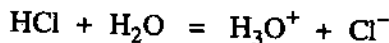
$$[\text{HCOOH}] = C_1 = 10^{-2} \text{ M}$$

$$[\text{HOCN}] = C_2 = 10^{-1} \text{ M}$$

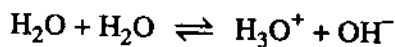
$$[\text{H}_3\text{O}^+] = \sqrt{K_1 C_1 + K_2 C_2}$$

$$[\text{H}_3\text{O}^+] = \sqrt{1,8 \cdot 10^{-4} \cdot 10^{-2} + 3,3 \cdot 10^{-4} \cdot 10^{-1}} = 5,9 \cdot 10^{-3} \text{ M}$$

22. Vì dung dịch HCl  $5 \cdot 10^{-8} \text{ M}$  quá loãng nên không thể bỏ qua sự điện li của nước. Trong dung dịch có các cân bằng sau :



$$5 \cdot 10^{-8} \qquad \qquad 5 \cdot 10^{-8} \qquad 5 \cdot 10^{-8}$$



$$\qquad \qquad \text{x} \qquad \qquad \text{x}$$

$$[\text{H}_3\text{O}^+] = [\text{OH}^-] + [\text{Cl}^-]$$

$$[\text{H}_3\text{O}^+] = \frac{10^{-14}}{[\text{H}_3\text{O}^+]} + 5 \cdot 10^{-8}$$

$$[\text{H}_3\text{O}^+]^2 - 5 \cdot 10^{-8} [\text{H}_3\text{O}^+] - 10^{-14} = 0$$

$$[\text{H}_3\text{O}^+] = 1,28 \cdot 10^{-7} \text{ M} \rightarrow \text{pH} = 6,89$$

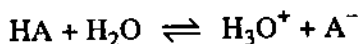
23. a) 12,57 ; 12,43

b) 8,74

c) 2,68

d) 2,53

24. Xét trường hợp axit HA nồng độ C, hằng số axit  $K_a$ . Trong đa số các trường hợp, khi axit có nồng độ không quá bé, người ta bỏ qua sự điện li của nước và chỉ xét cân bằng phân li của axit :



$$K_a = \frac{[\text{H}_3\text{O}^+][\text{A}^-]}{[\text{HA}]}$$

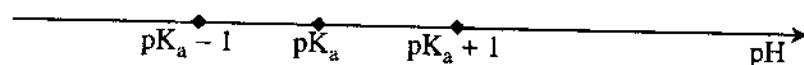
$$\text{pH} = \text{p}K_a - \lg \frac{[\text{HA}]}{[\text{A}^-]} \quad (*)$$

- Khi  $\text{pH} < \text{p}K_a$ ,  $[\text{HA}] > [\text{A}^-]$ , người ta nói vùng  $\text{pH} < \text{p}K_a$  là vùng ưu thế hay vùng trội của HA.
- Ngược lại, khi  $\text{pH} > \text{p}K_a$ ,  $[\text{A}^-] > [\text{HA}]$ , người ta nói vùng  $\text{pH} > \text{p}K_a$  là vùng trội của  $\text{A}^-$ .

Trong thực tế, khi  $[HA] \geq 10[A^-]$  người ta bỏ qua  $[A^-]$  và ngược lại.

Vùng ưu thế của HA

Vùng ưu thế của  $A^-$



Từ quan điểm trên :

+ Khi  $[HA] \geq 10[A^-]$ , xem như  $[HA] = C$ ; đặt  $[H_3O^+] = h$ , ta có :

$$K_a = \frac{[H_3O^+][A^-]}{[HA]} = \frac{h^2}{C}$$

do đó  $pH = \frac{1}{2}(pK_a + pC)$  với  $pC = -\lg C$ .

Trong trường hợp này phương trình (\*) có dạng :

$$pH \leq pK_a - 1 \quad \text{hay} \quad 1 \leq pK_a - pH.$$

Vì  $pH = \frac{1}{2}(pK_a + pC)$  nên  $pK_a - pC \geq 2$ .

+ Khi  $[A^-] \geq 10[HA]$ , xem như  $[A^-] = C$  : axit phân li hoàn toàn, do đó :

$$[H_3O^+] = [A^-] = C \quad \text{suy ra} \quad pH = pC$$

Trong trường hợp này (\*) có dạng :

$$pH \geq pK_a + 1$$

mà  $pH = pC$  nên  $pK_a - pC \leq -1$

Như vậy :

Khi  $pK_a - pC \leq -1$ , pH được tính theo hệ thức :  $pH = pC$

Khi  $pK_a - pC \geq 2$ , pH được tính theo hệ thức :

$$pH = \frac{1}{2}(pK_a + pC)$$

Khi  $-1 < pK_a - pC < 2$ , không có dạng trội :

$$K_a = \frac{[H_3O^+][A^-]}{[HA]} = \frac{h^2}{C - h}$$

Để tính  $h = [H_3O^+]$  phải giải phương trình bậc hai này.

Để tính pH của các dung dịch bazơ, bằng cách tương tự ta tính được pOH, sau đó từ  $pH + pOH = 14$  suy ra pH.

Áp dụng :

a) Dung dịch  $CH_3COOH$   $10^{-4}M$  :  $pK_a = 4,8$ ,  $pC = 4$

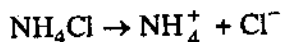
$$pK_a - pC = 4,8 - 4 = 0,8 > -1$$

Axit được xem là không mạnh không yếu. Giải phương trình bậc 2 để tính  $[H^+]$  :

$$\frac{h^2}{c - h} = 1,58 \cdot 10^{-5} ; [H^+] = h = 3,26 \cdot 10^{-5}$$
$$pH = 4,49$$

b) Dung dịch  $NH_4Cl$   $10^{-2}M$ .

Trong dung dịch này  $NH_4Cl$  phân li hoàn toàn :



Ta có dung dịch axit yếu  $\text{NH}_4^+ 10^{-2}\text{M}$  với :

$$\text{pK}_a = 14 - 4,8 = 9,2$$

Như vậy, trong trường hợp này :

$$\text{pK}_a - \text{pC} = 9,2 - 2 = 7,2 > 2$$

$$\text{pH} = \frac{1}{2}(\text{pK}_a + \text{pC}) = \frac{1}{2}(9,2 + 2) = 5,6$$

c) Dung dịch  $\text{NH}_3 10^{-3}\text{M}$  :  $\text{pK}_b = \text{pK}_{\text{NH}_3} = 4,8$  ;  $\text{pC} = 3$ .

$$\text{pK}_b - \text{pC} = 4,8 - 3 = 1,8$$

Vì  $1 < 1,8 < 2$ , để tính  $[\text{OH}^-]$  phải giải phương trình bậc 2 :

$$\text{K}_b = \frac{[\text{OH}^-]^2}{\text{C} - [\text{OH}^-]}$$

Tìm được :  $[\text{OH}^-] = 1,18 \cdot 10^{-4}$  hay  $\text{pOH} = 3,93$ .

Suy ra  $\text{pH} \approx 10,1$ .

d) Dung dịch  $\text{CH}_3\text{COONa } 10^{-2}\text{M}$ . Đây là dung dịch bazơ yếu  $\text{CH}_3\text{COO}^- 10^{-2}\text{M}$  với :

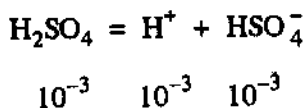
$$\text{pK}_b = 14 - \text{pK}_a = 9,2 ;$$

$$\text{pK}_b - \text{pC} = 9,2 - 2 = 7,2 > 2$$

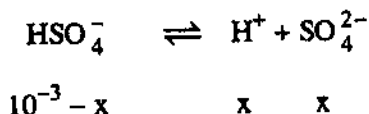
$$\text{Do đó } \text{pOH} = \frac{1}{2}(\text{pK}_b + \text{pC}) = 5,6 ;$$

Suy ra  $\text{pH} = 14 - \text{pOH} = 8,4$ .

25. Nấc 1 điện li hoàn toàn :



Cân bằng điện li của nấc 2 :

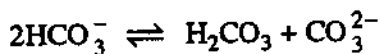


$$K_2 = \frac{[\text{H}^+][\text{SO}_4^{2-}]}{[\text{HSO}_4^-]} = \frac{(x+10^{-3})x}{10^{-3}-x} = 10^{-2}$$

$$x = 8,44 \cdot 10^{-4},$$

$$[\text{H}^+] = 10^{-3} + 8,44 \cdot 10^{-4} = 1,844 \cdot 10^{-3}; \text{ pH} = 2,73$$

26. Trong dung dịch có phản ứng chủ yếu là :



$$\text{nên } [\text{H}_2\text{CO}_3] = [\text{CO}_3^{2-}].$$

Axit cacbonic có các hằng số axit :

$$K_1 = \frac{[\text{H}^+][\text{HCO}_3^-]}{[\text{H}_2\text{CO}_3]} \quad \text{và} \quad K_2 = \frac{[\text{H}^+][\text{CO}_3^{2-}]}{[\text{HCO}_3^-]}$$

$$K_1 \cdot K_2 = [\text{H}^+]^2 \text{ nên } \text{pH} = \frac{1}{2}(\text{p}K_1 + \text{p}K_2) = 8,34$$

27. a) Trong dung dịch  $\text{Na}_3\text{PO}_4$  0,01M ion  $\text{PO}_4^{3-}$  có thể coi như một đơn bazơ với :



$$K_b = \frac{10^{-14}}{1,26 \cdot 10^{-12}} = 7,94 \cdot 10^{-3} \quad ; \quad pK_b = 2,1$$

$$pK_b - pC = 2,1 - 2 = 0,1 \quad ; \quad 2 > pK_b - pC > -1$$

$\text{PO}_4^{3-}$  là bazơ không yếu lắm.

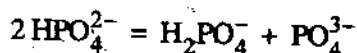
$$K_b = \frac{[\text{OH}^-]^2}{C - [\text{OH}^-]}$$

$$[\text{OH}^-]^2 + 7,94 \cdot 10^{-3} [\text{OH}^-] - 7,94 \cdot 10^{-5} = 0$$

$$[\text{OH}^-] = 5,79 \cdot 10^{-3} \text{ M}$$

$$\rightarrow p\text{OH} = 2,24 \quad ; \quad p\text{H} = 11,76 \text{ (môi trường kiềm)}$$

b) Trong dung dịch  $\text{Na}_2\text{HPO}_4$  0,01M có phản ứng chính là :



$$\text{nên } [\text{PO}_4^{3-}] = [\text{H}_2\text{PO}_4^-]$$

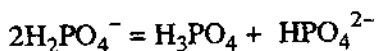
$$\text{Các hằng số điện li : } K_2 = \frac{[\text{H}^+][\text{HPO}_4^{2-}]}{\text{H}_2\text{PO}_4^-}, \text{ và :}$$

$$K_3 = \frac{[\text{H}^+][\text{PO}_4^{3-}]}{[\text{HPO}_4^{2-}]}$$

$$K_2 \cdot K_3 = [\text{H}^+]^2 \frac{[\text{PO}_4^{3-}]}{[\text{H}_2\text{PO}_4^-]} = [\text{H}^+]^2$$

$$[\text{H}^+] = \sqrt{K_2 K_3} \quad ; \quad p\text{H} = \frac{1}{2}(pK_2 + pK_3) = 9,55 \text{ (kiểm yếu)}$$

c) Trong dung dịch  $\text{NaH}_2\text{PO}_4$  có phản ứng chính là :



$$\text{Nên } [\text{H}_3\text{PO}_4] = [\text{HPO}_4^{2-}]$$

$$\text{Các hằng số điện li : } K_1 = \frac{[\text{H}^+][\text{H}_2\text{PO}_4^-]}{[\text{H}_3\text{PO}_4]} \quad \text{và :}$$

$$K_2 = \frac{[\text{H}^+][\text{HPO}_4^{2-}]}{[\text{H}_2\text{PO}_4^-]}$$

$$K_1 \cdot K_2 = [\text{H}^+]^2$$

$$[\text{H}^+] = \sqrt{K_1 K_2} ; \quad \text{pH} = \frac{1}{2}(\text{p}K_1 + \text{p}K_2) = 4,66 \quad (\text{axit yếu})$$

$$28. \quad K_{\text{tp}} = 5,71 \cdot 10^{-10}, \quad \alpha = 7,56 \cdot 10^{-5}$$

$$29. \quad \text{a) } 4,00 ; \text{ b) } 4,75 ; \text{ c) } 8,3 ; \text{ d) } 11,7$$

30. Chỉ thị có màu đỏ khi :

$$\text{pH} < \text{p}K_a - \lg \frac{75}{25} = 4,04$$

Chỉ thị có màu xanh khi :

$$\text{pH} > \text{p}K_a - \lg \frac{25}{75} = 5,0$$

Để đổi màu từ đỏ sang xanh pH phải thay đổi một khoảng :

$$\Delta \text{pH} = 5 - 4 = 1 \text{ đơn vị}$$

31. a)  $\text{pH} = 4,75$

b) Khi thêm  $10^{-5}$  mol HCl vào 10ml dung dịch đệm :

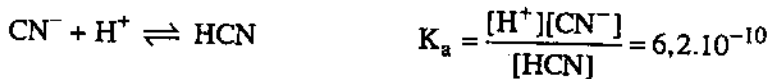
$$\text{pH} = 4,69$$

c) Khi thêm  $10^{-5}$  mol NaOH vào 20ml dung dịch đệm :

$$\text{pH} = 4,77$$

32.  $1,164 \cdot 10^{-12}$

33.  $4,5 \cdot 10^{-8} \text{ M}$



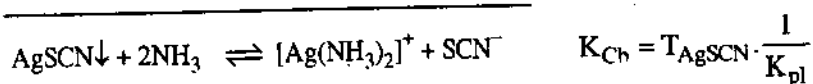
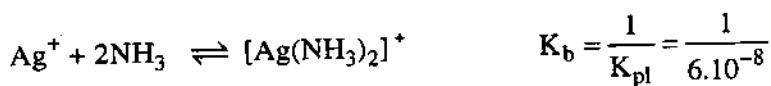
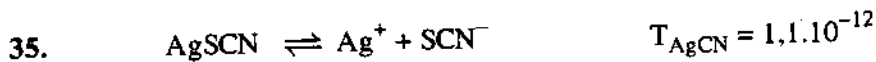
Trong đó s là độ tan của AgCN (mol/l) :

$$s = [\text{Ag}^+] = [\text{CN}^-] + [\text{HCN}] = [\text{CN}^-] \left[ 1 + \frac{[\text{H}^+]}{K_a} \right]$$

$$s = \frac{T_{\text{AgCN}}}{[\text{Ag}^+]} \left[ 1 + \frac{[\text{H}^+]}{K_a} \right]$$

$$s^2 = T_{\text{AgCN}} \left( 1 + \frac{[\text{H}^+]}{K_a} \right)$$

$$s^2 = 2,2 \cdot 10^{-16} \left( 1 + \frac{10^{-3}}{6,2 \cdot 10^{-10}} \right) \rightarrow s = 1,88 \cdot 10^{-5} (\text{mol.l}^{-1})$$



$$0,003 - 2s \quad \quad \quad s \quad \quad \quad s = \frac{[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]^+ \cdot [\text{SCN}^-]}{[\text{NH}_3]^2}$$

$$\frac{s^2}{(0,003 - 2s)^2} = \frac{T_{\text{AgSCN}}}{K_{\text{pl}}} \quad s = 1,27 \cdot 10^{-5} \text{ mol.l}^{-1}$$

36. Gọi độ tan của AgSCN là  $s_1$  (mol/l), của AgBr là  $s_2$  (mol/l).



$$[\text{Ag}^+] = [\text{CN}^-] + [\text{Br}^-] = \frac{T_{\text{AgSCN}}}{[\text{Ag}^+]} + \frac{T_{\text{AgBr}}}{[\text{Ag}^+]}$$

$$[\text{Ag}^+]^2 = T_{\text{AgSCN}} + T_{\text{AgBr}}$$

$$[\text{Ag}^+] = \sqrt{1,1 \cdot 10^{-12} + 5 \cdot 10^{-13}} = 1,265 \cdot 10^{-6}$$

$$s_1 = \frac{T_{\text{AgSCN}}}{[\text{Ag}^+]} = \frac{1,1 \cdot 10^{-12}}{1,265 \cdot 10^{-6}} = 8,69 \cdot 10^{-7} \text{ mol/l}$$

$$s_2 = \frac{T_{\text{AgBr}}}{[\text{Ag}^+]} = \frac{5 \cdot 10^{-13}}{1,265 \cdot 10^{-6}} = 3,95 \cdot 10^{-7} \text{ mol/l}$$

37. a) pH = 1,3

b) - Số mol  $\text{Ag}^+$  trước khi kết tủa :

$$n_{\text{Ag}^+} = 0,950 \cdot \sqrt{T_{\text{AgCl}}} = 1,264 \cdot 10^{-5}$$

- Số mol  $\text{Ag}^+$  còn lại trong 1l dung dịch sau khi kết tủa là :

$$[\text{Ag}^+] = \frac{T_{\text{AgCl}}}{[\text{Cl}^-]} = \frac{1,77 \cdot 10^{-10}}{\frac{50}{1000}} = 3,54 \cdot 10^{-9} \text{ M}$$

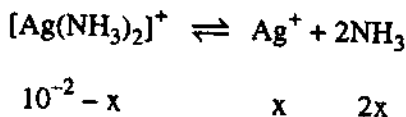
$$n_{\text{AgCl}\downarrow} = n_{\text{Ag}^+ \text{ trước}} - n_{\text{Ag}^+ \text{ sau}} = 1,264 \cdot 10^{-5} - 3,54 \cdot 10^{-9}$$

$$n_{\text{AgCl}\downarrow} = 1,264 \cdot 10^{-5} \text{ mol hay } 1,81 \cdot 10^{-3} \text{ g.}$$

38. Giả sử chưa có kết tủa, sau khi trộn lẫn nồng độ của các chất đều bị giảm đi 2 lần :

$$[\text{Cl}^-] = 1 \cdot 10^{-2} \text{ M} ; [\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]^+ = 1 \cdot 10^{-2} \text{ M}$$

Trong dung dịch có cân bằng :

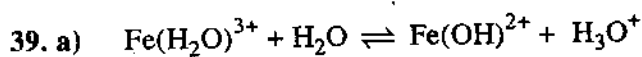


$$K_{\text{Kb}} = \frac{[\text{Ag}^+][\text{NH}_3]^2}{[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]^+} = \frac{x \cdot (2x)^2}{10^{-2} - x} = 9,31 \cdot 10^{-8}$$

Vì  $K_{\text{Kb}}$  khá bé nên nồng độ phân li của phức chất rất nhỏ có thể coi  $10^{-2} - x \approx 10^{-2}$  nên :

$$4x^3 = 9,31 \cdot 10^{-10}, x = [\text{Ag}^+] = 6,15 \cdot 10^{-4}$$

$[Ag^+][Cl^-] = 6,15 \cdot 10^{-4} \cdot 10^{-2} = 6,15 \cdot 10^{-6} > T_{AgCl}$  nên có tạo thành kết tủa  $AgCl$ .



$$pK_a - pC = 2,2 - 3 = -0,8, \text{ vì } 2 < pK_a - pC > -1$$

nên  $Fe(H_2O)^{3+}$  là axit không mạnh cũng không yếu lắm.

Cần giải phương trình bậc 2 để tính  $[H_3O^+] = h$ .

$$K_a = \frac{h^2}{C-h}$$

$$h^2 + 10^{-2,2}h - 10^{-5,2} = 0$$

$$[H_3O^+] = h = 8,78 \cdot 10^{-4} M, \text{ pH} = 3,06.$$

b) Cân bằng điện li axit :

$$K_a = \frac{h[Fe(OH)^{2+}]}{C-h} = \frac{h^2}{C-h} \quad (1)$$

$$\text{Khi bắt đầu kết tủa } [Fe^{3+}][OH^-]^3 = 10^{-38} \quad (2)$$

$$\text{Từ (1) ta có } C-h = \frac{h^2}{K_a} = h^2 \cdot 10^{2,2}$$

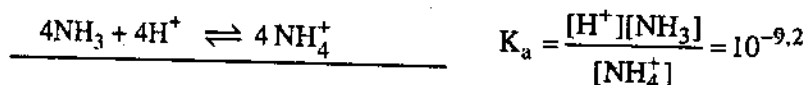
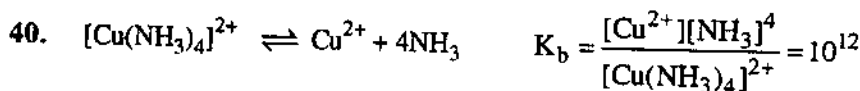
$$\text{Từ (2) ta có } [Fe^{3+}] = C-h = \frac{10^{-38}h^3}{(10^{-14})^3} = 10^4 h^3$$

$$\text{nên } h^2 \cdot 10^{2,2} = h^3 10^4 \rightarrow h = [H_3O^+] = 10^{-1,8}$$

Thay giá trị này của  $h$  vào  $K_a$  :

$$10^{-2,2} = \frac{(10^{-1,8})^2}{C-(10^{-1,8})}$$

tính ra  $C = 5,56 \cdot 10^{-2} \text{ mol.l}^{-1}$ ,  $\text{pH} = -\lg 10^{-1,8} = 1,8$ .



$$\begin{aligned} K_{\text{Cb}} &= \frac{[\text{NH}_4^+]^4}{[\text{H}^+]^4[\text{NH}_3]^4} \cdot \frac{[\text{Cu}^{2+}][\text{NH}_3]^4}{[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+}} = \frac{1}{K_a^4 K_b} \\ &= \frac{1}{(10^{-9,2})^4 \cdot 10^{12}} = 10^{24,8} \end{aligned}$$

Khi phức bị phá hủy 99,9% thì :

$$[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+} = 0,1\% = 10^{-3} \text{ M}$$

$$[\text{Cu}^{2+}] = 1 - 10^{-3} \approx 1, \quad [\text{NH}_4^+] \approx 4\text{M}$$

$$\text{Thay vào } K_{\text{Cb}} = \frac{1 \cdot (4)^4}{[\text{H}^+]^4 \cdot 10^{-3}} = 10^{24,8} \rightarrow [\text{H}^+] = 1,42 \cdot 10^{-5} \text{ M},$$

$$\text{pH} = 4,85$$

41. Để tính  $[\text{H}^+]$  trong dung dịch  $\text{H}_2\text{S}$  0,1M, với  $K_1 = 10^{-7}$ ,  $K_2 = 10^{-14}$ , vì  $k_2 \ll k_1$  nên coi  $\text{H}_2\text{S}$  như là đơn axit, và vì :

$\text{p}K_1 - \text{p}C = 7 - 1 = 6 > 2$  ; nên  $\text{H}_2\text{S}$  là đơn axit yếu :



$$[\text{H}^+] = \sqrt{K_1 \cdot [\text{H}_2\text{S}]} = \sqrt{10^{-7} \cdot 10^{-1}} = 10^{-4} \text{ M}$$

Tính  $[\text{S}^{2-}]$  trong dung dịch theo các phản ứng phân li thứ hai :



$$[\text{S}^{2-}] = \frac{K_2 \cdot [\text{HS}^-]}{[\text{H}^+]} = K_1 K_2 \frac{[\text{H}_2\text{S}]}{[\text{H}^+]^2},$$

$$\text{mà } [\text{H}_2\text{S}] = 0,1 \text{ M}, [\text{H}^+] = 10^{-4} \text{ M}$$

$$\text{nên } [\text{S}^{2-}] = 10^{-7} \cdot 10^{-14} \cdot 10^{-1} \cdot \frac{1}{(10^{-4})^2} = 10^{-14} \text{ M}.$$

$[\text{Mn}^{2+}][\text{S}^{2-}] = 10^{-2} \cdot 10^{-14} = 10^{-16} < T_{\text{MnS}} = 10^{-15}$ , nên không có kết tủa.

$$42. \text{ a) } [\text{CO}_2] = 0,024 \text{ M},$$

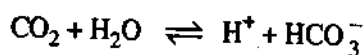
Với  $k_1 = 10^{-6,4}$  và  $k_2 \approx 10^{-10,2}$ ,  $k_2 \ll k_1$ , axit cacbonic ( $\text{CO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ ) có thể được coi là đơn axit yếu.

$$\text{pH} = \frac{1}{2}(\text{p}K_a - \lg C) = 4,0$$

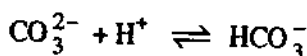
b) Trong dung dịch có các cân bằng sau :



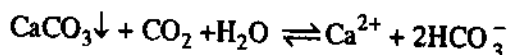




$$K_1 = \frac{[\text{H}^+][\text{HCO}_3^-]}{[\text{CO}_2]}$$



$$\frac{1}{K_2} = \frac{[\text{HCO}_3^-]}{[\text{H}^+][\text{CO}_3^{2-}]}$$



s

s

2s

$$K = \frac{T \cdot K_1}{K_2} = \frac{10^{-8,3} \cdot 10^{-6,4}}{10^{-10,2}} = 10^{-4,5}$$

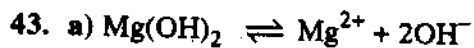
$$K = \frac{[\text{Ca}^{2+}][\text{HCO}_3^-]^2}{[\text{CO}_2]} = \frac{s(2s)^2}{0,024} = 10^{-4,5}$$

$$s = 5,75 \cdot 10^{-3} \text{ mol/l}$$

$$[\text{HCO}_3^-] = 2s = 2 \cdot 5,75 \cdot 10^{-3} = 1,15 \cdot 10^{-2} \text{ M.}$$

Dung dịch thu được là dung dịch hỗn hợp của axit yếu  $\text{CO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$  0,024M và bazơ liên hợp của nó  $\text{HCO}_3^-$   $1,15 \cdot 10^{-2} \text{ M}$  nên :

$$\text{pH} = \text{pK}_a - \lg \frac{C_a}{C_m} = 6,4 - \lg \frac{0,024}{1,15 \cdot 10^{-2}} = 6,1$$



s

s

2s

$$T = [\text{Mg}^{2+}][\text{OH}^-]^2 = 4s^3$$

$$\text{Ở } 291\text{K} : T_{291} = 4 \cdot \left( \frac{9 \cdot 10^{-3}}{58} \right)^3 = 4 \cdot (1,552 \cdot 10^{-4})^3 = 1,495 \cdot 10^{-11}$$

$$\text{pH} = 14 - \text{pOH} = 14 + \lg(2.1,552.10^{-4}) = 10,49$$

$$\text{Ở } 373\text{K: } T_{373} = 4. \left( \frac{4.10^{-2}}{58} \right)^3 = 4. (6,897.10^{-4})^3 = 1,312.10^{-9}$$

$$\text{pH} = 14 - \text{pOH} = 14 + \lg(2.6,897.10^{-4}) = 11,14$$

$$\begin{aligned} \text{b) } \Delta H^0 &= \frac{RT_2T_1}{T_2 - T_1} \cdot \ln \frac{T_{373}}{T_{291}} \\ &= \frac{8,314.373.291}{373 - 291} \ln \frac{1,312.10^{-9}}{1,495.10^{-11}} \\ &= 49243,8 \text{ J/mol} \end{aligned}$$

Tính tích số tan của  $\text{Mg(OH)}_2$  ở  $298\text{K}$  :

$$\ln \frac{T_{298}}{T_{291}} = -\frac{\Delta H^0}{R} \left( \frac{1}{298} - \frac{1}{291} \right) = -\frac{49243,8}{8,314} \left( \frac{1}{298} - \frac{1}{291} \right)$$

$$T_{298} = 2,41.10^{-11},$$

Từ biểu thức :

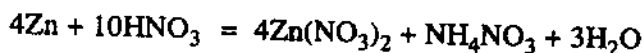
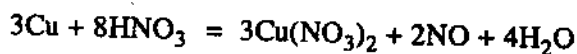
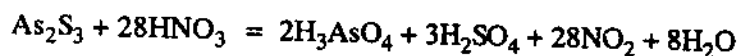
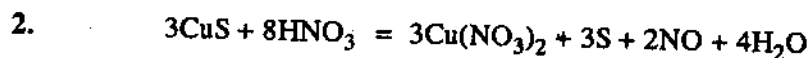
$$\begin{aligned} \Delta G_{298}^0 &= -RT \ln T_{298} = -8,314.298. \ln 2,41.10^{-11} \\ &= 60573,7 \text{ J/mol} = 60,5737 \text{ kJ/mol} \end{aligned}$$

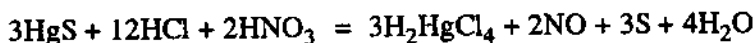
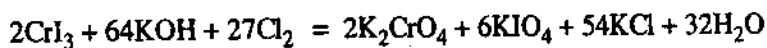
$$\Delta G_{298}^0 = \Delta H^0 - 298\Delta S^0, \Delta S^0 = -38,02 \text{ J/mol.K}$$

## **Chương 6.**

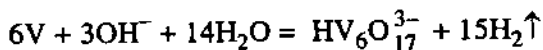
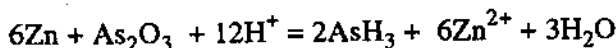
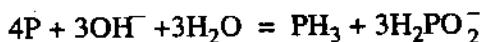
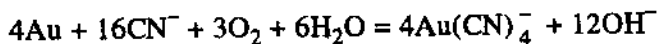
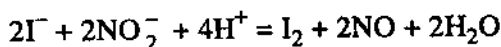
# **PHẢN ỨNG OXI HOÁ KHỬ. HOÁ HỌC VÀ DÒNG ĐIỆN**

1.  $\text{HOCl}$  (Cl : +1),  $\text{POCl}_3$  (P : +5),  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  (S : +2),  
 $\text{H}_4\text{P}_2\text{O}_7$  (P : +5),  $\text{CO}$  (C : +2),  $\text{HCN}$  (C : +2),  
 $\text{NaAuCl}_4$  (Au : +3),  $\text{Rb}_4\text{Na}[\text{HV}_{10}\text{O}_{28}]$  (V : +5),  $\text{ICl}$  (I : +1),  
 $\text{Ba}_2\text{XeO}_6$  (Xe : +8),  $\text{Ca}(\text{ClO}_2)_2$  (Cl : +3).

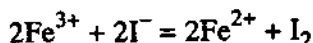




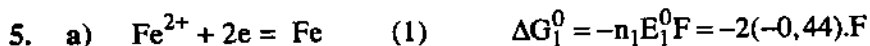
3. Hoàn thành các phương trình phản ứng sau :



4. Ở điều kiện chuẩn  $\text{Fe}^{3+}$  có thể oxi hoá được  $\text{I}^-$  :



$$\text{Vì } E_{\text{Fe}^{3+}/\text{Fe}^{2+}}^0 > E_{\text{I}_2/\text{I}^-}^0$$



$$\Delta G_3^0 = -n_3 E_3^0 F = -3 \cdot E_3^0 F = (2 \cdot (-0,44) + 1,0,77) \cdot F$$

$$E_3^0 = \frac{2 \cdot (-0,44) + 0,77}{3} = -0,036 \text{ V}$$

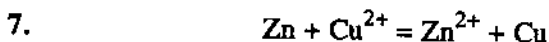
b) Trong dung dịch HCl 0,1 M,  $[H^+] = 10^{-1}$

$$E_{H^+/H_2} = E_{H^+}^0 + 0,059 \lg[H^+] = -0,059 \text{ V}$$

$$E_{Fe^{2+}/Fe}^0 < E_{H^+/H_2} < E_{Fe^{3+}/Fe}$$

Do vậy  $H^+$  chỉ oxi hoá được Fe thành  $Fe^{2+}$ .

6.  $E_{MnO_4^-/MnO_2}^0 = 1,679 \text{ V}$



$$K = \frac{[Zn^{2+}]}{[Cu^{2+}]} = 10^{\frac{2[0,34 - (-0,76)]}{0,059}} = 10^{37,3} = 1,94 \cdot 10^{37}$$

$$[Zn^{2+}] + [Cu^{2+}] = 0,1 \quad , \quad [Zn^{2+}] + \frac{[Zn^{2+}]}{1,94 \cdot 10^{37}} = 0,1$$

$$[Zn^{2+}] = 0,1M \quad , \quad [Cu^{2+}] = 0$$

8. a. Nồng độ các chất sau khi trộn :

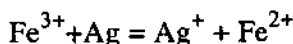
$$[Fe^{2+}] = 0,1 \cdot \frac{25}{100} = 0,025M \quad , \quad [Fe^{3+}] = 1 \cdot \frac{25}{100} = 0,25M$$

$$[Ag^+] = 0,6 \cdot \frac{50}{100} = 0,3M$$

$$E_{\text{Fe}^{3+}/\text{Fe}^{2+}} = 0,77 + 0,059 \lg \frac{0,25}{0,025} = 0,829 \text{ V}$$

$$E_{\text{Ag}^+/\text{Ag}} = 0,80 + 0,059 \lg 0,3 = 0,769 \text{ V}$$

Vậy  $\text{Fe}^{3+}$  là chất oxi hoá, Ag là chất khử. Phản ứng xảy ra như sau :



b. Phản ứng bắt đầu đổi chiều khi  $E_{\text{Fe}^{3+}/\text{Fe}^{2+}} = E_{\text{Ag}^+/\text{Ag}}$

$$E_{\text{Fe}^{3+}/\text{Fe}^{2+}} = 0,77 + 0,059 \lg \frac{[\text{Fe}^{3+}]}{[\text{Fe}^{2+}]} = 0,769 \text{ V}$$

$$\frac{[\text{Fe}^{3+}]}{[\text{Fe}^{2+}]} = 0,962$$

9. a. Thế của mỗi điện cực được xác định nhờ công thức Nernst:

$$E = E_{\text{Fe}^{3+}/\text{Fe}^{2+}}^0 + 0,059 \lg \frac{[\text{Fe}^{3+}]}{[\text{Fe}^{2+}]}$$

$$\text{S.d.đ của pin : } E = E_1 - E_2 = 0,0355 \text{ V}$$

b. Trong cốc (1) có sự khử  $\text{Fe}^{3+}$  thành  $\text{Fe}^{2+}$ , còn trong cốc (2) có sự oxi hoá  $\text{Fe}^{2+}$  thành  $\text{Fe}^{3+}$ . Theo nguyên tắc bảo toàn electron, nếu gọi x là số mol electron chuyển từ bình (2) sang bình (1) thì lúc cân bằng thế ở 2 cực phải bằng nhau và do đó :

$$\frac{[\text{Fe}^{3+}]_1}{[\text{Fe}^{2+}]_1} = \frac{[\text{Fe}^{3+}]_2}{[\text{Fe}^{2+}]_2} \rightarrow \frac{0,2-x}{0,1+x} = \frac{0,1+x}{0,2-x} \rightarrow x = 0,05$$

$$\text{Vậy: } [\text{Fe}^{3+}]_1 = [\text{Fe}^{2+}]_1 = [\text{Fe}^{3+}]_2 = [\text{Fe}^{2+}]_2 = 0,15 \text{ M}$$

Điện lượng đi qua dây dẫn :

$$Q = xN.e$$

$$Q = 0,05 \cdot 6,023 \cdot 10^{23} \cdot 1,602 \cdot 10^{-19} = 4825 \text{ C}$$

10. Trong dung dịch  $\text{HCl } 10^{-4} \text{ M}$  :

Xét ở điều kiện chuẩn với  $[\text{MnO}_4^-] = [\text{Mn}^{2+}] = 1 \text{ M}$  ;  $P_{\text{Cl}_2} = 1 \text{ atm}$ .

$$E_{\text{MnO}_4^-/\text{Mn}^{2+}} = 1,51 + \frac{0,059}{5} \lg (10^{-4})^8 = 1,132 \text{ V}$$

$$E_{\text{Cl}_2/\text{Cl}^-} = 1,36 + \frac{0,059}{2} \lg \frac{1}{(10^{-4})^2} = 1,596 \text{ V}$$

$E_{\text{MnO}_4^-/\text{Mn}^{2+}} < E_{\text{Cl}_2/\text{Cl}^-}$  nên  $\text{MnO}_4^-$  không oxi hoá được  $\text{Cl}^-$  thành  $\text{Cl}_2$ .

11. S.đ.đ tiêu chuẩn :  $E^0 = 0,014 \text{ V}$ .

$$\text{Khi } [\text{Pb}^{2+}] = 10^{-5} \text{ M}, \quad E = 0,1335 \text{ V}$$

$$12. \quad \Delta E = E_{\text{Ag}^+/\text{Ag}} - E_{\text{Cu}^{2+}/\text{Cu}} = 0,228 \text{ V}$$

$$\Delta G = -n\Delta E.F = -22,0 \text{ kJ}$$

13. Từ  $\Delta E = E_{(+)} - E_{(-)}$ ,  $0,309 = 0 - E_-$ ,  $E_- = -0,309 \text{ V}$

$$E_- = E_{\text{Ni}^{2+}/\text{Ni}}^0 + \frac{0,059}{2} \lg[\text{Ni}^{2+}]$$

$$E_{\text{Ni}^{2+}/\text{Ni}}^0 = -0,309 - \frac{0,059}{2} \lg 10^{-2} \quad , \quad E_{\text{Ni}^{2+}/\text{Ni}}^0 = -0,25 \text{ V}$$

14. (+)  $\text{Pt}, \text{H}_2 / \text{H}^+, 1\text{M} // \text{CH}_3\text{COOH}, 0,01\text{M} / \text{H}_2, \text{Pt}(-)$

Đây là pin nồng độ : điện cực bên trái là điện cực (+)

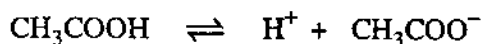
điện cực bên phải là điện cực (-)

Từ  $\Delta E = E_+ - E_-$  ta có  $0,1998 = 0 - E_-$  hay  $E_- = -0,1998 \text{ V}$

Gọi  $[\text{H}^+]$  là nồng độ ion hidro do  $\text{CH}_3\text{COOH}$  điện li ra ở điện cực âm.

Mặt khác,  $E_- = \frac{0,059}{1} \lg[\text{H}^+] = -0,1998 \text{ V}$

$$[\text{H}^+] = 4,1 \cdot 10^{-4} \text{ M}$$

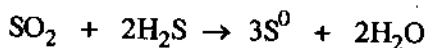


$$0,01 - 4,1 \cdot 10^{-4} \quad 4,1 \cdot 10^{-4} \quad 4,1 \cdot 10^{-4}$$

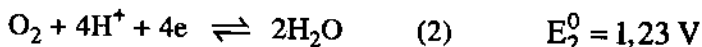
$$K_a = \frac{[\text{H}^+][\text{CH}_3\text{COO}^-]}{[\text{CH}_3\text{COOH}]} = \frac{(4,1 \cdot 10^{-4})^2}{(0,01 - 4,1 \cdot 10^{-4})} = 1,75 \cdot 10^{-5}$$

15.  $E_{\text{SO}_2/\text{S}}^0 > E_{\text{S}/\text{H}_2\text{S}}^0$ , vì vậy  $\text{SO}_2$  có thể oxi hoá được  $\text{H}_2\text{S}$  theo phản ứng :

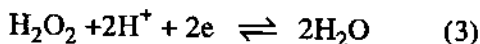




$$K = 10^{\frac{4\{0,45 - (-0,14)\}}{0,059}} = 10^{40}$$



Để tính thế khử:



ta lấy (2) - (1). Một cách tương ứng  $\Delta G_3 = \Delta G_2 - \Delta G_1$  hay:

$$2E_3^0 F = 4E_2^0 F - 2E_1^0 F, \text{ suy ra } E_3^0 = \frac{4E_2^0 - 2E_1^0}{2} = 1,77 \text{ V}$$

b. Chứng minh  $\text{H}_2\text{O}_2$  tự phân hủy theo phản ứng:



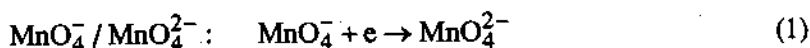
Để dàng nhận thấy (4) = (3) -  $\frac{1}{2}$ (2)

$$\text{do đó } \lg K = \frac{2(E_3^0 - E_2^0)}{0,059} = 18,3$$

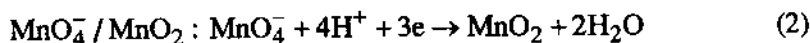
$$K = \frac{P_{\text{O}_2}^{1/2}}{[\text{H}_2\text{O}_2]} = 10^{18,3}; \text{ với } P_{\text{O}_2} = 1 \text{ atm}$$

$$[\text{H}_2\text{O}_2] = \frac{1}{K} = 10^{-18,3} = 5 \cdot 10^{-19} \text{ M}$$

17. a) Để tính thế khử của cặp  $\text{MnO}_4^{2-}/\text{MnO}_2$  ta dùng 2 cặp khác có thế khử đã biết đồng thời chứa các dạng oxi hoá ( $\text{MnO}_4^{2-}$ ) và dạng khử ( $\text{MnO}_2$ ). Đó là các cặp :

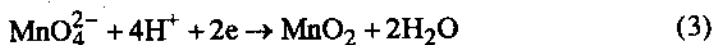


$$E_1^0 = 0,56\text{V}$$



$$E_2^0 = 1,70\text{V}$$

Lấy (2) – (1) ta có :



là nửa phản ứng của cặp  $\text{MnO}_4^{2-}/\text{MnO}_2$  cần xác định  $E^0$ .

Theo nhiệt động học :

$$\Delta G_3^0 = \Delta G_2^0 - \Delta G_1^0$$

$$-2FE_3^0 = -3FE_2^0 - (-FE_1^0)$$

$$\text{do đó } E_3^0 = \frac{3E_2^0 - E_1^0}{2} = \frac{3.1,7 - 1.0,56}{2} = 2,27\text{ V.}$$

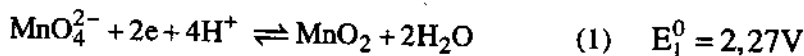
Đối với cặp  $\text{MnO}_2/\text{Mn}^{3+}$ , bằng cách tương tự tính được :

$$E_{\text{MnO}_2/\text{Mn}^{3+}} = 0,95\text{ V}$$

b) – Đối với phản ứng :



được coi là hiệu của 2 phản ứng :



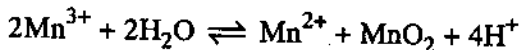
$$\Delta G_3 = \Delta G_1 - \Delta G_2 = -2FE_1^0 - (-2FE_2^0) = -2F(E_1^0 - E_2^0) < 0$$

phản ứng tự diễn biến.

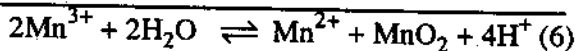
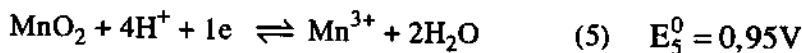
$$\lg K_3 = \frac{2(2,27 - 0,56)}{0,059} = 57,97$$

$$K_3 = 9,25 \cdot 10^{57}$$

- Đối với phản ứng :



được coi là hiệu của 2 phản ứng (4) và (5) dưới đây :



Bằng cách tương tự ta có  $\Delta G_6^0 < 0$ , phản ứng tự diễn biến.

$$\lg K_6 = \frac{1,51 - 0,95}{0,059} = 9,49$$

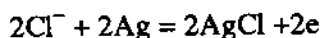
$$K_6 = 3,1.10^9$$

18. a)  $E_{Ag/AgCl}^0 = 0,224 \text{ V}$

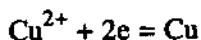
b) Điện cực đồng tiêu chuẩn là điện cực dương, điện cực bạc clorua tiêu chuẩn là điện cực âm. Dòng điện đi từ điện cực đồng sang điện cực bạc clorua.

Phản ứng xảy ra trong pin :

– Ở điện cực âm xảy ra quá trình oxi hoá :



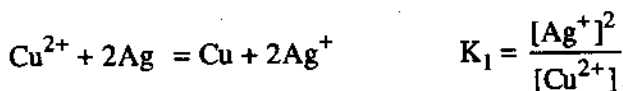
– Ở điện cực dương xảy ra quá trình khử :



– Phản ứng chung :



là tổng của 2 phản ứng sau :



$$K = \frac{1}{[Cu^{2+}][Cl^-]^2} = \frac{[Ag^+]^2}{[Cu^{2+}]} \cdot \frac{1}{[Ag^+]^2[Cl^-]^2} = \frac{K_1}{T_{AgCl}^2}$$

$$K = 10^{\frac{2 \cdot (0,34 - 0,799)}{0,059}} \cdot \frac{1}{(1,8 \cdot 10^{-10})^2} = 8514$$

$$19. \quad \Delta E = E_{\text{Pb}^{2+}/\text{Pb}} - E_{\text{Tl}^+/\text{Tl}} = 0,443 \text{ V}$$

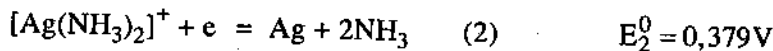
$$\begin{aligned} E_{\text{Pb}^{2+}/\text{Pb}} &= E_{\text{Pb}^{2+}/\text{Pb}}^0 + \frac{0,059}{2} \lg[\text{Pb}^{2+}] \\ &= -0,126 + \frac{0,059}{2} \lg 10^{-1} = -0,1555 \text{ V} \end{aligned}$$

$$E_{\text{Tl}^+/\text{Tl}} = E_{\text{Tl}^+/\text{Tl}}^0 + \frac{0,059}{1} \lg[\text{Tl}^+]$$

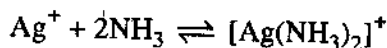
$$\Delta E = 0,443 = -0,1555 - (-0,336 + 0,059 \lg \frac{T_{\text{TlBr}}}{0,1})$$

$$T_{\text{TlBr}} = 3,56 \cdot 10^{-6}$$

$$20. \quad T_{\text{AgBr}} = 6,51 \cdot 10^{-13}$$



Lấy (1) - (2) ta được :

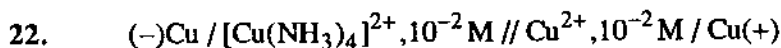


tương ứng có :

$$\Delta G^0 = \Delta G_1^0 - \Delta G_2^0$$

$$\text{suy ra} \quad \lg K = \frac{E_1^0 - E_2^0}{0,059} = 7,136$$

$$K_b = 1,37 \cdot 10^7$$

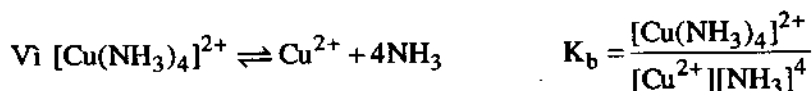


Đây là pin nồng độ, điện cực chứa ion phức là điện cực âm, điện cực chứa muối đồng là điện cực dương.

$$E = 0,038 = \frac{0,059}{2} \lg \frac{10^{-2}}{[\text{Cu}^{2+}]}$$

$[\text{Cu}^{2+}]$  là nồng độ ion  $\text{Cu}^{2+}$  trong dung dịch phức chất.

$$\lg[\text{Cu}^{2+}] = -3,288 ; [\text{Cu}^{2+}] = 5,15 \cdot 10^{-4} \text{ M.}$$



$$\text{nên } [\text{NH}_3] = 4 \cdot [\text{Cu}^{2+}] = 4 \cdot 5,15 \cdot 10^{-4},$$

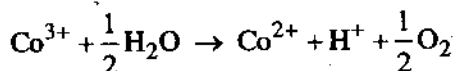
$$[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+} = 10^{-2} - 5,15 \cdot 10^{-4} \quad K_b = 1,02 \cdot 10^{12}$$

23. a) Trong nước pH = 7.

$$\text{Thế khử của cặp : } E_{\text{O}_2/\text{H}_2\text{O}} = 1,23 + 0,059 \lg 10^{-7} = 0,817 \text{ V}$$

$$E_{\text{O}_2/\text{H}_2\text{O}} = 0,817 \text{ V} < E_{\text{Co}^{3+}/\text{Co}^{2+}} = 1,82 \text{ V}$$

nên  $\text{Co}^{3+}$  oxi hoá được nước thành oxi phân tử theo phản ứng :



b) Trong dung dịch amoniac (môi trường kiềm) giả sử pH = 14.

$$E_{\text{O}_2/\text{H}_2\text{O}} = 0,404 \text{ V}$$

$$E_{\text{Co}^{3+}/\text{Co}^{2+}} = 1,82 + \frac{0,059}{1} \cdot \lg \frac{[\text{Co}^{3+}]}{[\text{Co}^{2+}]}$$

Trong đó  $[\text{Co}^{3+}]$  và  $[\text{Co}^{2+}]$  là nồng độ ion tự do trong dung dịch sau khi đã tạo phức ammin.

$$\text{Co}^{3+} + 6\text{NH}_3 = [\text{Co}(\text{NH}_3)_6]^{3+}; K_{\text{kb}(2)} = \frac{[\text{Co}^{3+}][\text{NH}_3]^6}{[\text{Co}(\text{NH}_3)_6]^{3+}} = 10^{-34}$$

$$\text{Co}^{2+} + 6\text{NH}_3 = [\text{Co}(\text{NH}_3)_6]^{2+}; K_{\text{kb}(1)} = \frac{[\text{Co}^{2+}][\text{NH}_3]^6}{[\text{Co}(\text{NH}_3)_6]^{2+}} = 10^{-5}$$

$$E_{\text{Co}^{3+}/\text{Co}^{2+}} = 1,82 + \frac{0,059}{1} \cdot \lg \frac{K_{\text{kb}(2)}}{K_{\text{kb}(1)}} = 0,109 \text{ V}$$

$$E_{\text{Co}^{3+}/\text{Co}^{2+}} < E_{\text{O}_2/\text{H}_2\text{O}}$$

Như vậy trong dung dịch amoniac Co(III) không oxi hoá được nước mà nó được bền hoá dưới dạng phức chất ammin.

24. a) Trong dung dịch HI 1M,  $[\text{H}^+] = [\text{I}^-] = 1\text{M}$

$$E_{\text{Ag}^+/\text{Ag}} = 0,8 + 0,059 \lg 10^{-16} = -0,144 \text{ V} < E_{\text{H}^+/\text{H}_2}^0 = 0$$

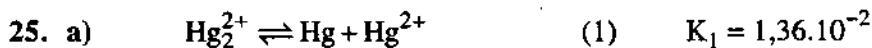
do đó bạc có thể đẩy hiđro ra khỏi dung dịch HI 1M.

b) Trong dung dịch HI  $10^{-2}\text{M}$ ,  $[\text{H}^+] = [\text{I}^-] = 10^{-2}\text{M}$

$$E_{\text{Ag}^+/\text{Ag}} = 0,026 \text{ V}; E_{\text{H}^+/\text{H}_2} = 0,059 \cdot \lg 10^{-2} = -0,118 \text{ V}$$

$$E_{\text{Ag}^+/\text{Ag}} > E_{\text{H}^+/\text{H}_2}$$

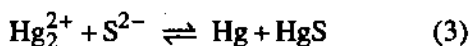
Do đó bạc không tan được trong dung dịch HI  $10^{-2}\text{M}$ .



b) Khi thêm  $\text{Na}_2\text{S}$  vào dung dịch  $\text{Hg}_2^{2+}$  có kết tủa  $\text{HgS}$  làm cho cân bằng trên dịch chuyển sang phải.



Lấy (1) + (2) ta có phản ứng tổng cộng :



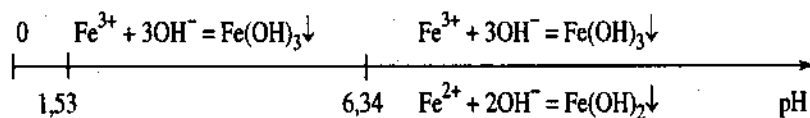
Như vậy là sẽ có kết tủa của cả Hg và HgS.

$$K_{\text{cb}(3)} = K_1 K_2 = 1,36 \cdot 10^{-2} \cdot \frac{1}{4 \cdot 10^{-53}} = 3,4 \cdot 10^{50}$$

26. Nếu xuất phát từ dung dịch  $\text{Fe}^{3+}$  và  $\text{Fe}^{2+}$  có nồng độ 1M, ở pH = 0 rồi nâng dần pH lên, lần lượt sẽ kết tủa  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  rồi đến  $\text{Fe}(\text{OH})_2$ .

$$\text{Fe}(\text{OH})_3 \text{ bắt đầu kết tủa ở } \text{pH} = 14 + \frac{1}{3} \lg T_{\text{Fe}(\text{OH})_3} = 1,53$$

$$\text{Fe}(\text{OH})_2 \text{ bắt đầu kết tủa ở } \text{pH} = 14 + \frac{1}{2} \lg T_{\text{Fe}(\text{OH})_2} = 6,34$$



– Trong khoảng  $0 \leq \text{pH} \leq 1,53$  thế của cặp  $\text{Fe}^{3+}/\text{Fe}^{2+}$  không phụ thuộc pH :



$$E_{\text{Fe}^{3+}/\text{Fe}^{2+}} = E_{\text{Fe}^{3+}/\text{Fe}}^0 = 0,77 \text{ V}$$

- Trong khoảng  $1,53 \leq \text{pH} \leq 6,34$ ,  $[\text{Fe}^{3+}]$  giảm nên E giảm :

$$E_{\text{Fe}^{3+}/\text{Fe}} = 0,77 + 0,059 \left( \lg \frac{T_{\text{Fe}(\text{OH})_3}}{[\text{OH}^-]^3} - \lg[\text{Fe}^{2+}] \right)$$

$$E_{\text{Fe}^{3+}/\text{Fe}^{2+}} = -1,438 + 0,177 \text{ pOH} = 1,04 - 0,177 \text{ pH}$$

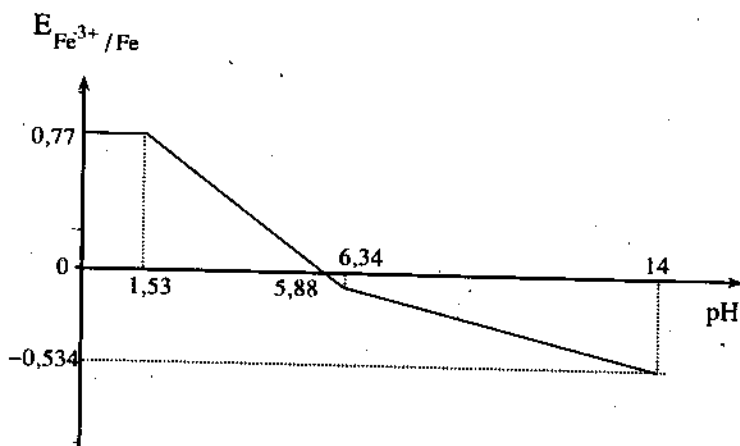
- Trong khoảng  $6,34 \leq \text{pH} \leq 14$  cả  $[\text{Fe}^{3+}]$  và  $[\text{Fe}^{2+}]$  cùng giảm :

$$E_{\text{Fe}^{3+}/\text{Fe}^{2+}} = 0,77 + 0,059 \left( \lg \frac{T_{\text{Fe}(\text{OH})_3}}{T_{\text{Fe}(\text{OH})_2}} \cdot \frac{1}{[\text{OH}^-]} \right)$$

$$E_{\text{Fe}^{3+}/\text{Fe}^{2+}} = 0,77 + 0,059 \lg \frac{3,8 \cdot 10^{-38}}{4,8 \cdot 10^{-10} \cdot 10^{-14}} + 0,059 \lg[\text{H}^+]$$

$$E_{\text{Fe}^{3+}/\text{Fe}^{2+}} = 0,292 - 0,059 \text{ pH}$$

Nếu biểu diễn đồ thị  $E = f(\text{pH})$  ta được :



27. a)  $E_{\text{Pb}/\text{Pb}^{2+}} = -0,189 \text{ V}$

b) pH bắt đầu kết tủa  $\text{Pb}(\text{OH})_2$  là  $\text{pH}_1 = 7,35$

$\text{Pb}(\text{OH})_2$  tan hoàn toàn thì  $[\text{Pb}(\text{OH})_3^-] = 10^{-2} \text{ M}$ ,

$$[\text{OH}^-] = [\text{Pb}(\text{OH})_3^-] \cdot \frac{1}{K} = 10^{-0,7} \text{ hay } \text{pH}_2 = 13,3$$

– Khi  $0 \leq \text{pH} \leq 7,35$ ,  $E_{\text{Pb}/\text{Pb}^{2+}}$  không phụ thuộc vào pH và bằng  $-0,189 \text{ V}$ .

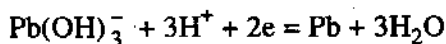
– Khi  $7,35 \leq \text{pH} < 13,3$  là vùng dị thể.

$$[\text{Pb}^{2+}] = \frac{T_{\text{Pb}(\text{OH})_2}}{[\text{OH}^-]^2} = \frac{10^{-15,3}}{(10^{-14})^2} \cdot [\text{H}^+]^2 = 10^{12,7} \cdot [\text{H}^+]^2$$

nên  $E_{\text{Pb}/\text{Pb}^{2+}} = -0,13 + \frac{0,059}{2} (\lg 10^{12,7} + 2 \lg [\text{H}^+])$

$$E_{\text{Pb}/\text{Pb}^{2+}} = 0,245 - 0,059 \text{ pH} \quad (*)$$

– Khi  $\text{pH} \geq 13,3$ , không còn  $\text{Pb}^{2+}$  trong dung dịch nữa nên thế của điện cực là thế của cặp  $\text{Pb}(\text{OH})_3^-/\text{Pb}$ .



nên  $E_{\text{Pb}^{2+}/\text{Pb}} = E_{\text{Pb}(\text{OH})_3^-/\text{Pb}}^0 + \frac{0,059}{2} \lg [\text{Pb}(\text{OH})_3^-][\text{H}^+]^3 \quad (**)$

$E_{\text{Pb}(\text{OH})_3^-}^0$  là thế khử chuẩn của quá trình khử  $\text{Pb}(\text{OH})_3^-$  khi

nồng độ của các ion  $\text{Pb}(\text{OH})_3^-$  và  $\text{H}^+$  đều bằng đơn vị.

Có thể tính được  $E^0$  dựa vào phương trình (\*) ở trên và dựa vào nguyên tắc liên tục của thế.

Tại thời điểm  $\text{pH} = 13,3$  và  $[\text{Pb}(\text{OH})_3^-] = 10^{-2}\text{M}$  thế của điện cực tính theo (\*) là :

$$E_{\text{Pb}/\text{Pb}^{2+}} = 0,245 - 0,059 \cdot 13,3 = -0,54 \text{ V}$$

Thay  $E_{\text{Pb}/\text{Pb}^{2+}}$  và  $[\text{Pb}(\text{OH})_3^-]$  vào (\*\*):

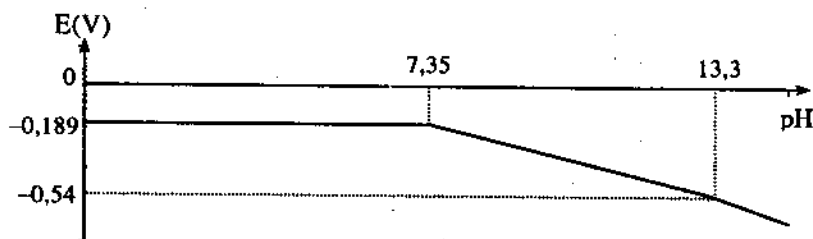
$$-0,54 = E_{\text{Pb}(\text{OH})_3^-/\text{Pb}}^0 + \frac{0,059}{2} \lg 10^{-2} \cdot (10^{-13,3})^3$$

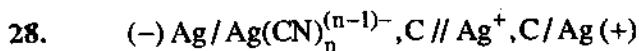
$$E_{\text{Pb}(\text{OH})_3^-/\text{Pb}}^0 = 0,696 \text{ V}$$

Thay  $E_{\text{Pb}(\text{OH})_3^-/\text{Pb}}^0 = 0,696 \text{ V}$  và  $[\text{Pb}(\text{OH})_3^-] = 10^{-2}\text{M}$  vào (\*\*) được :

$$E_{\text{Pb}/\text{Pb}^{2+}} = 0,696 + \frac{0,059}{2} \lg 10^{-2} + \frac{0,059}{2} \lg [\text{H}^+]^3$$

$$E_{\text{Pb}/\text{Pb}^{2+}} = 0,637 - 0,0885 \text{ pH}$$





a) Đây là pin nồng độ với điện cực chứa ion phức là cực âm :

$$E = 0,059 \lg \frac{C}{[\text{Ag}^+]}$$

Trong đó  $[\text{Ag}^+]$  là nồng độ  $\text{Ag}^+$  tự do trong dung dịch phức chất :

$$[\text{Ag}^+] = \frac{K_{kb} \cdot [\text{Ag}(\text{CN})_n^{(n-1)-}]}{[\text{CN}^-]^n}$$

$$\text{vì } \text{CN}^- \text{ dư nên } [\text{Ag}^+] = \frac{K_{kb} \cdot C}{[\text{CN}^-]^n} \text{ và } E = 0,059 \lg \frac{[\text{CN}^-]^n}{K_{kb}}$$

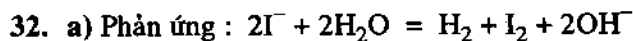
$$E = 0,059 \text{ p}K_{kb} + 0,059 \cdot n \cdot \lg[\text{CN}^-]$$

b)  $\text{p}K_{kb} = 20,34, \quad n = 2$

29.  $\text{Đ}_{\text{Au}} = 65,7, \quad n = 3$

30.  $m_{\text{Ag}} = 21,58\text{g}, \quad m_{\text{Zn}} = 6,55\text{g}, \quad m_{\text{Fe}} = 3,733\text{g}$

31.  $m_{\text{Ni}} = 9,85\text{g}, \quad d = 0,346\text{mm}, \quad V_{\text{H}_2}^0 = 2,51 \text{ lít}$



b)  $m_{\text{I}_2} = 47,38 \text{ g}$

**Phụ lục 1. Nhiệt dung mol đẳng áp trung bình  
ở 1,00 atm và 298K**

| Kim loại | $C_p$ (J/mol.K) | Các nguyên tố khác<br>và một số hợp chất | $C_p$ (J/mol.K) |
|----------|-----------------|------------------------------------------|-----------------|
| Ag       | 26              | C                                        | 8,5             |
| Al       | 24              | H <sub>2</sub>                           | 28,9            |
| Au       | 25,4            | N <sub>2</sub>                           | 29,0            |
| Bi       | 26              | O <sub>2</sub>                           | 29,5            |
| Cd       | 26              | Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>           | 79,33           |
| Cr       | 23              | CH <sub>4</sub>                          | 36,0            |
| Cu       | 24,5            | C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>            | 53,18           |
| Fe       | 25              | CO                                       | 29,2            |
| Pb       | 27              | CO <sub>2</sub>                          | 37,5            |
| Sn       | 27              | Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>           | 104,2           |
| Zn       | 25,4            | HBr                                      | 27,5            |
|          |                 | H <sub>2</sub> O (k)                     | 24,8            |
|          |                 | H <sub>2</sub> O (l)                     | 75,3            |
|          |                 | H <sub>2</sub> O (r)                     | 36,8            |
|          |                 | NH <sub>3</sub>                          | 36,1            |
|          |                 | SnO <sub>2</sub>                         | 56,61           |

## Phụ lục 2. Entanpi tạo thành tiêu chuẩn, $\Delta H_f^\circ$ ở 298K

|                                                                   | kJ/mol   |                                    | kJ/mol   |                                     | kJ/mol   |
|-------------------------------------------------------------------|----------|------------------------------------|----------|-------------------------------------|----------|
| AgBr (r)                                                          | -99,58   | Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (r) | -1140,98 | NH <sub>4</sub> Cl (r)              | -315,39  |
| AgCl (r)                                                          | -127,03  | CuO (r)                            | -157,32  | NH <sub>3</sub> (k)                 | -46,19   |
| AgI (r)                                                           | -62,34   | Cu <sub>2</sub> S (r)              | -79,50   | N <sub>2</sub> H <sub>4</sub> (k)   | 50,42    |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (r)                                | -1669,83 | CuSO <sub>4</sub> (r)              | -769,98  | N <sub>2</sub> O (k)                | 81,55    |
| Au(OH) <sub>3</sub> (r)                                           | -418,40  | Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (r) | -822,16  | NO (k)                              | 90,37    |
| BF <sub>3</sub> (k)                                               | -1110,43 | FeS (r)                            | -95,40   | NO <sub>2</sub> (k)                 | 33,85    |
| B <sub>2</sub> H <sub>6</sub> (k)                                 | 31,38    | HBr (k)                            | -36,23   | N <sub>2</sub> O <sub>4</sub> (k)   | 9,16     |
| B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>                                     | -1277,38 | HCl (k)                            | -92,13   | N <sub>2</sub> O <sub>4</sub> (l)   | -19,50   |
| BaCO <sub>3</sub> (r)                                             | -1216,71 | HF (k)                             | -268,61  | NaCl (r)                            | -410,99  |
| BaO (r)                                                           | -558,56  | HI (k)                             | 25,94    | NaHCO <sub>3</sub> (r)              | -710,44  |
| BaSO <sub>4</sub> (r)                                             | -1465,24 | HNO <sub>3</sub> (l)               | -174,10  | Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> (r) | -1430,09 |
| Br (k)                                                            | 111,84   | H <sub>2</sub> O (k)               | -241,79  | O <sub>3</sub> (k)                  | 142,67   |
| C (r) (kim cương)                                                 | 1,88     | H <sub>2</sub> O (l)               | -285,85  | PCl <sub>3</sub> (l)                | -319,66  |
| CF <sub>4</sub> (k)                                               | -924,66  | H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> (l)  | -187,78  | PCl <sub>3</sub> (k)                | -287,02  |
| CH <sub>4</sub> (k)                                               | -74,85   | H <sub>2</sub> S (k)               | -20,15   | PCl <sub>5</sub> (k)                | -374,89  |
| CH <sub>3</sub> OH (k)                                            | -200,66  | H <sub>2</sub> S (dd)              | -39,75   | PH <sub>3</sub> (k)                 | 23,01    |
| C <sub>2</sub> H <sub>20</sub> (l)                                | -275,52  | H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> (l) | -811,32  | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (r)   | -1530,63 |
| (CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> N <sub>2</sub> H <sub>2</sub> (l) | 55,65    | HgO (r)                            | -90,79   | POCl <sub>3</sub> (k)               | -558,48  |
| C(NO <sub>2</sub> ) <sub>4</sub> (l)                              | 36,82    | I <sub>2</sub> (k)                 | 62,43    | SO <sub>2</sub> (k)                 | -296,90  |
| CO (k)                                                            | -110,50  | KCl (r)                            | -435,89  | SO <sub>3</sub> (k)                 | -395,18  |

|                         | <b>kJ/mol</b> |                        | <b>kJ/mol</b> |                       | <b>kJ/mol</b> |
|-------------------------|---------------|------------------------|---------------|-----------------------|---------------|
| CO <sub>2</sub> (k)     | -393,51       | KClO <sub>3</sub> (r)  | -391,20       | SiO <sub>2</sub> (r)  | -878,22       |
| CaC <sub>2</sub> (r)    | -59,41        | KClO <sub>3</sub> (r)  | -430,12       | SiCl <sub>4</sub> (k) | -609,61       |
| CaCO <sub>3</sub> (r)   | -1207,08      | LiAlH <sub>4</sub> (r) | -100,42       | SiF <sub>4</sub> (k)  | -1511,64      |
| CaCl <sub>2</sub> (r)   | -794,96       | LiBH <sub>4</sub> (r)  | -188,28       | WO <sub>3</sub> (s)   | -843,08       |
| Ca(OH) <sub>2</sub> (r) | -986,59       | Li <sub>2</sub> O (r)  | -598,73       | ZnO (s)               | -348,11       |
| CaO (r)                 | -635,55       | NF <sub>3</sub> (k)    | -127,19       | ZnS (r)               | -202,92       |
| ClF <sub>3</sub> (l)    | -189,54       |                        |               |                       |               |

**Phụ lục 3. Entanpi tạo thành tiêu chuẩn của một số ion trong dung dịch nước ở hoạt độ bằng 1 và nhiệt độ 298K**

| <b>Ion</b>       | <b><math>\Delta H_f^\circ</math> (kJ/mol)</b> | <b>Ion</b>                    | <b><math>\Delta H_f^\circ</math> (kJ/mol)</b> |
|------------------|-----------------------------------------------|-------------------------------|-----------------------------------------------|
| H <sup>+</sup>   | 0,00                                          | OH <sup>-</sup>               | -229,99                                       |
| Ag <sup>+</sup>  | 105,09                                        | F <sup>-</sup>                | -329,1                                        |
| K <sup>+</sup>   | -251,2                                        | Cl <sup>-</sup>               | -167,08                                       |
| Ca <sup>2+</sup> | -542,96                                       | Br <sup>-</sup>               | -121                                          |
| Mg <sup>2+</sup> | -461,96                                       | I <sup>-</sup>                | -56,1                                         |
| Ba <sup>2+</sup> | -538,36                                       | HS <sup>-</sup>               | -17,7                                         |
| Cu <sup>2+</sup> | 64,4                                          | S <sup>2-</sup>               | 41,8                                          |
| Zn <sup>2+</sup> | -153,89                                       | CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup> | -676,26                                       |
| Hg <sup>2+</sup> | 173,9                                         | SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> | -907,5                                        |
| Fe <sup>2+</sup> | -87,9                                         |                               |                                               |

### Phụ lục 4. Tích số tan của các chất ít tan

| Công thức chất                                  | $pT_i = -\lg T_i$ | Công thức chất                                        | $pT_i = -\lg T_i$ |
|-------------------------------------------------|-------------------|-------------------------------------------------------|-------------------|
| AgBr                                            | 12,28             | FeS                                                   | 17,3              |
| AgCN                                            | 15,84             | Hgl <sub>2</sub>                                      | 26                |
| AgCl                                            | 9,75              | HgS (đen)                                             | 51,8              |
| Ag <sub>2</sub> CrO <sub>4</sub>                | 11,95             | HgS (đỏ)                                              | 52,4              |
| Ag <sub>2</sub> Cr <sub>2</sub> O <sub>7</sub>  | 10,0              | K <sub>3</sub> [AlF <sub>6</sub> ]                    | 8,80              |
| AgI                                             | 16,08             | KClO <sub>4</sub>                                     | 1,97              |
| Ag <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>                 | 19,89             | K <sub>2</sub> Na[Co(NO <sub>2</sub> ) <sub>6</sub> ] | 10,66             |
| Ag <sub>2</sub> S                               | 49,20             | K <sub>3</sub> [Co(NO <sub>2</sub> ) <sub>6</sub> ]   | 9,37              |
| AgSCN                                           | 11,97             | Li <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>                       | 2,40              |
| Al(OH) <sub>3</sub>                             | 32,0              | MgCO <sub>3</sub>                                     | 4,67              |
| AlPO <sub>4</sub>                               | 18,24             | MgF <sub>2</sub>                                      | 8,19              |
| BaC <sub>2</sub> O <sub>4</sub>                 | 6,96              | Mg(OH) <sub>2</sub>                                   | 12,6              |
| BaCO <sub>3</sub>                               | 8,29              | Mg <sub>2</sub> (PO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub>       | 13,0              |
| BaCrO <sub>4</sub>                              | 9,93              | Mn(OH) <sub>2</sub>                                   | 12,72             |
| Ba <sub>3</sub> (PO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> | 38,22             | MnS                                                   | 9,6               |
| Ba <sub>2</sub> P <sub>2</sub> O <sub>7</sub>   | 10,5              | (NH <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> AlF <sub>6</sub>      | 2,8               |
| BaSO <sub>3</sub>                               | 6,1               | Na <sub>3</sub> AlF <sub>6</sub>                      | 9,39              |
| BaSO <sub>4</sub>                               | 9,97              | Ni(OH) <sub>2</sub>                                   | 14,7              |
| CaC <sub>2</sub> O <sub>4</sub>                 | 8,64              | NiS                                                   | 24,0              |
| CaCO <sub>3</sub>                               | 8,32              | PbCO <sub>3</sub>                                     | 13,3              |
| CaCrO <sub>4</sub>                              | 3,15              | PbCl <sub>2</sub>                                     | 4,9               |
| CaF <sub>2</sub>                                | 10,4              | PbCrO <sub>4</sub>                                    | 13,75             |
| Ca <sub>3</sub> (PO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> | 28,7              | PbF <sub>2</sub>                                      | 7,57              |
| CaSO <sub>3</sub>                               | 7,89              | PbI <sub>2</sub>                                      | 8,98              |
| CaSO <sub>4</sub>                               | 5,04              | Pb(OH) <sub>2</sub>                                   | 15,1              |



| Công thức chất                 | $pT_i = -\lg T_i$ | Công thức chất     | $pT_i = -\lg T_i$ |
|--------------------------------|-------------------|--------------------|-------------------|
| $Cd(CN)_2$                     | 8,0               | $PbS$              | 26,60             |
| $Cd(OH)_2$<br>(mới kết tủa)    | 13,66             | $PbSO_4$           | 7,8               |
| $Cd(OH)_2$<br>(sau khi để già) | 14,23             | $Sb_2S_3$          | 58,54             |
| $CdS$                          | 26,10             | $Sn(OH)_2$         | 26,20             |
| $CoS$ (dạng $\alpha$ )         | 20,4              | $SnS$              | 25,0              |
| $CoS$ (dạng $\beta$ )          | 24,76             | $SrC_2O_4$         | 7,25              |
| $CuBr$                         | 8,28              | $SrCO_3$           | 9,96              |
| $CuCN$                         | 19,49             | $SrCrO_4$          | 4,44              |
| $CuCl$                         | 5,92              | $SrF_2$            | 8,61              |
| $CuI$                          | 11,96             | $TlBr$             | 5,41              |
| $Cu(OH)_2$                     | 19,66             | $TlCl$             | 3,76              |
| $(CuOH)_2CO_3$                 | 33,78             | $Tl_3[Co(NO_2)_6]$ | 16,0              |
| $CuS$                          | 35,20             | $TlI$              | 7,19              |
| $Cu_2S$                        | 47,60             | $Tl_2SO_4$         | 2,4               |
| $CuSCN$                        | 14,32             | $Zn(CN)_2$         | 12,59             |
| $Fe(OH)_2$                     | 15,0              | $Zn(OH)_2$         | 17,15             |
| $Fe(OH)_3$                     | 37,50             | $ZnS$ ( $\alpha$ ) | 23,80             |
| $FeC_2O_4$                     | 6,70              | $ZnS$ ( $\beta$ )  | 21,60             |

## Phụ lục 5. Hằng số bền của một số phức chất



| Công thức chất      | $K_b$                | Công thức chất     | $K_b$                |
|---------------------|----------------------|--------------------|----------------------|
| $[Ag(NH_3)_2]^{2+}$ | $1,47 \cdot 10^7$    | $[FeF_6]^{3-}$     | $1,26 \cdot 10^{16}$ |
| $[Cd(NH_3)_4]^{2+}$ | $3,63 \cdot 10^6$    | $[Ag(OH)_2]^-$     | $1 \cdot 10^4$       |
| $[Co(NH_3)_6]^{2+}$ | $1,99 \cdot 10^5$    | $[Al(OH)_4]^-$     | $1 \cdot 10^{33}$    |
| $[Cu(NH_3)_2]^+$    | $7,25 \cdot 10^{10}$ | $[Cd(OH)_4]^{2-}$  | $2,63 \cdot 10^8$    |
| $[Cu(NH_3)_4]^{2+}$ | $1,07 \cdot 10^{12}$ | $[Cr(OH)_4]^-$     | $7,94 \cdot 10^{29}$ |
| $[Hg(NH_3)_4]^{+2}$ | $1,99 \cdot 10^{19}$ | $[Cu(OH)_4]^{2-}$  | $3,63 \cdot 10^{14}$ |
| $[Ni(NH_3)_6]^{2+}$ | $1,02 \cdot 10^8$    | $[Fe(OH)_4]^{2-}$  | $3,63 \cdot 10^8$    |
| $[Zn(NH_3)_4]^{2+}$ | $5,01 \cdot 10^8$    | $[Zn(OH)_4]^{2-}$  | $5,02 \cdot 10^{17}$ |
| $[AgCl_2]^-$        | $1,1 \cdot 10^5$     | $[AgI_2]^-$        | $5,5 \cdot 10^{11}$  |
| $[CuCl_2]^-$        | $2,24 \cdot 10^5$    | $[BiI_4]^-$        | $8,91 \cdot 10^{14}$ |
| $[HgCl_4]^{2-}$     | $1,66 \cdot 10^{15}$ | $[CdI_4]^{2-}$     | $2,24 \cdot 10^5$    |
| $[SnCl_4]^{2-}$     | 30,2                 | $[HgI_4]^{2-}$     | $6,76 \cdot 10^{29}$ |
| $[SnCl_6]^{2-}$     | $6,61 \cdot 10^6$    | $[ZnI_4]^{2-}$     | $3,1 \cdot 10^{-1}$  |
| $[PbCl_4]^{2-}$     | 25,1                 | $[PbI_4]^{2-}$     | $8,32 \cdot 10^3$    |
| $[Ag(CN)_2]^-$      | $7,08 \cdot 10^{19}$ | $[Ag(NO_2)_2]^-$   | $7,76 \cdot 10^2$    |
| $[Au(CN)_2]^-$      | $2 \cdot 10^{38}$    | $[Ag(CNS)_2]^-$    | $1,7 \cdot 10^8$     |
| $[Au(CN)_4]^-$      | $1 \cdot 10^{56}$    | $[Fe(CNS)_6]^{3-}$ | $1,7 \cdot 10^3$     |

| Công thức chất                  | $K_b$          | Công thức chất                             | $K_b$          |
|---------------------------------|----------------|--------------------------------------------|----------------|
| $[\text{Cd}(\text{CN})_4]^-$    | $1,29.10^{17}$ | $[\text{Fe}(\text{CNS})_4]^-$              | $3,39.10^4$    |
| $[\text{Co}(\text{CN})_6]^{4-}$ | $1,23.10^{19}$ | $[\text{Hg}(\text{CNS})_4]^{2-}$           | $1,7.10^{21}$  |
| $[\text{Cu}(\text{CN})_2]^-$    | $1.10^{24}$    | $[\text{Ag}(\text{S}_2\text{O}_3)_2]^{3-}$ | $2,88.10^{13}$ |
| $[\text{Cu}(\text{CN})_4]^-$    | $2.10^{27}$    | $[\text{Cu}(\text{S}_2\text{O}_3)_2]^{3-}$ | $1,86.10^{12}$ |
| $[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{4-}$ | $7,94.10^{36}$ | $[\text{Fe}(\text{C}_2\text{O}_4)_3]^{3-}$ | $1,6.10^{20}$  |
| $[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{3-}$ | $7,94.10^{43}$ | $[\text{Co}(\text{C}_2\text{O}_4)_3]^{4-}$ | $0,91.10^8$    |
| $[\text{Hg}(\text{CN})_4]^{2-}$ | $9,33.10^{38}$ |                                            |                |
| $[\text{Ni}(\text{CN})_4]^{2-}$ | $1.10^{31}$    |                                            |                |
| $[\text{AlF}_6]^{3-}$           | $4,68.10^{20}$ |                                            |                |

## Phụ lục 6. Hằng số phân li của một số axit và bazơ

| Tên chất          | Công thức                | pK    | Tên chất            | Công thức                              | pK   |
|-------------------|--------------------------|-------|---------------------|----------------------------------------|------|
| Axit axetic       | $\text{CH}_3\text{COOH}$ | 4,75  | Axit photphorơ      | $\text{H}_3\text{PO}_3$                |      |
| Axit boric        | $\text{H}_3\text{BO}_3$  | 9,24  | pK <sub>1</sub>     |                                        | 1,6  |
| Axit cacbonic     | $\text{H}_2\text{CO}_3$  |       | pK <sub>2</sub>     |                                        | 6,7  |
| pK <sub>1</sub>   |                          | 6,35  | Axit silixic        | $\text{H}_4\text{SiO}_4$               |      |
| pK <sub>2</sub>   |                          | 10,32 | pK <sub>1</sub>     |                                        | 9,7  |
| Axit xianhidric   | $\text{HCN}$             | 9,19  | pK <sub>2</sub>     |                                        | 11,7 |
| Axit flohidric    | $\text{HF}$              | 3,1   | pK <sub>3</sub>     |                                        | 12   |
| Axit hiopiodơ     | $\text{HIO}$             | 12,4  | Axit sunfuric       | $\text{H}_2\text{SO}_4$                |      |
| Axit sunfuahidric | $\text{H}_2\text{S}$     |       | pK <sub>2</sub>     |                                        | 1,9  |
| pK <sub>1</sub>   |                          | 7,0   | Axit sunfurơ        | $\text{H}_2\text{SO}_3$                |      |
| pK <sub>2</sub>   |                          | 12,89 | pK <sub>1</sub>     |                                        | 1,87 |
| Axit hipoclorơ    | $\text{HClO}$            | 7,5   | pK <sub>2</sub>     |                                        | 7,27 |
| Axit fomic        | $\text{HCOOH}$           | 3,7   | Axit thioxianic     | $\text{HCNS}$                          | 0,85 |
| Axit iodic        | $\text{HIO}_3$           | 0,77  | Axit oxalic         | $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$       |      |
| Axit nitơ         | $\text{HNO}_2$           | 3,4   | pK <sub>1</sub>     |                                        | 1,27 |
| Axit peiodic      | $\text{H}_5\text{IO}_6$  |       | pK <sub>2</sub>     |                                        | 4,27 |
| pK <sub>1</sub>   |                          | 1,57  | Bạc hidroxit        | $\text{AgOH}$                          | 3,96 |
| pK <sub>2</sub>   |                          | 8,15  | Bạc diamminhidroxit | $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]\text{OH}$  | 7,48 |
| pK <sub>3</sub>   |                          | 12,6  | Canxi hidroxit      | $\text{Ca}(\text{OH})_2$               |      |
| Axit phophoric    | $\text{H}_3\text{PO}_4$  |       | pK <sub>1</sub>     |                                        | 1,35 |
| pK <sub>1</sub>   |                          | 2,12  | pK <sub>2</sub>     |                                        | 2,40 |
| pK <sub>2</sub>   |                          | 7,20  | Amoniac             | $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ | 4,77 |
| pK <sub>3</sub>   |                          | 12,3  |                     |                                        |      |

## Phụ lục 7. Thế khử tiêu chuẩn của một số cặp oxi hoá-khử

| Dạng oxi hoá | Dạng khử     | Phản ứng điện cực                                       | $E^0, V$ |
|--------------|--------------|---------------------------------------------------------|----------|
| $Li^+$       | Li           | $Li^+ + e^- \rightarrow Li$                             | - 3,02   |
| $K^+$        | K            | $K^+ + e^- \rightarrow K$                               | - 2,92   |
| $Ba^{2+}$    | Ba           | $Ba^{2+} + 2e^- \rightarrow Ba$                         | - 2,90   |
| $Sr^{2+}$    | Sr           | $Sr^{2+} + 2e^- \rightarrow Sr$                         | - 2,89   |
| $Ca^{2+}$    | Ca           | $Ca^{2+} + 2e^- \rightarrow Ca$                         | - 2,87   |
| $Na^+$       | Na           | $Na^+ + e^- \rightarrow Na$                             | - 2,71   |
| $Mg^{2+}$    | Mg           | $Mg^{2+} + 2e^- \rightarrow Mg$                         | - 2,34   |
| $Al^{3+}$    | Al           | $Al^{3+} + 3e^- \rightarrow Al$                         | - 1,67   |
| $Mn^{2+}$    | Mn           | $Mn^{2+} + 2e^- \rightarrow Mn$                         | - 1,05   |
| $SO_4^{2-}$  | $SO_3^{2-}$  | $SO_4^{2-} + 2e^- + H_2O \rightarrow SO_3^{2-} + 2OH^-$ | - 0,90   |
| $NO_3^-$     | $NO_2$       | $NO_3^- + e^- + H_2O \rightarrow NO_2 + 2OH^-$          | - 0,85   |
| $Zn^{2+}$    | Zn           | $Zn^{2+} + 2e^- \rightarrow Zn$                         | - 0,76   |
| $Cr^{3+}$    | Cr           | $Cr^{3+} + 3e^- \rightarrow Cr$                         | - 0,71   |
| $AsO_4^{3-}$ | $AsO_2^-$    | $AsO_4^{3-} + 2e^- + 2H_2O \rightarrow AsO_2^- + 4OH^-$ | - 0,71   |
| $Fe(OH)_3$   | $[Fe(OH)_2]$ | $Fe(OH)_3 + e^- \rightarrow Fe(OH)_2 + OH^-$            | - 0,56   |
| $Fe^{2+}$    | Fe           | $Fe^{2+} + 2e^- \rightarrow Fe$                         | - 0,44   |
| $Cd^{2+}$    | Cd           | $Cd^{2+} + 2e^- \rightarrow Cd$                         | - 0,40   |
| $Co^{2+}$    | Co           | $Co^{2+} + 2e^- \rightarrow Co$                         | - 0,28   |
| $Ni^{2+}$    | Ni           | $Ni^{2+} + 2e^- \rightarrow Ni$                         | - 0,25   |

| Dạng oxi hoá | Dạng khử     | Phản ứng điện cực                                        | $E^0, V$   |
|--------------|--------------|----------------------------------------------------------|------------|
| $NO_3^-$     | NO           | $NO_3^- + 3e^- + 2H_2O \rightarrow NO + 4OH^-$           | -0,14      |
| $Sn^{2+}$    | Sn           | $Sn^{2+} + 2e^- \rightarrow Sn$                          | -0,14      |
| $Pb^{2+}$    | Pb           | $Pb^{2+} + 2e^- \rightarrow Pb$                          | -0,13      |
| $CrO_4^{2-}$ | $Cr(OH)_3$   | $CrO_4^{2-} + 3e^- + 4H_2O \rightarrow Cr(OH)_3 + 5OH^-$ | -0,12      |
| $2H^+$       | $H_2$        | $2H^+ + 2e^- \rightarrow H_2$                            | $\pm 0,00$ |
| $NO_3^-$     | $NO_2^-$     | $NO_3^- + 2e^- + H_2O \rightarrow NO_2^- + 2OH^-$        | +0,01      |
| S            | $H_2S$       | $S + 2e^- + 2H^+ \rightarrow H_2S$                       | +0,14      |
| $Sn^{4+}$    | $Sn^{2+}$    | $Sn^{4+} + 2e^- \rightarrow Sn^{2+}$                     | +0,15      |
| $Co(OH)_3$   | $Co(OH)_2$   | $Co(OH)_3 + e^- \rightarrow Co(OH)_2 + OH^-$             | +0,20      |
| $SO_4^{2-}$  | $H_2SO_3$    | $SO_4^{2-} + 2e^- + 4H^+ \rightarrow H_2SO_3 + H_2O$     | +0,20      |
| $Cu^{2+}$    | Cu           | $Cu^{2+} + 2e^- \rightarrow Cu$                          | +0,34      |
| $Co^{3+}$    | Co           | $Co^{3+} + 3e^- \rightarrow Co$                          | +0,43      |
| $H_2SO_3$    | S (TB)       | $H_2SO_3 + 4e^- + 4H^+ \rightarrow S + 3H_2O$            | +0,45      |
| $Ni(OH)_3$   | $Ni(OH)_2$   | $Ni(OH)_3 + e^- \rightarrow Ni(OH)_2 + OH^-$             | +0,49      |
| $ClO_4^-$    | $Cl^-$       | $ClO_4^- + 8e^- + 4H_2O \rightarrow Cl^- + 8OH^-$        | +0,51      |
| $I_2$        | $2I^-$       | $I_2 + 2e^- \rightarrow 2I^-$                            | +0,53      |
| $MnO_4^-$    | $MnO_4^{2-}$ | $MnO_4^- + e^- \rightarrow MnO_4^{2-}$                   | +0,54      |
| $MnO_4^-$    | $MnO_2$      | $MnO_4^- + 3e^- + 2H_2O \rightarrow MnO_2 + 4OH^-$       | +0,57      |
| $MnO_4^{2-}$ | $MnO_2$      | $MnO_4^{2-} + 2e^- + 2H_2O \rightarrow MnO_2 + 4OH^-$    | +0,58      |
| $BrO_3^-$    | $Br^-$       | $BrO_3^- + 6e^- + 3H_2O \rightarrow Br^- + 6OH^-$        | +0,60      |
| $O_2$        | $H_2O_2$     | $O_2 + 2e^- + 2H^+ \rightarrow H_2O_2$                   | +0,68      |
| $H_2SeO_3$   | Se           | $H_2SeO_3 + 4e^- + 4H^+ \rightarrow Se + 3H_2O$          | +0,74      |

| Dạng oxi hoá   | Dạng khử   | Phản ứng điện cực                                              | $E^{\circ}, V$ |
|----------------|------------|----------------------------------------------------------------|----------------|
| $Fe^{3+}$      | $Fe^{2+}$  | $Fe^{3+} + e^{-} \rightarrow Fe^{2+}$                          | + 0,77         |
| $NO_3^{-}$     | $NO_2$     | $NO_3^{-} + e^{-} + 2H^{+} \rightarrow NO_2 + H_2O$            | + 0,81         |
| $NO_3^{-}$     | $NH_4^{+}$ | $NO_3^{-} + 8e^{-} + 10H^{+} \rightarrow NH_4^{+} + 3H_2O$     | + 0,87         |
| $NO_3^{-}$     | $NO$       | $NO_3^{-} + 3e^{-} + 4H^{+} \rightarrow NO + 2H_2O$            | + 0,96         |
| $HNO_2$        | $NO$       | $HNO_2 + e^{-} + H^{+} \rightarrow NO + H_2O$                  | + 0,99         |
| $Br_2$         | $2Br^{-}$  | $Br_2 + 2e^{-} \rightarrow 2Br^{-}$                            | + 1,08         |
| $IO_3^{-}$     | $I^{-}$    | $IO_3^{-} + 6e^{-} + 6H^{+} \rightarrow I^{-} + 3H_2O$         | + 1,09         |
| $MnO_2$        | $Mn^{2+}$  | $MnO_2 + 2e^{-} + 4H^{+} \rightarrow Mn^{2+} + 2H_2O$          | + 1,28         |
| $ClO_4^{-}$    | $Cl^{-}$   | $ClO_4^{-} + 8e^{-} + 8H^{+} \rightarrow Cl^{-} + 4H_2O$       | + 1,34         |
| $Cl_2$         | $2Cl^{-}$  | $Cl_2 + 2e^{-} \rightarrow 2Cl^{-}$                            | + 1,36         |
| $Cr_2O_7^{2-}$ | $2Cr^{3+}$ | $Cr_2O_7^{2-} + 6e^{-} + 14H^{+} \rightarrow 2Cr^{3+} + 7H_2O$ | + 1,36         |
| $ClO_3^{-}$    | $Cl^{-}$   | $ClO_3^{-} + 6e^{-} + 6H^{+} \rightarrow Cl^{-} + 3H_2O$       | + 1,45         |
| $PbO_2$        | $Pb^{2+}$  | $PbO_2 + 2e^{-} + 4H^{+} \rightarrow Pb^{2+} + 2H_2O$          | + 1,46         |
| $HClO$         | $Cl^{-}$   | $HClO + 2e^{-} + H^{+} \rightarrow Cl^{-} + H_2O$              | + 1,50         |
| $MnO_4^{-}$    | $Mn^{2+}$  | $MnO_4^{-} + 5e^{-} + 8H^{+} \rightarrow Mn^{2+} + 4H_2O$      | + 1,52         |
| $H_2O_2$       | $H_2O$     | $H_2O_2 + 2e^{-} + 2H^{+} \rightarrow 2H_2O$                   | + 1,77         |
| $Co^{3+}$      | $Co^{2+}$  | $Co^{3+} + e^{-} \rightarrow Co^{2+}$                          | + 1,84         |
| $F_2$          | $2F^{-}$   | $F_2 + 2e^{-} \rightarrow 2F^{-}$                              | + 2,85         |

# MỤC LỤC

Trang

|             |   |
|-------------|---|
| Lời nói đầu | 3 |
|-------------|---|

## PHẦN 1. CÂU HỎI VÀ BÀI TẬP

|           |                                                                                                |    |
|-----------|------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Chương 1. | Một số vấn đề cơ sở của hoá học                                                                | 5  |
| Chương 2. | Chiều hướng và mức độ diễn biến của các quá trình hoá học.<br>Cơ sở của nhiệt động học hoá học | 12 |
| Chương 3. | Cân bằng hoá học                                                                               | 22 |
| Chương 4. | Tốc độ và cơ chế của phản ứng hoá học                                                          | 31 |
| Chương 5. | Dung dịch                                                                                      | 41 |
| Chương 6. | Phản ứng oxi hoá - khử.<br>Hoá học và dòng điện                                                | 50 |

## PHẦN 2. ĐÁP SỐ VÀ LỜI GIẢI

|           |                                                                                                |     |
|-----------|------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Chương 1. | Một số vấn đề cơ sở của hoá học                                                                | 61  |
| Chương 2. | Chiều hướng và mức độ diễn biến của các quá trình hoá học.<br>Cơ sở của nhiệt động học hoá học | 73  |
| Chương 3. | Cân bằng hoá học                                                                               | 87  |
| Chương 4. | Tốc độ và cơ chế của phản ứng hoá học                                                          | 103 |
| Chương 5. | Dung dịch                                                                                      | 120 |
| Chương 6. | Phản ứng oxi hoá - khử.<br>Hoá học và dòng điện                                                | 142 |

|         |     |
|---------|-----|
| PHỤ LỤC | 160 |
|---------|-----|



*Chịu trách nhiệm xuất bản :*

Chủ tịch HĐQT kiêm Tổng Giám đốc NGÔ TRẦN ÁI  
Phó Tổng Giám đốc kiêm Tổng biên tập NGUYỄN QUÝ THAO

*Biên tập lần đầu và tái bản :*

NGUYỄN THANH GIANG

*Trình bày bìa và minh hoạ :*

TẠ THANH TÙNG

*Sửa bản in :*

NGUYỄN THANH GIANG

*Chế bản :*

PHÒNG CHẾ BẢN (NXB GIÁO DỤC)

---

## **BÀI TẬP CƠ SỞ LÝ THUYẾT CÁC QUÁ TRÌNH HOÁ HỌC**

Mã số : 7K545T7 – DAI

In 3.000 cuốn, khổ 14,5 x 20,5 cm. Tại Công ty CP in Anh Việt.

Số đăng ký KHXB: 11 - 2007/ CXB/289 - 2119/GĐ.

In xong nộp lưu chiểu quý II năm 2007.



CÔNG TY CỔ PHẦN SÁCH ĐẠI HỌC – DẠY NGHỀ

**HEVOBCO**

Địa chỉ : 25 Hàn Thuyên, Hà Nội

## **TÌM ĐỌC SÁCH ĐẠI HỌC VÀ CAO ĐẲNG - BỘ MÔN HOÁ HỌC** **CỦA NHÀ XUẤT BẢN GIÁO DỤC**

- |                                                                                                      |                                                                         |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------|
| 1. Hoá học Vô cơ - <i>Tập 1,2,3</i>                                                                  | HOÀNG NHÂM                                                              |
| 2. Hoá học Đại cương - <i>Tập 1,2,3</i>                                                              | RENÉ DIDIER (Vũ Đăng Độ, ... dịch từ bản tiếng Pháp)                    |
| 3. Cơ sở lí thuyết Hoá học ( <i>Phần I : Cấu tạo chất</i> )                                          | NGUYỄN ĐÌNH CHI                                                         |
| 4. Cơ sở lí thuyết Hoá học ( <i>Phần II : Nhiệt động hoá học, ...</i> )                              | NGUYỄN HẠNH                                                             |
| 5. Cơ sở lí thuyết các quá trình Hoá học                                                             | VŨ ĐĂNG ĐỘ                                                              |
| 6. Bài tập Cơ sở lí thuyết các quá trình Hoá học                                                     | VŨ ĐĂNG ĐỘ (Chủ biên)                                                   |
| 7. Hoá học các hợp chất dị vòng                                                                      | NGUYỄN MINH THẢO                                                        |
| 8. Hoá lí - <i>Tập 1,2,3</i>                                                                         | TRẦN VĂN NHÂN (Chủ biên)                                                |
| 9. Hoá lí - <i>Tập 4</i>                                                                             | NGUYỄN VĂN TUẾ                                                          |
| 10. Hoá học Đại cương ( <i>khối Nông - Lâm - Ngư</i> ) - <i>Tập 1</i>                                | NGUYỄN VĂN TẤU (Chủ biên)                                               |
| 11. Ăn mòn và bảo vệ kim loại                                                                        | NGUYỄN VĂN TUẾ                                                          |
| 12. Phản ứng điện hoá và ứng dụng                                                                    | TRẦN HIỆP HẢI                                                           |
| 13. Hoá học phân tích                                                                                | NGUYỄN TINH DUNG                                                        |
| 14. Giáo trình Hoá lí - <i>Tập 1,2</i>                                                               | NGUYỄN ĐÌNH HUẾ                                                         |
| 15. Hoá học - <i>Năm thứ nhất, năm thứ hai</i><br>( <i>Giáo trình đào tạo kĩ sư chất lượng cao</i> ) | ANDRÉ DURUPHTY, ... (Đào Quý Chiệu, Từ Ngọc Ánh dịch từ bản tiếng Pháp) |
| 16. Hoá học Hữu cơ - <i>Tập 1</i>                                                                    | NGUYỄN HỮU ĐÌNH                                                         |
| 17. Bài tập Hoá học Hữu cơ                                                                           | NGUYỄN VĂN TÔNG, TRẦN QUỐC SƠN                                          |
| 18. Thuyết lượng tử về nguyên tử và phân tử - <i>Tập 1</i>                                           | NGUYỄN ĐÌNH HUẾ, NGUYỄN ĐỨC CHUY                                        |
| 19. Động học và xúc tác                                                                              | NGUYỄN ĐÌNH HUẾ                                                         |
| 20. Bài tập Hoá lí                                                                                   | TRẦN HIỆP HẢI                                                           |
| 21. Hoá học Đại cương (CĐSP) - <i>Tập 1,2</i>                                                        | TRẦN THÀNH HUẾ                                                          |
| 22. Thực hành Hoá học Đại cương (CĐSP)                                                               | HÀ THỊ NGỌC LOAN                                                        |
| 23. Hoá học Vô cơ (CĐSP) - <i>Tập 1,2</i>                                                            | NGUYỄN THẾ NGON, TRẦN THỊ ĐÀ                                            |
| 24. Hoá học Phân tích (CĐSP)                                                                         | NGUYỄN TINH DUNG                                                        |
| 25. Cơ sở Hoá học Hữu cơ (CĐSP) - <i>Tập 1,2,3</i>                                                   | TRẦN QUỐC SƠN, NGUYỄN VĂN TÔNG, ĐẶNG VĂN LIẾU                           |
| 26. Phương pháp dạy học hoá học (CĐSP) - <i>Tập 1,2,3</i>                                            | NGUYỄN CUONG, NGUYỄN MẠNH DUNG, NGUYỄN THỊ SỬU                          |
| 27. Hoá học công nghệ và môi trường (CĐSP)                                                           | PHÙNG TIẾN ĐẠT (Chủ biên)                                               |



**Giá: 11.900<sup>d</sup>**