

CHUYÊN ĐỀ 8: CÂN BẰNG HÓA HỌC

I. LÝ THUYẾT CƠ BẢN

1. Cân bằng hóa học

Cân bằng hóa học là trạng thái của phản ứng thuận nghịch khi $\Delta G = 0$ hoặc khi tốc độ phản ứng thuận bằng tốc độ phản ứng nghịch. Cân bằng hóa học là cân bằng động.

2. Hằng số cân bằng K_p

Xét phản ứng thuận nghịch gồm các khí lí tưởng: $aA + bB \rightleftharpoons cC + dD$

Ở nhiệt độ, áp suất không đổi:

$$\Delta G_T = \Delta G_T^0 + RT \ln \frac{P_C^c \cdot P_D^d}{P_A^a \cdot P_B^b} = G_T^0 + RT \ln Q_p \quad (6.1)$$

$P_A, P_B, P_C,$ và P_D – áp suất riêng phần (atm) của các khí A, B, C và D lúc tính ΔG của phản ứng. Khi phản ứng ở trạng thái cân bằng thì $\Delta G = 0$, nên (6.1) trở thành:

$$\Delta G_T^0 = -RT \ln \left(\frac{P_C^c \cdot P_D^d}{P_A^a \cdot P_B^b} \right)_{cb} \quad (6.2)$$

$P_A, P_B, P_C,$ và P_D – áp suất riêng phần (atm) của các khí A, B, C và D trong phản ứng lúc cân bằng (cb) với $P_i = \frac{n_i}{\sum n} * P$.

Ở trạng thái cân bằng thành phần các chất trong phản ứng không biến đổi, nên tỉ số sau là hằng số:

$$K_p = \left(\frac{P_C^c \cdot P_D^d}{P_A^a \cdot P_B^b} \right)_{cb} \quad (6.3)$$

K_p – hằng số cân bằng áp suất, K_p chỉ phụ thuộc vào nhiệt độ và bản chất phản ứng.

$$\text{Thay (6.3) vào (6.2): } \Delta G_T^0 = -RT \ln K_p \quad (6.4)$$

$$\text{Thay (6.4) vào (6.1): } \Delta G_T = RT \ln(Q_p / K_p) \quad (6.5)$$

(6.4) và (6.5) là các phương trình đẳng nhiệt Van't Hoff.

3. Các hằng số cân bằng K_c, K_n và K_χ

Xét cân bằng gồm các khí lí tưởng: $aA + bB \rightleftharpoons cC + dD$

$$\text{Ở trạng thái cân bằng ta có: } K_c = \left(\frac{[C]^c \cdot [D]^d}{[A]^a \cdot [B]^b} \right)_{cb} \quad (6.6)$$

[i] – nồng độ mol/L của cấu tử i ở trạng thái cân bằng.

K_c – hằng số cân bằng nồng độ; K_c chỉ phụ thuộc vào nhiệt độ và bản chất phản ứng.

$$K_n = \left(\frac{n_C^c \cdot n_D^d}{n_A^a \cdot n_B^b} \right)_{cb} \quad (6.7)$$

n_i – số mol của khí i ở trạng thái cân bằng.

$$K_\chi = \left(\frac{\chi_C^c \cdot \chi_D^d}{\chi_A^a \cdot \chi_B^b} \right)_{cb} \text{ với } \chi_i = \frac{n_i}{\sum n} \quad (6.8)$$

χ_i – phần mol của cấu tử i ở trạng thái cân bằng.

Giữa các hằng số cân bằng của phản ứng xác định ở cùng nhiệt độ có mối liên hệ như sau:

$$K_p = K_c (RT)^{\Delta n} = K_n \left(\frac{P}{\sum n} \right)^{\Delta n} = K_\chi (P)_{cb}^{\Delta n} \quad (6.9)$$

R – hằng số khí lí tưởng, ở đây $R = 0,082 \text{ L.atm.K}^{-1}, \text{mol}^{-1}$;

Δn – hiệu số mol khí ở về sản phẩm và số mol khí ở về các chất phản ứng trong PTHH;

P – áp suất của hệ lúc cân bằng (atm);

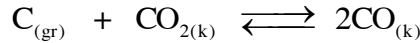
$\sum n$ - tổng số mol khí (kể cả khí không phản ứng) của hệ lúc cân bằng.

Khi số mol khí ở hai vế của PTHH bằng nhau hoặc phản ứng không có chất khí ($\Delta n = 0$), thì:

$$K_p = K_c = K_n = K_\chi$$

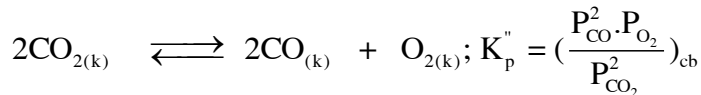
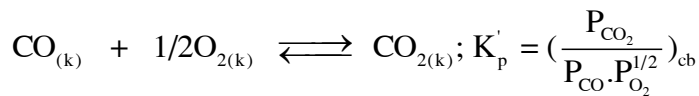
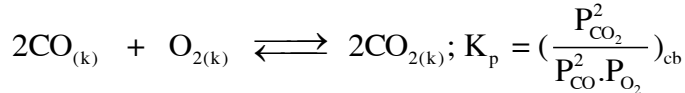
4. Cân bằng trong hệ dị thể

Vì áp suất ảnh hưởng rất ít đến chất ngưng tụ (chất rắn, chất lỏng), vì vậy trong các biểu thức hằng số cân bằng K không có mặt thành phần của chất ngưng tụ. Ví dụ:



$$K_p = \left(\frac{P_{CO}}{P_{CO_2}}\right)_{cb}; K_c = \left(\frac{[CO]^2}{[CO_2]}\right)_{cb}; K_n = \left(\frac{n_{CO}^2}{n_{CO_2}}\right)_{cb}; K_\chi = \left(\frac{\chi_{CO}^2}{\chi_{CO_2}}\right)_{cb}$$

Lưu ý rằng, hằng số cân bằng đi liền với PTHH cụ thể. Ví dụ:



$$\text{Ở cùng nhiệt độ: } K_p = (K_p')^2 = 1/K_p''$$

5. Sự chuyển dịch cân bằng – Nguyên lý chuyển dịch cân bằng Le Chatelier

Sự chuyển dịch cân bằng là sự di chuyển từ trạng thái cân bằng này sang trạng thái cân bằng khác do tác động của các yếu tố bên ngoài lên cân bằng.

Nguyên lý chuyển dịch cân bằng Le Chatelier: “Một hệ đang ở trạng thái cân bằng, khi chịu tác động từ bên ngoài, như làm biến đổi nhiệt độ, áp suất, nồng độ, thì cân bằng sẽ chuyển dịch theo chiều làm giảm tác động bên ngoài đó”.

6. Các yếu tố ảnh hưởng đến cân bằng

a. Ảnh hưởng của nhiệt độ đến cân bằng

Ta có: $\Delta G_T^0 = -RT \ln K_p$. Để mô tả sự phụ thuộc này ta có phương trình Van't Hoff:

$$\left(\frac{\partial \ln K_p}{\partial T}\right)_{P_0} = \frac{\Delta H_T^0}{RT^2} \quad (6.10)$$

Lấy tích phân xác định từ T_1 đến T_2 ta có:

$$\ln \frac{K_p^{T_2}}{K_p^{T_1}} = \frac{\Delta H^0}{R} \left(\frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_2} \right) \quad (6.11)$$

Nếu phản ứng thu nhiệt ($\Delta H > 0$), khi tăng nhiệt độ, K_p tăng, nghĩa là cân bằng chuyển dịch theo chiều thuận.

Nếu phản ứng tỏa nhiệt ($\Delta H < 0$), khi tăng nhiệt độ, K_p giảm, nghĩa là cân bằng chuyển dịch theo chiều nghịch.

Lí luận tương tự cho từng trường hợp giảm nhiệt độ, cân bằng sẽ chuyển dịch theo chiều ngược lại.

b. Ảnh hưởng của áp suất đến cân bằng

$$\text{Từ (6.9): } K_p = K_\chi (P)_{cb}^{\Delta n}$$

Vì K_p của phản ứng chỉ phụ thuộc vào nhiệt độ, nên ở nhiệt độ không đổi:

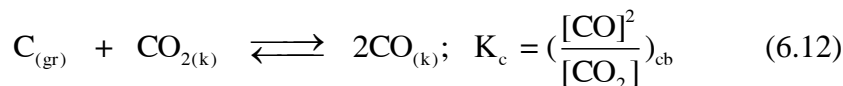
- Nếu $\Delta n > 0$, khi P_{cb} tăng thì K_χ giảm, nghĩa là cân bằng chuyển dịch theo chiều nghịch.

- Nếu $\Delta n < 0$, khi P_{cb} tăng thì K_χ tăng, nghĩa là cân bằng chuyển dịch theo chiều thuận.

- Nếu $\Delta n = 0$, áp suất không làm chuyển dịch cân bằng.

c. Ảnh hưởng của nồng độ đến cân bằng

Xét cân bằng sau trong bình kín ở nhiệt độ không đổi:



Vì K_c là hằng số ở nhiệt độ không đổi, nên việc thêm hoặc bớt một lượng CO_2 hoặc CO vào hệ cân bằng đều làm tỉ số (6.12) biến đổi, do đó cân bằng phải chuyển dịch cho tới khi tỉ số (7.12) trở lại giá trị ban đầu.

Từ đó, dễ dàng hiểu rằng, việc cho thêm CO_2 vào hệ cân bằng, thì CO_2 phải phản ứng thêm với C để giảm bớt lượng CO_2 và tăng thêm lượng CO . Lí luận tương tự cho trường hợp lấy bớt lượng CO_2 , cho thêm hoặc lấy bớt CO .

Lưu ý: Việc thêm hoặc bớt một lượng nhỏ chất rắn hoặc lỏng (trừ trường hợp việc thêm hoặc bớt một lượng lớn gây ra sự biến đổi áp suất hoặc thể tích của hệ cân bằng) không ảnh hưởng đến cân bằng, vì thành phần chất ngưng tụ không có mặt trong biểu thức của hằng số cân bằng K .

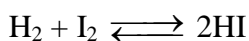
II. BÀI TẬP CÓ HƯỚNG DẪN GIẢI

Câu 1 (HSG QUẢNG BÌNH 12 – 2011): Trộn H_2 và I_2 vào một bình kín ở $410^\circ C$. Phản ứng đạt đến cân bằng với $[H_2] = [I_2] = 0,224M$ và $[HI] = 1,552M$.

a) Tính nồng độ ban đầu của các chất.

b) Giữ nguyên nhiệt độ của bình phản ứng và cho thêm vào bình 1 mol/l iot. Hãy tính toán cụ thể để minh họa sự chuyển dịch của cân bằng phản ứng.

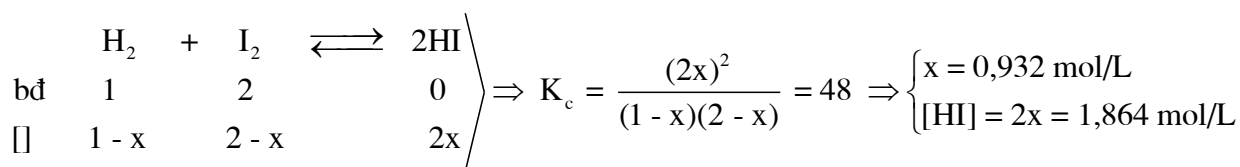
Giải:



a) Nồng độ đầu của các chất phản ứng là: $C_{H_2} = C_{I_2} = 0,224 + (1,552/2) = 1 \text{ mol/L}$

$$b) \Rightarrow K_c = \frac{(1,552)^2}{0,224 \cdot 0,224} = 48$$

Thêm vào bình 1 mol/L I_2 , coi nồng độ ban đầu của các chất là: $C_{H_2} = 1 \text{ mol/L}; C_{I_2} = 2 \text{ mol/L}$



Nồng độ của HI tăng thêm: $1,864 - 1,552 = 0,312 \text{ mol/L}$. Vậy cân bằng đã chuyển dịch về phía tạo thành HI .

Câu 2 (30/04 lớp 11 – Chu Văn An Ninh Thuận): Từ phản ứng thuận nghịch sau:



Hỗn hợp sau khi đạt đến trạng thái cân bằng có $d_{hh/kk} = 5$ ở $190^\circ C$ và 1 atm.

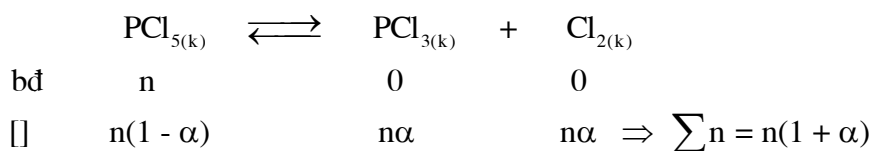
a) Tính hệ số phân li α của PCl_5 .

b) Tính hằng số cân bằng K_p .

c) Tính hệ số phân li α ở áp suất $P = 0,5 \text{ atm}$.

Giải:

a) Tính hệ số phân li α của PCl_5 :



$$d_{\text{PCl}_5/\text{kk}} = \frac{M_{\text{PCl}_5}}{29} = \frac{m_{\text{PCl}_5}}{29n} = d_0 \quad (1)$$

$$\text{Sau phản ứng: } d_{\text{hh/kk}} = \frac{m_{\text{hh}}}{29n(1 + a)} = d \quad (2)$$

$$\text{Ta có (1) : (2): } (d_0/d) = 1 + \alpha \Rightarrow \alpha = (d_0/d) - 1 = (7,2 - 5)/5 = 0,44$$

b) Tính hằng số cân bằng K_P

Gọi P là áp suất hệ cân bằng: $P = 1 \text{ atm}$. ADCT: $P_i = (n_i / \sum n)P$

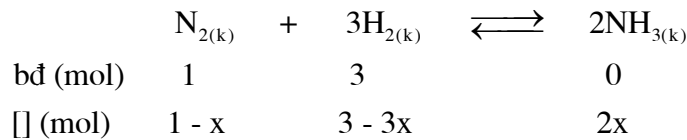
$$\Rightarrow P_{\text{PCl}_3} = P_{\text{Cl}_2} = \frac{n\alpha P}{[n(1 + \alpha)]}; P_{\text{PCl}_5} = \frac{n(1 - \alpha)P}{[n(1 + \alpha)]} \Rightarrow K_P = \frac{P_{\text{PCl}_3} \cdot P_{\text{Cl}_2}}{P_{\text{PCl}_5}} = \frac{\alpha^2}{1 - \alpha^2} = 0,24$$

c) Tính hệ số phân li α ở áp suất $P = 0,5 \text{ atm}$

$$\alpha' = \sqrt{\frac{K_P}{K_P + P}} = \sqrt{\frac{0,24}{0,24 + 0,5}} = 0,57$$

Câu 3 (30/04/2015 khối 10 – Đề chính thức): Hỗn hợp khí gồm 1 mol N_2 và 3 mol H_2 được gia nhiệt tới 387°C tại áp suất 10 atm. Hỗn hợp cân bằng chứa 3,85% NH_3 về số mol. Xác định K_C và K_P .

Giải:



Lúc cân bằng số mol $\text{H}_2 = 3$ lần số mol N_2

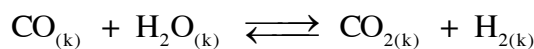
Vậy % số mol N_2 lúc cân bằng là: $(100 - 3,85)/4 = 24,04\%$; % $\text{H}_2 = 72,11\%$.

Áp suất riêng phần đối với từng chất là:

$$P_{\text{NH}_3} = 0,0385 \cdot 10 = 0,385 \text{ atm}; P_{\text{H}_2} = 0,7211 \cdot 10 = 7,211 \text{ atm}$$

$$P_{\text{N}_2} = 0,2404 \cdot 10 = 2,404 \text{ atm} \Rightarrow K_P = \frac{P_{\text{NH}_3}^2}{P_{\text{N}_2} \cdot P_{\text{H}_2}^3} = 1,644 \cdot 10^{-4}; K_C = K_P \cdot (RT)^{-\Delta n} = 0,4815$$

Câu 4 (HSG HÀ TĨNH 10 – 2012): Cho hỗn hợp khí A gồm H_2 và CO có cùng số mol. Người ta muốn điều chế H_2 từ hỗn hợp A bằng cách chuyển hóa CO theo phản ứng:



Hằng số cân bằng K_C của phản ứng ở nhiệt độ thí nghiệm không đổi ($t^\circ\text{C}$) bằng 5. Tỷ lệ số mol ban đầu của CO và H_2O bằng 1 : n. Gọi a là % số mol CO bị chuyển hóa thành CO_2 .

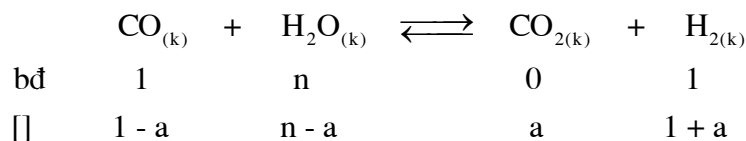
a) Hãy thiết lập biểu thức liên quan giữa n , a và K_C .

b) Cho $n = 3$, tính thành phần % thể tích CO trong hỗn hợp khí cuối cùng (ở trạng thái cân bằng).

c) Muốn thành phần % số mol CO trong hỗn hợp khí cuối cùng nhỏ hơn 1% thì n phải có giá trị bao nhiêu?

Giải:

a) Xét cân bằng:



Tổng số mol sau phản ứng: $(1 - a) + (n - a) + a + (1 + a) = n + 2 = N$

$$K_C = \frac{[\text{CO}_2] \cdot [\text{H}_2]}{[\text{CO}] \cdot [\text{H}_2\text{O}]} = \frac{a(a + 1)}{(1 - a) \cdot (n - a)}$$

b) Vì ta có % thể tích CO trong hỗn hợp: $x = (1 - a)/N \Rightarrow a = 1 - Nx$

Khi $n = 3$ thay a vào K_c , thay số vào, rút gọn: $100x^2 + 65x - 2 = 0 \Rightarrow x = 2,94\%$

c) Muốn $x = 1\%$ thay $a = 1 - Nx$ và thay tiếp vào K_c ta có phương trình:

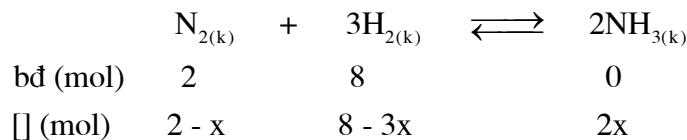
$$5,04N^2 - 12N - 200 = 0 \Rightarrow N = 7,6 \Leftrightarrow n = 5,6.$$

Vậy để $\%V_{CO}$ trong hỗn hợp $< 1\%$ thì n phải có giá trị lớn hơn 5,6.

Câu 5 (HSG YÊN BÁI 11 – 2012): Nén 2 mol nitơ và 8 mol hidro vào một bình kín có thể tích 2 lít (chỉ chứa sẵn chất xúc tác với thể tích không đáng kể) đã được giữ ở nhiệt độ không đổi. Khi phản ứng trong bình đạt cân bằng, áp suất khí trong bình bằng 0,8 áp suất lúc đầu (khi mới cho xong các khí vào bình, chưa xảy ra phản ứng). Tính hằng số cân bằng của phản ứng xảy ra trong bình.

Giải:

Xét cân bằng:



Tổng số mol khí lúc đầu: $2 + 8 = 10$ mol

Tổng số mol khí lúc cân bằng: $(2 - x) + (8 - 3x) + 2x = 10 - 2x$ mol

Vì thể tích bình và nhiệt độ không đổi nên áp suất trong bình tỉ lệ thuận với số mol khí:

$$\frac{P_{cb}}{P_d} = \frac{10 - 2x}{10} = 0,8 \Rightarrow x = 1 \text{ mol} \rightarrow x = 1 \text{ mol}$$

$$[NH_3] = 1M; [N_2] = 0,5M; [H_2] = 2,5M \Rightarrow K_c = \frac{[NH_3]^2}{[N_2].[H_2]^3} = 0,128$$

Câu 6 (30/04 lớp 10 – Chuyên Lê Khiết Quảng Ngãi): Cho cân bằng:



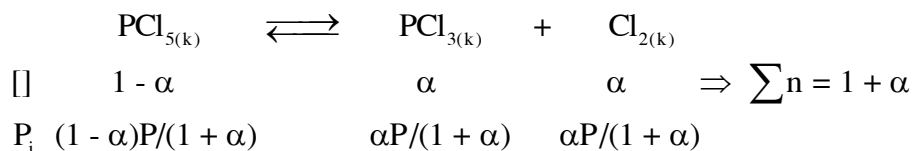
a) Trong một bình kín dung tích V lít chứa m gam PCl_5 , đun nóng bình đến nhiệt độ $T(^0K)$ để xảy ra phản ứng phân li PCl_5 . Sau khi đạt tới cân bằng áp suất khí trong bình là P . Hãy thiết lập biểu thức của K_p theo độ phân li α và áp suất P .

b) Người ta cho vào bình dung tích V lít 83,4 gam PCl_5 và thực hiện phản ứng ở nhiệt độ $T_1(^0K)$. Sau khi đạt tới cân bằng đo được áp suất 2,7 atm. Hỗn hợp khí trong bình có tỉ khối so với hidro bằng 69,5. Tính α và K_p .

c) Trong một thí nghiệm khác giữ nguyên lượng PCl_5 như trên, dung tích bình vẫn là V lít nhưng hạ nhiệt độ của bình đến $T_2 = 0,9T_1$ thì áp suất cân bằng đo được là 1,944 atm. Tính K_p và α . Từ đó cho biết phản ứng phân li PCl_5 thu nhiệt hay phát nhiệt.

Giải:

a) Xét cân bằng:

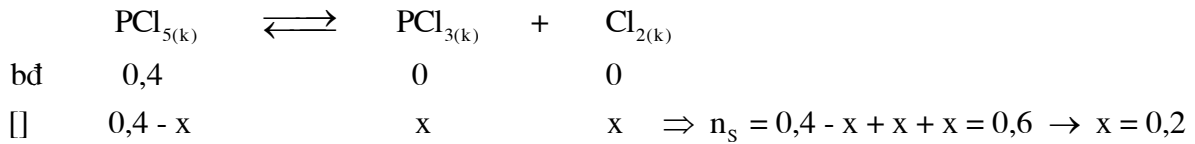


$$\text{Ta có: } K_p = \frac{P_{PCl_3} \cdot P_{Cl_2}}{P_{PCl_5}} \Leftrightarrow K_p = \frac{[\alpha P/(1 + \alpha)] \cdot [\alpha P/(1 + \alpha)]}{[(1 - \alpha)P/(1 + \alpha)]} = \frac{\alpha^2}{1 - \alpha^2} \cdot P$$

b) Theo đề: $n_{PCl_5(bd)} = 83,4/208,5 = 0,4$ mol; $P = 2,7$ atm. Đặt tổng số mol khí của hỗn hợp tại $[\]$

là: n_s . $d_{S/H_2} = 69,5 \Rightarrow \bar{M}_S = 69,5 \cdot 2 = 139$

$$\text{Áp dụng BTKL: } m_s = m_{PCl_5(bd)} = 83,4 \text{ gam} \Rightarrow n_s = 83,4/139 = 0,6 \text{ mol}$$



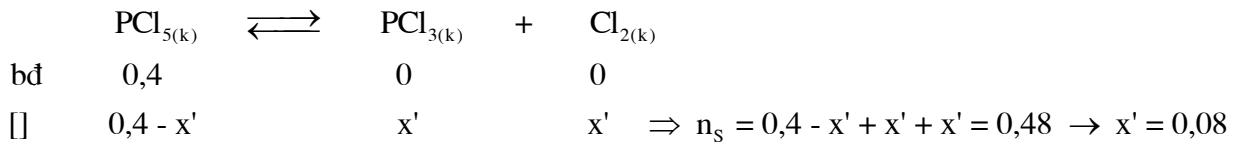
Do đó: $\alpha = (x/0,4) = 0,2/0,4 = 0,5 \Rightarrow K_p = \frac{\alpha^2}{1 - \alpha^2} P = \frac{(0,5)^2}{1 - (0,5)^2} * 2,7 = 0,9$

c) Gọi: Áp suất của hệ tại nhiệt độ T_1 là $P_1 = 2,7 \text{ atm}$, số mol $n_1 = n_s = 0,6 \text{ mol}$.
 Áp suất của hệ tại nhiệt độ $T_2 = 0,9T_1$ là P_2 , số mol n_2 .

Với $P_2 = 1,944 \text{ atm}$.

Ta có:
$$\left. \begin{array}{l} P_1 V_1 = n_1 R T_1 \\ P_2 V_2 = n_2 R T_2 \end{array} \right\} \Rightarrow \frac{P_1 V_1}{P_2 V_2} = \frac{n_1 R T_1}{n_2 R T_2} \Leftrightarrow \frac{P_1 V}{P_2 V} = \frac{n_1 R T_1}{n_2 R \cdot 0,9 \cdot T_1}$$

$$\Rightarrow n_2 = \frac{n_1 P_2}{P_1 \cdot 0,9} = \frac{0,6 \cdot 1,944}{2,7 \cdot 0,9} = 0,48$$



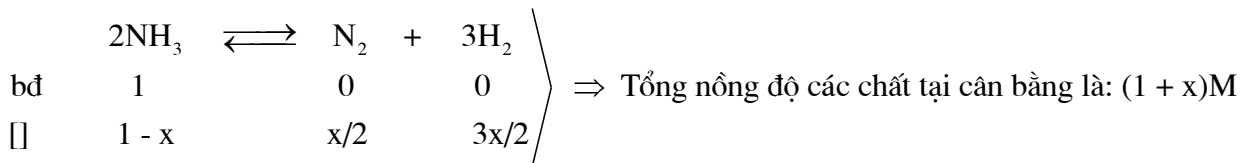
Do đó: $\alpha' = (x'/0,4) = 0,08/0,4 = 0,2 \Rightarrow K'_p = \frac{\alpha'^2}{1 - \alpha'^2} P = \frac{(0,2)^2}{1 - (0,2)^2} * 1,944 = 0,081$

Vì giảm nhiệt độ thì độ phân li PCl_5 giảm, do đó phản ứng phân li PCl_5 là phản ứng thu nhiệt.

Câu 7 (HSG QUẢNG BÌNH 12 - 2013): Một bình kín chứa khí NH_3 ở 0°C và $p \text{ atm}$ với nồng độ 1M . Nung bình kín đó đến 546°C và NH_3 bị phân hủy theo phản ứng: $2\text{NH}_3 \rightleftharpoons \text{N}_2 + 3\text{H}_2$ (1). Khi phản ứng trên đạt đến cân bằng, áp suất khí trong bình là $3,3p \text{ atm}$. Thể tích bình không đổi. Tính hằng số cân bằng K_c của cân bằng (1) ở 546°C .

Giải:

- Áp suất bình trước khi phản ứng ở 546°C : $P_1 = (P_0 \cdot T_1)/T_0 = (p \cdot 819)/273 = 3p \text{ atm}$
 Ta có cân bằng:



Trong cùng điều kiện V, T thì tỉ lệ áp suất bằng tỉ lệ nồng độ (mol/l) do đó ta có:

$$\frac{3p}{3,3p} = \frac{1}{1 + x} \Rightarrow x = 0,1$$

Vậy hằng số cân bằng K_c của phản ứng trên ở 546°C là: $K_C^{819} = \frac{(0,15)^3 \cdot 0,05}{(0,9)^2} \approx 2,08 \cdot 10^{-4}$

Câu 8 (HSG QUẢNG BÌNH 11 – 2013): Haber là một trong số các nhà hoá học có đóng góp quan trọng vào phản ứng tổng hợp NH_3 từ khí H_2 và N_2 .

Trong thí nghiệm 1 tại 472°C , Haber và cộng sự thu được $[\text{H}_2] = 0,1207\text{M}$; $[\text{N}_2] = 0,0402\text{M}$; $[\text{NH}_3] = 0,00272\text{M}$ khi hệ phản ứng đạt đến cân bằng. Trong thí nghiệm 2 tại 500°C , người ta thu được hỗn hợp cân bằng có áp suất riêng phần của H_2 là $0,733 \text{ atm}$; của N_2 là $0,527 \text{ atm}$ và của NH_3 là $1,73 \cdot 10^{-3} \text{ atm}$.

Phản ứng thuận: $3\text{H}_2(k) + \text{N}_2(k) \rightleftharpoons 2\text{NH}_3(k)$ là phản ứng tỏa nhiệt hay thu nhiệt? Tại sao?

Giải:

$$\text{Tại } 472^{\circ}\text{C: } K_c = \frac{[\text{NH}_3]^2}{[\text{H}_2]^3 \cdot [\text{N}_2]} = \frac{(0,00272)^2}{(0,1207)^3 \cdot (0,0402)} = 0,105$$

$$\rightarrow K_p = K_c (\text{RT})^{\Delta n} = 0,105 [0,082 \cdot (472 + 273)]^{-2} = 2,81 \cdot 10^{-5}$$

$$\text{Tại } 500^{\circ}\text{C: } K_p = \frac{P_{\text{NH}_3}^2}{P_{\text{H}_2}^3 \cdot P_{\text{N}_2}} = \frac{(1,73 \cdot 10^{-3})^2}{(0,733)^3 \cdot (0,527)} = 1,44 \cdot 10^{-5} < 2,81 \cdot 10^{-5}$$

Nhiệt độ tăng, K_p giảm \rightarrow phản ứng thuận là phản ứng tỏa nhiệt (theo nguyên lí của Le Chatelier).

Câu 9 (HSG QUẢNG BÌNH 11 – 2016): Người ta đun nóng một lượng PCl_5 trong một bình kín thể tích 12 lít ở 250°C . $\text{PCl}_{5(\text{k})} \rightleftharpoons \text{PCl}_{3(\text{k})} + \text{Cl}_{2(\text{k})}$

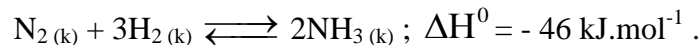
Lúc cân bằng trong bình có 0,21 mol PCl_5 ; 0,32 mol PCl_3 ; 0,32 mol Cl_2 . Tính hằng số cân bằng K_C , K_P của phản ứng ở 250°C .

Giải:

$$\left[\begin{array}{ccc} \text{PCl}_{5(\text{k})} & \rightleftharpoons & \text{PCl}_{3(\text{k})} + \text{Cl}_{2(\text{k})} \\ \text{[] } 0,21/12 & & 0,32/12 \quad 0,32/12 \end{array} \right] \Rightarrow K_c = \frac{(0,32)^2}{0,21 \cdot 12} = 0,0406 \text{ mol/L}$$

$$K_p = K_c \cdot (\text{RT})^{\Delta n} = \frac{0,0406 \cdot 22,4 \cdot (273 + 250)}{273} = 1,7423 \text{ (atm)}$$

Câu 10 (HSG QUẢNG BÌNH 11 – 2018): Cho cân bằng hóa học:



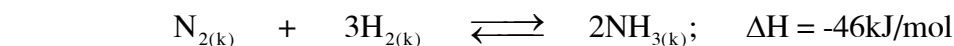
Nếu xuất phát từ hỗn hợp chứa N_2 và H_2 theo tỉ lệ số mol đúng bằng hệ số tỉ lượng 1: 3 thì khi đạt tới trạng thái cân bằng (450°C , 300 atm) NH_3 chiếm 36% thể tích.

a) Tính hằng số cân bằng K_p .

b) Giữ áp suất không đổi (300 atm), cần tiến hành ở nhiệt độ nào để khi đạt tới trạng thái cân bằng NH_3 chiếm 50% thể tích? Giả sử ΔH° không thay đổi trong khoảng nhiệt độ nghiên cứu.

Giải:

a)



$$\text{bđ (mol)} \quad 1 \quad 3 \quad 0$$

$$\text{[] (mol)} \quad 1 - x \quad 3 - 3x \quad 2x$$

$$\Rightarrow \sum \text{sau} = 1 - x + 3 - 3x + 2x = 4 - 2x \text{ (mol)}$$

$$\%V_{\text{NH}_3} = (2x/(4 - 2x)) \cdot 100 = 36\% \rightarrow x = 0,529 \Rightarrow \%V_{\text{N}_2} = 16\%; \%V_{\text{H}_2} = 48\%$$

$$K_{p1} = \frac{P_{\text{NH}_3}^2}{P_{\text{H}_2}^3 \cdot P_{\text{N}_2}} = \frac{0,36^2 \cdot P^2}{0,16P \cdot (0,48P)^3} = \frac{0,36^2}{0,16 \cdot 0,48^3 \cdot 300^2} = 8,14 \cdot 10^{-5}$$

$$\text{b) Từ } \%V_{\text{NH}_3} = 2y/(4 - 2y) = 50\% \rightarrow y = 2/3 \Rightarrow \%V_{\text{N}_2} = 12,5\%; \%V_{\text{H}_2} = 37,5\%$$

$$K_{p2} = \frac{P_{\text{NH}_3}^2}{P_{\text{H}_2}^3 \cdot P_{\text{N}_2}} = \frac{0,5^2}{0,125 \cdot 0,375^2 \cdot 300^3} = 4,21 \cdot 10^{-4}$$

$$\ln \frac{K_{p2}}{K_{p1}} = \frac{\Delta H^{\circ}}{R} \left(\frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_2} \right) \Rightarrow \frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_2} = \frac{R}{\Delta H^{\circ}} \ln \frac{K_{p2}}{K_{p1}}$$

$$\Rightarrow \frac{1}{T_2} = \frac{1}{T_1} - \frac{R}{\Delta H^{\circ}} \ln \frac{K_{p2}}{K_{p1}} = \frac{1}{450 + 273} + \frac{8,314}{46 \cdot 10^3} \ln \frac{4,21 \cdot 10^{-4}}{8,14 \cdot 10^{-5}} \Rightarrow T_2 = 595,19 \text{ K}$$

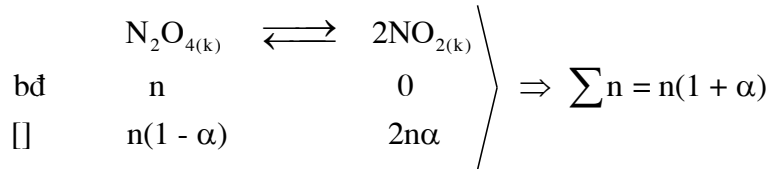
Câu 11 (30/04 lớp 10 – Chuyên Lê Quý Đôn Quảng Trị): Ở 27°C, 1atm N₂O₄ phân huỷ theo phản ứng: N₂O_{4(k)} ⇌ 2NO_{2(k)} với tốc độ phân huỷ là 20%.

a) Tính hằng số cân bằng K_p.

b) Độ phân huỷ một mẫu N₂O_{4 (khí)} có khối lượng 69 gam, chứa trong một bình có thể tích 20 lít ở 27°C.

Giải:

a) Gọi độ phân huỷ của N₂O₄ ở 27°C, 1 atm là α, số mol của N₂O₄ ban đầu là n. Xét cân bằng:

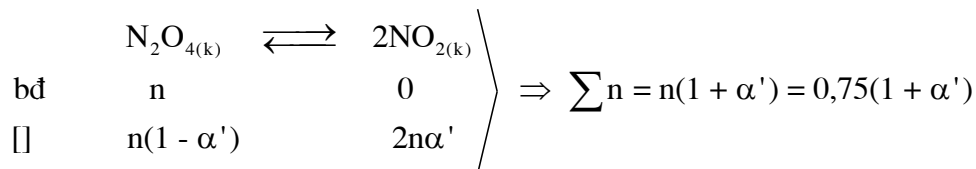


Nên áp suất riêng phần của các khí trong hỗn hợp lúc cân bằng:

$$P_{\text{N}_2\text{O}_4} = (1 - \alpha)P/(1 + \alpha); P_{\text{NO}_2} = 2\alpha P/(1 + \alpha) \Rightarrow K_p = \frac{[2\alpha P/(1 + \alpha)]^2}{[(1 - \alpha)P/(1 + \alpha)]} = \frac{4\alpha^2}{1 - \alpha^2} P$$

Với P = 1atm, α = 20% hay α = 0,2 ⇒ K_p = 1/6 atm

b) n_{N₂O₄} = 0,75; độ phân huỷ của N₂O₄ trong điều kiện mới là α'. Ta xét cân bằng:



$$\text{Áp suất hỗn hợp khí lúc cân bằng: } P' = \frac{nRT}{V} = \frac{0,75(1 + \alpha') \cdot 0,082 \cdot 300}{20} = 0,9225(1 + \alpha')$$

$$\text{Vì } K_p = \text{const} \text{ nên ADCT: } K_p = \frac{4\alpha'^2}{1 - \alpha'^2} P' \Leftrightarrow \frac{4\alpha'^2}{1 - \alpha'^2} * 0,9225(1 + \alpha') = 1/6 \Rightarrow \alpha' \approx 0,19$$

Câu 12 (30/04/2008 lớp 10 – Khánh Hòa): Cho cân bằng hóa học sau: N₂O_{4(k)} ⇌ 2NO_{2(k)} (1)

Thực nghiệm cho biết khối lượng mol phân tử trung bình của hai khí trên ở 35°C bằng 72,45 g/mol và ở 45°C bằng 66,8 g/mol.

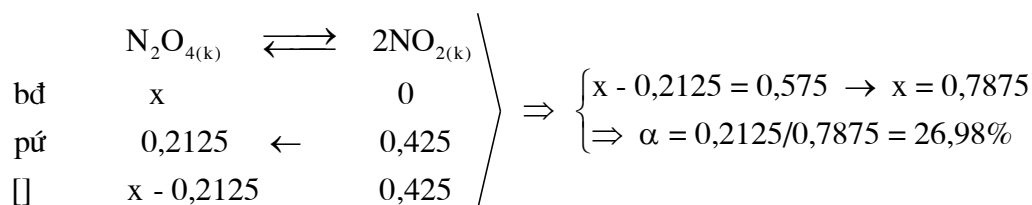
a) Tính độ phân li của N₂O₄ ở mỗi nhiệt độ trên?

b) Tính hằng số cân bằng K_p của (1) ở mỗi nhiệt độ trên? Biết P = 1 atm.

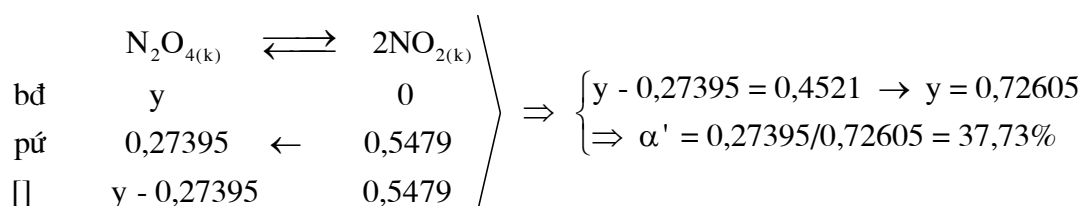
c) Cho biết theo chiều nghịch, phản ứng thu nhiệt hay tỏa nhiệt?

Giải:

a) Ở 35°C $\bar{M}_{\text{hh}} = 72,45$ gam/mol; PP đường chéo ⇒ n_{N₂O₄} = 0,575; n_{NO₂} = 0,425



Ở 45°C $\bar{M}_{\text{hh}} = 66,8$ gam/mol; PP đường chéo ⇒ n_{N₂O₄} = 0,4521; n_{NO₂} = 0,5479



b)

- Ở 35°C:

$$P_{\text{NO}_2} = (0,425/1)*1 = 0,425; P_{\text{N}_2\text{O}_4} = (0,575/1)*1 = 0,575 \Rightarrow K_p = (0,425)^2/0,575 = 0,314 \text{ mol}$$

- Ở 45°C:

$$P_{\text{NO}_2} = \frac{0,5479}{1} * 1 = 0,5479; P_{\text{N}_2\text{O}_4} = \frac{0,4521}{1} * 1 = 0,4521 \Rightarrow K_p = (0,5479)^2/0,4521 = 0,664 \text{ mol}$$

c) Độ phân hủy tăng, K_p tăng nghĩa là phản ứng diễn ra theo chiều thuận. Khi tăng nhiệt độ phản ứng diễn ra theo chiều thuận, vậy chiều thuận là chiều thu nhiệt, chiều nghịch là chiều tỏa nhiệt.

Câu 13 (30/04/2007 lớp 10 – TP.HCM): Dưới tác dụng của nhiệt, PCl_5 bị phân tích thành PCl_3 và Cl_2 theo phản ứng cân bằng: $\text{PCl}_{5(k)} \rightleftharpoons \text{PCl}_{3(k)} + \text{Cl}_{2(k)}$

Ở 273°C và dưới áp suất 1 atm người ta nhận thấy rằng hỗn hợp cân bằng có khối lượng riêng là 2,48 gam/L. Tìm K_c và K_p của phản ứng trên?

Giải:

Gọi $n_{\text{PCl}_5} = x$; $n_{\text{PCl}_3} = n_{\text{Cl}_2} = y$ có trong 1 lít hỗn hợp lúc cân bằng ở 273°C, 1 atm. Tổng số mol khí trong hỗn hợp là $(x + 2y)$ mol

$$PV = (x + 2y)RT \Rightarrow x + 2y = PV/(RT) = 1/(0,0821 \cdot 546) = 0,02231 \text{ mol (1)}$$

Số mol PCl_5 ban đầu là $(x + y)$ theo định luật bảo toàn khối lượng.

Khối lượng PCl_5 ban đầu = khối lượng hỗn hợp sau phản ứng = 2,48 gam

$$\Rightarrow x + y = 2,48/208,5 = 0,0119 \text{ mol (2)}$$

Từ (1) và (2) $\Rightarrow x = 0,00149$; $y = 0,01041$

$$[\text{PCl}_5] = x = 0,00149 \text{ mol/L}; [\text{PCl}_3] = [\text{Cl}_2] = y = 0,01041 \text{ mol/L}$$

$$\Rightarrow K_c = \frac{[\text{PCl}_3][\text{Cl}_2]}{[\text{PCl}_5]} = 0,728 \Rightarrow K_p = K_c RT = 3,26$$

Câu 14 (30/04 lớp 10 – Trần Quốc Tuấn Quảng Ngãi): Ở nhiệt độ T, phản ứng giữa CO_2 và C (rắn) nóng đỏ, dư tạo thành CO có hằng số cân bằng K_p bằng 10.

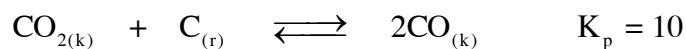
a) Xác định nồng độ phân mol của các khí trong hỗn hợp tại trạng thái cân bằng, biết áp suất chung của hỗn hợp tại trạng thái cân bằng là 4 atm.

b) Xác định áp suất riêng của CO_2 lúc cân bằng.

c) Xác định áp suất chung của hỗn hợp sao cho lúc cân bằng CO_2 chiếm 6% về thể tích.

Giải:

a) Xét cân bằng:



bđ x

$$[] \quad x - a \qquad \qquad \qquad 2a \Rightarrow \sum n = x + a$$

$$P_i \quad (x - a)P/(x + a) \qquad \qquad \qquad 2aP/(x + a)$$

$$\Rightarrow K_p = \frac{(P_{\text{CO}})_2}{P_{\text{CO}_2}} = \frac{[2aP/(x + a)]^2}{[(x - a)P/(x + a)]} = \frac{4a^2P}{(x - a)(x + a)} = 10$$

$$\Leftrightarrow \frac{4a^2}{x^2 - a^2} = \frac{10}{P} \Rightarrow a = \sqrt{\frac{10x^2}{4P + 10}} = x\sqrt{\frac{10}{4P + 10}} = 0,62x$$

$$\Rightarrow \text{Nồng độ phân mol của CO}_2 = \frac{x - a}{x + a} = \frac{x - 0,62x}{x + 0,62x} = 0,234 \quad 0,234$$

$$\text{Nồng độ phân mol của CO} = \frac{2a}{x + a} = \frac{1,24x}{x + 0,62x} = 0,766$$

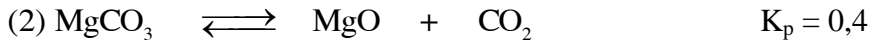
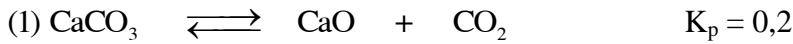
b) Xác định áp suất riêng của CO₂ tại cân bằng: $P_{\text{CO}_2} = \frac{x-a}{x+a}P = 0,234*4 = 0,936 \text{ atm}$

c) Xác định áp suất chung của hỗn hợp sao cho lúc cân bằng CO₂ chiếm 6% về thể tích:

$$\frac{V_{\text{CO}_2}}{V_{\text{hh}}} = \frac{n_{\text{CO}_2}}{n_{\text{hh}}} = 0,06 \Rightarrow \frac{n_{\text{CO}_2}}{n_{\text{hh}}} = 0,06 \Rightarrow K_p = \frac{(0,94P)^2}{0,06P} = 10 \Rightarrow P = \frac{10 \times 0,06}{0,94^2} = 0,679 \text{ atm}$$

Vậy để % về thể tích của CO₂ tại cân bằng là 6% thì áp suất chung tại cân bằng phải là 0,679 atm.

Câu 15 (30/04 lớp 11 – Chuyên Nguyễn Du Đắk Lắk): Ở 820⁰C cho K_p các cân bằng sau:



Người ta đưa 1 mol CaO; 1 mol MgO và 3 mol CO₂ vào một xilanh có thể tích rất lớn, ban đầu là chân không và giữ ở 820⁰C. Nhờ một pittong nén từ từ thể tích trong xilanh. Xác định thể tích của CO₂ khi bắt đầu và chấm dứt mỗi cân bằng?

Giải:

Khi $P_{\text{CO}_2} < 0,2 \text{ atm} \Rightarrow$ không có phản ứng xảy ra.

$$\text{Khi } P_{\text{CO}_2} = 0,2 \text{ atm: } V_1 = \frac{nRT}{P} = \frac{3 \times 0,082 \times (273 + 820)}{0,2} = 1345,23 \text{ Lít}$$



Khi V giảm, P_{CO_2} không thay đổi, do CO₂ tham gia vào cân bằng (1), đến khi CaO hết 1 mol thì

$$\text{CO}_2 \text{ tiêu thụ hết 1 mol} \Rightarrow \text{CO}_2 \text{ còn 2 mol} \Rightarrow V_2 = \frac{2 \times 0,082 \times (273 + 820)}{0,2} = 896,82 \text{ Lít}$$

Khi $0,2 \text{ atm} < P_{\text{CO}_2} < 0,4 \text{ atm}$ không có phản ứng hoá học xảy ra.

$$\text{Khi } P_{\text{CO}_2} = 0,4 \text{ atm} \Rightarrow V_3 = \frac{2 \times 0,082 \times (273 + 820)}{0,4} = 448,41 \text{ Lít}$$



Khi V giảm, P_{CO_2} không thay đổi do CO₂ tham gia vào cân bằng (2) đến khi MgO tiêu thụ hết 1

$$\text{mol, CO}_2 \text{ tiêu thụ hết 1 mol} \Rightarrow \text{CO}_2 \text{ còn lại 1 mol} \Rightarrow V_4 = \frac{1 \times 0,082 \times (273 + 820)}{0,4} = 224,20 \text{ Lít}$$

Vậy: $896,82 \text{ lít} < V < 1345,23 \text{ lít} \Rightarrow$ cân bằng (1) xảy ra.

$448,41 \text{ lít} < V < 896,82 \text{ lít} \Rightarrow$ không có phản ứng xảy ra.

$224,20 \text{ lít} < V < 448,41 \text{ lít} \Rightarrow$ cân bằng (2) xảy ra.

Câu 16 (30/04 lớp 11 – Sa Đéc Đồng Tháp): Ở nhiệt độ xác định và dưới áp suất 1 atm, độ phân li của N₂O₄ thành NO₂ bằng 11%.

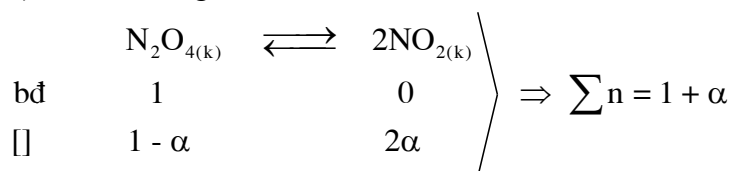
a) Tính hằng số cân bằng K_p của phản ứng này.

b) Độ phân li sẽ thay đổi như thế nào khi áp suất giảm từ 1 atm xuống tới 0,8 atm.

c) Để cho độ phân li giảm xuống tới 8% thì phải nén hỗn hợp khí tới áp suất nào? Kết quả nhận được có phù hợp với nguyên lí chuyển dịch cân bằng Le Chatelier không? Vì sao?

Giải:

a) Xét cân bằng:



$$\text{Với } P = 1 \text{ atm} \Rightarrow P_{\text{NO}_2} = \frac{n_{\text{NO}_2}}{\sum n} * P = \frac{2\alpha}{1-\alpha} P; P_{\text{N}_2\text{O}_4} = \frac{n_{\text{N}_2\text{O}_4}}{\sum n} * P = \frac{1-\alpha}{1+\alpha} P$$

$$\Rightarrow K_p = \frac{P_{\text{NO}_2}^2}{P_{\text{N}_2\text{O}_4}} = \frac{4\alpha^2}{1-\alpha^2} P; \text{ với } \alpha = 0,11; P = 1 \text{ atm} \Rightarrow K_p = 0,049$$

b) ADCT: $K_p = \frac{P_{\text{NO}_2}^2}{P_{\text{N}_2\text{O}_4}} = \frac{4\alpha^2}{1-\alpha^2} P$; với $P = 0,8 \text{ atm}$; $K_p = \text{const} \Rightarrow \alpha = 0,123$. Vậy khi P giảm từ $1 \rightarrow 0,8 \text{ atm}$, độ phân li tăng từ 11% lên $12,3\%$.

c) ADCT: $K_p = \frac{P_{\text{NO}_2}^2}{P_{\text{N}_2\text{O}_4}} = \frac{4\alpha^2}{1-\alpha^2} P$; với $\alpha = 0,08$; $K_p = \text{const} \Rightarrow P = 1,9 \text{ atm}$

Khi P tăng từ 1 lên $1,9 \text{ atm}$. Cân bằng chuyển dịch sang trái, điều này phù hợp với nguyên lí Le Chatelier. Vì khi tăng P , cân bằng chuyển dịch sang phía làm giảm số mol khí.

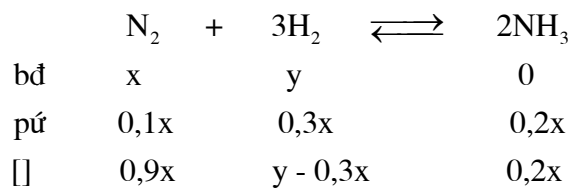
Câu 17 (30/04 lớp 11 – Hoàng Hoa Thám Đà Nẵng): Cho hỗn hợp khí N_2 và H_2 vào bình kín ở nhiệt độ không đổi. Khi phản ứng đạt trạng thái cân bằng, áp suất khí trong bình giảm 5% so với ban đầu. Biết tỉ lệ số mol đã phản ứng của N_2 là 10% .

a) Tính % thể tích của N_2 và H_2 trong hỗn hợp ban đầu?

b) Tính K_p của phản ứng? Biết ban đầu số mol hỗn hợp là 1 mol và thể tích bình là 1 lít .

Giải:

a) Xét cân bằng:



$$\text{Vì } V, T \text{ không đổi nên ta có: } \frac{P_1}{P_2} = \frac{n_1}{n_2} \Rightarrow \frac{P_1}{0,95P_1} = \frac{x+y}{0,8x+y} \Rightarrow y = 3x$$

$$\text{Vậy } \%V_{\text{N}_2} = \frac{x}{x+y} * 100 = 25\%; \%V_{\text{H}_2} = 75\%$$

b) Ta có: $4x = 1 \Rightarrow x = 0,25 \text{ mol}$. Tại trạng thái cân bằng hỗn hợp khí gồm:

$n_{\text{N}_2} = 0,9x = 0,225 \text{ mol}$; $n_{\text{H}_2} = 2,7x = 0,675 \text{ mol}$; $n_{\text{NH}_3} = 0,5 \text{ mol}$. Do $V = 1 \text{ lít}$ nên số mol cũng là nồng độ các chất tại cân bằng.

$$\Rightarrow K_c = \frac{[\text{NH}_3]^2}{[\text{N}_2][\text{H}_2]^3} = \frac{(0,5)^2}{0,225 * (0,675)^3} = 3,613$$

Câu 18 (30/04/2011 – Chuyên Huỳnh Mẫn Đạt):

Cho phản ứng: $2\text{SO}_{2(k)} + \text{O}_{2(k)} \rightleftharpoons 2\text{SO}_{3(k)}$; $\Delta H = -198 \text{ kJ}$

a) Để tăng hiệu suất quá trình tổng hợp SO_3 , người ta có thể sử dụng biện pháp nào liên quan đến áp suất, nhiệt độ và chất xúc tác? Giải thích?

b) Cho $10,51 \text{ mol}$ khí SO_2 và $37,17 \text{ mol}$ không khí (20% về thể tích là O_2 còn lại là N_2) có xúc tác V_2O_5 . Thực hiện phản ứng ở 427°C , 1 atm thì phản ứng đạt hiệu suất 98% . Tính hằng số cân bằng K_C và K_p của phản ứng ở 427°C .

Giải:

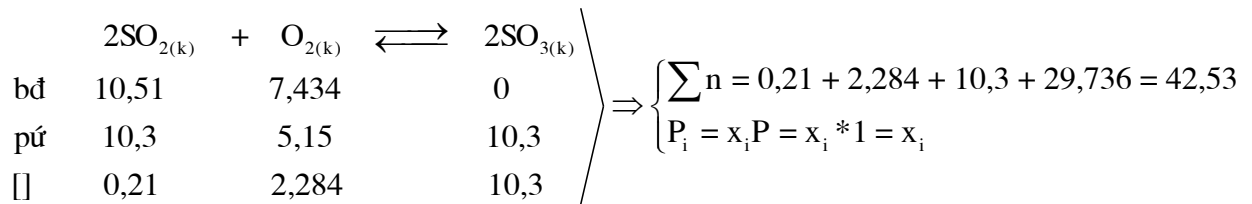
a) Để tăng hiệu suất quá trình tổng hợp SO_3 thì cần tác động như sau:

- Giảm nhiệt độ của hệ phản ứng, nhưng khoảng 500°C là thích hợp vì nếu giảm nhiệt độ xuống thấp quá thì tốc độ phản ứng chậm.

- Thổi liên tục khí SO_2 và không khí nén ở áp suất cao vào lò phản ứng.

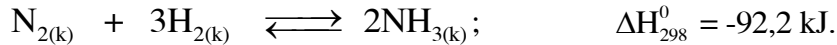
- Dùng xúc tác V_2O_5 để phản ứng mau chóng đạt trạng thái cân bằng.

b) $n_{O_2(bd)} = 7,434 \text{ mol}; n_{N_2(bd)} = 29,736 \text{ mol}$



$$\Rightarrow K_p = \frac{(P_{SO_3})^2}{(P_{SO_2})^2 \cdot P_{O_2}} = \frac{(10,3)^2 \cdot 42,53}{(0,21)^2 \cdot 2,284} = 4,48 \cdot 10^4$$

Câu 19 (30/04/2011 – Chuyên Hùng Vương Bình Phước): Cho cân bằng hóa học:



Nếu xuất phát từ hỗn hợp chứa N_2 và H_2 theo tỉ lệ số mol đúng bằng hệ số tỉ lượng, tức tỉ lệ 1 : 3 thì khi đạt tới trạng thái cân bằng (450°C , 300 atm) NH_3 chiếm 36%.

a) Tính hằng số cân bằng K_p .

b) Giữ nhiệt độ không đổi cần tiến hành dưới áp suất bao nhiêu để khi đạt tới trạng thái cân bằng NH_3 chiếm 50% thể tích.

c) Giữ áp suất không đổi (300 atm), cần tiến hành phản ứng ở nhiệt độ nào để khi đạt tới trạng thái cân bằng NH_3 chiếm 50% về thể tích? Cho biết phương trình Van't Hoff liên hệ hai hằng số cân

bằng ở 2 nhiệt độ là: $\ln \frac{K_2}{K_1} = \frac{\Delta H}{R} \left(\frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_2} \right)$

Giải:

a) Gọi x_1, x_2, x_3 lần lượt là %V (cũng là % số mol) của N_2, H_2 và NH_3 ta có:

$$x_3 = 36\% = 0,36 \Rightarrow x_1 + x_2 = 64\% = 0,64 \quad (1)$$

$$\text{Vì } N_2 \text{ và } H_2 \text{ được lấy theo tỉ lệ mol } 1 : 3 \text{ nên } \Rightarrow x_1 : x_3 = 1 : 3 \quad (2)$$

$$\text{Từ (1) và (2) } \Rightarrow x_1 = 0,16; x_2 = 0,48.$$

$$K_p = \frac{P_{NH_3}^2}{P_{N_2} \cdot P_{H_2}^3} = \frac{(0,36 \cdot 300)^2}{(0,16 \cdot 300) \cdot (0,48 \cdot 300)^3} = 8,14 \cdot 10^{-5}$$

$$\text{b) Ở trạng thái cân bằng: } x_3 = 50\% = 0,5 \Rightarrow x_1 + x_2 = 0,5 \quad (3)$$

$$\text{Từ (2) và (3) } \Rightarrow x_1 = 0,125; x_2 = 0,375.$$

$$K_p = \frac{P_{NH_3}^2}{P_{N_2} \cdot P_{H_2}^3} = \frac{(0,5 \cdot P)^2}{(0,125 \cdot P) \cdot (0,375 \cdot P)^3} = 8,14 \cdot 10^{-5} \Rightarrow P = 682,6 \text{ atm.}$$

$$\text{c) } K'_p = \frac{P_{NH_3}^2}{P_{N_2} \cdot P_{H_2}^3} = \frac{(0,5 \cdot 300)^2}{(0,125 \cdot 300) \cdot (0,375 \cdot 300)^3} \approx 4,21 \cdot 10^{-4}$$

$$\Rightarrow \ln \frac{K'_p}{K_p} = \frac{\Delta H}{R} \left(\frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_2} \right) \Rightarrow T_2 = 653\text{K hay } 380^\circ\text{C.}$$

Câu 20 (Đề Duyên Hải 2017 – Chuyên Hạ Long): Cho một bình kín dung tích 22,4 lít chứa sẵn 1 mol rắn A và 0,55 mol khí B. Đun nóng bình đến 273°C và dùng lại khi áp suất của bình giữ ổn định ở 2,9 atm.

a) Tính áp suất riêng phần của từng khí trong hỗn hợp cân bằng

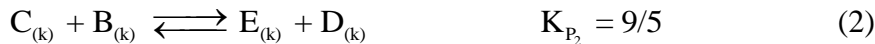
b) Chuyện gì sẽ xảy ra nếu ban đầu chỉ có 0,1 mol rắn A? Biết các cân bằng xảy ra trong bình như sau:





Giải:

a) Ta có cân bằng sau ở 273⁰C:



$$\text{Tại thời điểm ban đầu: } P_B^0 = \frac{n_B^0 RT}{V} = \frac{0,55 \cdot 0,082 \cdot 546}{22,4} = 1,1 \text{ atm}$$

$$\text{Tại thời điểm cân bằng: } P_B + P_C + P_D + P_E = 2,9 \text{ atm}$$

Nhận xét: trong quá trình phản ứng, lượng chất B mất đi bằng với lượng chất D tạo thành. Hay nói cách khác, tổng lượng B và D tại thời điểm cân bằng với lượng ban đầu của chất B.

$$\text{Vậy ta được: } P_B + P_D = P_B^0 = 1,1 \text{ atm}$$

$$\text{Mặt khác: } \frac{K_{P_2}}{K_{P_1}} = \frac{[P_E \cdot P_D / P_C \cdot P_B]}{[P_C \cdot P_D / P_B]} = \frac{P_E}{P_C^2} \Rightarrow P_E = \frac{K_{P_2}}{K_{P_1}} \cdot P_C^2 = \frac{10}{3} P_C^2$$

Từ các phương trình trên ta có được:

$$P_C + (10/3)P_C^2 = 2,9 - 1,1 = 1,8 \Rightarrow P_C = 0,6 \text{ atm; } P_E = 1,2 \text{ atm}$$

Tính P_B và P_D dựa vào K_1 :

$$\frac{P_B}{P_D} = \frac{P_C}{K_1} = \frac{0,6}{6} = 0,1 \text{ và } P_B + P_D = 1,1 \Rightarrow P_B = 0,1 \text{ atm; } P_D = 1,0 \text{ atm}$$

Tính lại để biết rằng phản ứng theo chiều thuận có kết thúc trước khi đạt cân bằng hay không. Từ 2 cân bằng (1) và (2) ta nhận thấy: Lượng chất A mất đi bằng tổng lượng chất C tạo thành, mà tổng lượng chất C này chuyển hóa một phần vào E nên có thể kết luận rằng: nên phản ứng (1) theo chiều thuận chưa kết thúc khi đạt trạng thái cân bằng.

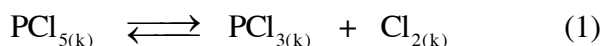
b) Nếu $n_A = 0,1$ mol thì lúc này $\Delta n_A > n_A$ nên phản ứng (1) theo chiều thuận đã kết thúc trước khi đạt trạng thái cân bằng. Lúc này áp suất bình tại thời điểm cân bằng sẽ khác đi.

Câu 21 (30/04/2010 – Chuyên Long An): PCl_5 phân li theo phương trình:

$PCl_{5(k)} \rightleftharpoons PCl_{3(k)} + Cl_{2(k)}$. Ở 500⁰C cho n mol khí PCl_5 vào một bình kín (đã hút hết chân không) độ phân li PCl_5 là α . Áp suất của hệ lúc cân bằng là p atm. Thiết lập mối liên hệ giữa hằng số cân bằng K_P với n, p, α .

Giải:

Thiết lập mối liên hệ giữa hằng số cân bằng K_P với n, p, α .



$$\text{bđ} \quad n \quad \quad \quad 0 \quad \quad \quad 0$$

$$\text{pứ} \quad \alpha \quad \quad \quad \alpha \quad \quad \quad \alpha$$

$$\text{sau pứ} \quad n - \alpha \quad \quad \quad \alpha \quad \quad \quad \alpha$$

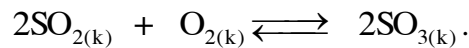
$$\text{Tổng số mol sau phản ứng: } n_{\text{sau pứ}} = n - \alpha + \alpha + \alpha = n + \alpha$$

$$\text{Từ (1): } K_P = \frac{P_{PCl_3} \cdot P_{Cl_2}}{P_{PCl_5}} \quad (2)$$

$$P_{PCl_3} = P \cdot \frac{\alpha}{n + \alpha}; P_{Cl_2} = P \cdot \frac{\alpha}{n + \alpha}; P_{PCl_5} = P \cdot \frac{n - \alpha}{n + \alpha}$$

$$\text{Thế vào (2): } K_P = \left[P \cdot \frac{\alpha}{n + \alpha} \cdot P \cdot \frac{\alpha}{n + \alpha} \right] : P \cdot \frac{n - \alpha}{n + \alpha} = P \cdot \frac{\alpha^2}{n^2 - \alpha^2}$$

Câu 22 (30/04/2010 – Chuyên Quang Trung Bình Phước): SO_2 phản ứng với O_2 theo phương trình:



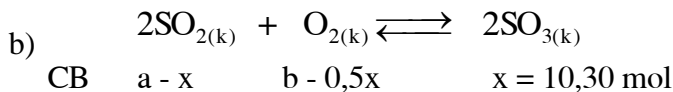
Trong công nghiệp người ta dùng oxi không khí dư để thực hiện phản ứng. Khi cân bằng ở áp suất 1 atm và 700^0 K thu được hỗn hợp khí gồm 0,21 mol SO_2 ; 5,37 mol O_2 ; 10,30 mol SO_3 và 84,12 mol N_2 .
Hãy tính:

- Hằng số cân bằng K_p .
- Số mol ban đầu của SO_2 ; O_2 và N_2 .
- Tỉ lệ chuyển hóa của SO_2 thành SO_3 .

Giải:

a) Khi cân bằng: $P_{\text{SO}_2} = 0,21 \cdot 10^{-2}$ atm; $P_{\text{O}_2} = 5,37 \cdot 10^{-2}$ atm; $P_{\text{SO}_3} = 10,30 \cdot 10^{-2}$ atm nên:

$$K_p = \frac{(10,30 \cdot 10^{-2})^2}{(0,21 \cdot 10^{-2})^2 \cdot 5,37 \cdot 10^{-2}} = 4,48 \cdot 10^4$$



→ a = 10,51 mol SO_2 ; b = 10,52 mol O_2 ; 84,12 mol N_2

c) $\alpha = 10,30/10,51 = 0,98 \rightarrow \alpha = 98\%$

Câu 23 (30/04/2010 – Bạc Liêu): Xét hỗn hợp khí cân bằng do sự nhiệt phân COCl_2 ở nhiệt độ T theo phương trình hóa học: $\text{COCl}_{2(k)} \rightleftharpoons \text{CO}_{(k)} + \text{Cl}_{2(k)}$. Ở nhiệt độ này, độ phân li của COCl_2 là 0,25; áp suất tổng cộng là $p = 1$ atm, thể tích hỗn hợp là V. Người ta thêm vào hỗn hợp này cùng một thể tích đó của Cl_2 ở nhiệt độ T, áp suất 1 atm, rồi nén cho thể tích của hệ trở lại như cũ (bằng V). Tính độ phân li của COCl_2 và giải thích kết quả thu được.

Giải:

Gọi n là số mol lúc đầu của COCl_2 , α là độ phân li của COCl_2 ở nhiệt độ T và áp suất $P = 1$ atm

	$\text{COCl}_{2(k)}$	\rightleftharpoons	$\text{CO}_{(k)}$	+	$\text{Cl}_{2(k)}$	Tổng số mol khí
bđ	n		0		0	n
s.pứ	$n(1 - \alpha)$		$n\alpha$		$n\alpha$	$n(1 + \alpha)$
áp suất phần P_i						
ở thời điểm cuối	$p \frac{1 - \alpha}{1 + \alpha}$		$p \frac{\alpha}{1 + \alpha}$		$p \frac{\alpha}{1 + \alpha}$	

$$K_p = \frac{P_{\text{CO}} \cdot P_{\text{Cl}_2}}{P_{\text{COCl}_2}} \cdot P_0^{-1} = P \cdot \frac{\alpha^2}{1 - \alpha} \cdot P_0^{-1} \quad (P_0 = 1 \text{ atm})$$

Thay các trị số của P, P_0 và α vào phương trình trên ta được: $K_p(T) = 1/15$

Số mol Cl_2 được thêm vào hỗn hợp là: $n(1 + \alpha) = 1,25n$

Gọi P' là áp suất hỗn hợp cân bằng mới ở nhiệt độ T, thể tích V và α' là độ phân li của COCl_2 ở điều kiện mới ta có:

	$\text{COCl}_{2(k)}$	\rightleftharpoons	$\text{CO}_{(k)}$	+	$\text{Cl}_{2(k)}$	Tổng số mol khí
bđ	n		0		1,25n	2,25n
s.pứ	$n(1 - \alpha')$		$n\alpha'$		$n\alpha'$	$n(\alpha' + 2,25)$
áp suất phần P_i						
ở thời điểm cuối	$p \frac{1 - \alpha'}{\alpha' + 2,25}$		$p \frac{\alpha'}{\alpha' + 2,25}$		$p \frac{\alpha'}{\alpha' + 2,25}$	

$$K_p = P' \cdot \frac{\alpha'(\alpha'+1,25)}{(1-\alpha')(\alpha'+2,25)} = \frac{1}{15} \quad (1)$$

Nếu đề ý rằng ở nhiệt độ T, thể tích V, áp suất tỉ lệ với số mol các khí ta có:

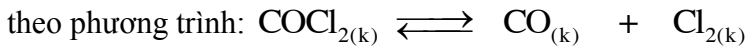
$$\frac{P'}{P} = P' = \frac{\alpha + 2,25}{1,25} \quad (2)$$

Thay (2) vào (1) ta được: $\frac{\alpha'(\alpha'+1,25)}{1,25(1-\alpha')} = \frac{1}{15}$ hay $12\alpha'^2 + 16\alpha' - 1 = 0 \longrightarrow \alpha' = 0,06$

Thay giá trị này vào (2) ta được: $P' = 1,85 \text{ atm}$.

Độ phân li của COCl_2 giảm vì cân bằng đã chuyển theo chiều nghịch do sự tăng áp suất.

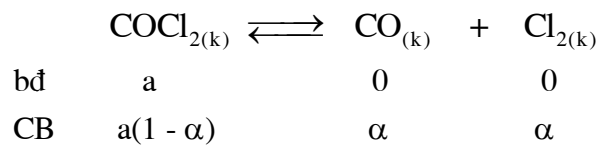
Câu 24 (30/04/2010 – Hùng Vương Bình Phước): Khi đun nóng đến nhiệt độ cao COCl_2 bị phân hủy



Cho m gam COCl_2 vào một bình kín dung tích V, đun nóng bình đến nhiệt độ T (K) để xảy ra phản ứng phân hủy COCl_2 . Sau khi đạt tới cân bằng áp suất trong bình bằng p. Hãy thiết lập biểu thức của K_p theo độ phân li α và áp suất p. Thiết lập biểu thức của K_c theo α , m và V.

Giải:

Thiết lập biểu thức cho K_p và K_c :



Tổng số mol khí lúc cân bằng: $a(1 + \alpha)$

Áp suất lúc cân bằng của mỗi khí:

$$P_{\text{COCl}_2} = \frac{1-\alpha}{1+\alpha} \cdot p; P_{\text{CO}} = P_{\text{Cl}_2} = \frac{\alpha}{1+\alpha} \cdot p$$

$$K_p = \frac{P_{\text{CO}} \cdot P_{\text{Cl}_2}}{P_{\text{COCl}_2}} = \frac{\alpha^2}{1-\alpha^2} \cdot p$$

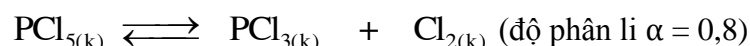
$$K_c = K_p (RT)^{-\Delta n}; \text{ với } \Delta n = (1 + 1) - 1 = 1$$

$$K_c = K_p (RT)^{-1} = K_p \frac{a(1 + \alpha)}{pV} \quad (1)$$

$$\text{Mặt khác: } a = \frac{m}{(12,01 + 15,999 + 35,45 \cdot 2)} = \frac{m}{98,909} \quad (2)$$

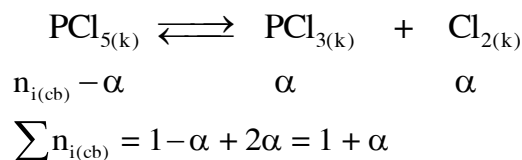
$$\text{Thay (2) vào (1) ta có: } K_c = \frac{m \cdot \alpha^2}{98,909 \cdot V \cdot (1 - \alpha)}$$

Câu 25 (30/04/2013 – Chuyên Nguyễn Thị Minh Khai Sóc Trăng): Phản ứng phân hủy PCl_5 ở 250°C và 1 atm:



Nếu đưa thêm N_2 vào hệ sao cho áp suất không đổi và áp suất riêng phần của N_2 là 0,9 atm thì độ phân li thay đổi như thế nào? Kết quả này có phù hợp với nguyên lí Le Chatelier không?

Giải:



$$\Rightarrow K_p = \frac{P_{\text{PCl}_3} \cdot P_{\text{Cl}_2}}{P_{\text{PCl}_5}} = \frac{\left(\frac{\alpha}{1+\alpha} P\right)^2}{\frac{1-\alpha}{1+\alpha} P} = \frac{\alpha^2 P}{1-\alpha^2} = \frac{0,8^2 \cdot 1}{1-0,8^2} \approx 1,78$$

N_2 không tham gia phản ứng, chỉ có vai trò làm chuyển dịch cân bằng. Khi thêm N_2 vào hệ, áp suất của hệ không đổi ($p = 1\text{atm}$) nên ta có:

$$\sum P_{i(\text{cp})} = P_{\text{N}_2} + \underbrace{P_{\text{PCl}_5} + P_{\text{PCl}_3} + P_{\text{Cl}_2}}_{0,1}$$

Gọi α_1 là độ phân li của PCl_5 lúc thêm N_2 : $\Rightarrow K_p = \frac{\alpha_1^2 P}{1-\alpha_1^2} = \frac{\alpha_1^2 \cdot 0,1}{1-\alpha_1^2} \longrightarrow \alpha_1 \approx 0,973$

Vậy α tăng từ 0,8 \longrightarrow 0,973; khi giảm áp suất cân bằng chuyển dịch theo chiều thuận ($\Delta n = 1 > 0$) \longrightarrow kết quả trên phù hợp với nguyên lí Losatoliê.

Câu 26 (30/04/2014 – Đề chính thức): Ở 820°C hằng số cân bằng của hai phản ứng:

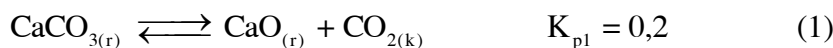


Người ta cho 1 mol CaCO_3 và 1 mol C vào bình chân không 22,4 lít được giữ ở 820°C .

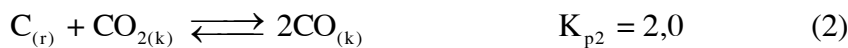
a) Tính số mol khí CO và CO_2 ở trạng thái cân bằng và phần trăm CaCO_3 bị phân hủy.

b) Ở nhiệt độ 820°C sự phân hủy của CaCO_3 hoàn toàn khi thể tích bình bằng bao nhiêu?

Giải:



$$\begin{array}{ccc} 1 & 0 & 0 \\ 1-a & a & a \end{array}$$



$$\begin{array}{ccc} 1 & a & 0 \\ 1-b & a-b & 2b \end{array}$$

$$K_1 = 0,2 = P_{\text{CO}_2}; K_2 = \frac{P_{\text{CO}}^2}{P_{\text{CO}_2}} = 2 \longrightarrow P_{\text{CO}} \approx 0,63$$

$$n_{\text{CO}_2} = \frac{P_{\text{CO}_2} V}{RT} = \frac{0,2 \cdot 22,4}{0,082 \cdot 1093} \approx 0,05; n_{\text{CO}} = \frac{P_{\text{CO}} V}{RT} = \frac{0,63 \cdot 22,4}{0,082 \cdot 1093} \approx 0,16$$

$$\text{Vậy, } a - b = 0,05; 2b = 0,16 \Rightarrow a = 0,13; b = 0,08 \longrightarrow \% \text{CaCO}_{3(\text{phân hủy})} = 13\%$$

Áp dụng đối với cân bằng (2): $0,63 \cdot V = 2bRT$ (*) và $0,2V = (1-b)RT$ (**)

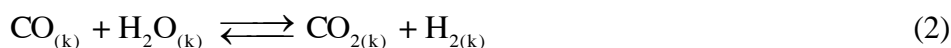
$$\frac{(*)}{(**)} \Leftrightarrow \frac{0,63}{0,2} = \frac{2b}{1-b} \longrightarrow b = 0,61165$$

Thay vào (*) tính được $V = 174$ lít.

Câu 27 (30/04/2015 – Đề chính thức): Trong công nghiệp, để điều chế hidro người ta dùng phản ứng:



Để loại CO từ hỗn hợp ($\text{CO}; \text{H}_2$) trên, người ta dùng phản ứng:



Hằng số cân bằng K_C của phản ứng (2) ở nhiệt độ thí nghiệm không đổi bằng 5. Tỷ lệ số mol ban đầu của CO và H_2O bằng 1 : n. Gọi x là số mol riêng phần của CO khi cân bằng.

a) Hãy thiết lập biểu thức liên hệ giữa n, x và K_C .

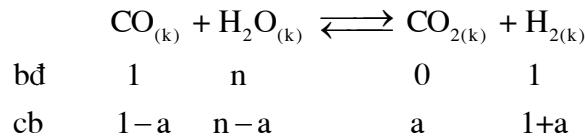
b) Cho $n = 3$, tính % thể tích CO trong hỗn hợp khí ở trạng thái cân bằng.

c) Tìm điều kiện của n để % thể tích CO trong hỗn hợp khí ở trạng thái cân bằng nhỏ hơn 1%.

Giải:

Theo phương trình (1): $n_{\text{CO}} = n_{\text{H}_2}$

Gọi a là số mol CO chuyển hóa thành CO₂ ở phương trình (2):



$$n_{\text{cb}} = 2 + n \Rightarrow x = \frac{1-a}{n+2} \longrightarrow a = 1 - x(n+2) \quad (*)$$

$$\text{Vì } \Delta n = 0 \Rightarrow K_c = K_p = K = \frac{a(1+a)}{(1-a)(n-a)} \quad (**)$$

$$\text{Thế (*) vào (**)} \Rightarrow K = \frac{[1-x(n+2)].[2-x(n+2)]}{[x(n+2)].[n-1+x(n+2)]} \quad (***)$$

$$\text{Khi } n = 3 \Rightarrow K = \frac{(1-5x).(2-5x)}{5x.(2+5x)} = 5 \longrightarrow x = 0,0294 \text{ hay } 2,94\%$$

$$\text{Thay } x = 0,01 \text{ và } K = 5 \text{ vào (***)} \longrightarrow n = 5,601$$

Nhận xét: Khi n = 3 thì % CO ở trạng thái cân bằng là 2,94%. Khi n = 5,601 thì %CO ở trạng thái cân bằng là 1%.

Vậy, để % thể tích CO trong hỗn hợp khí ở trạng thái cân bằng nhỏ hơn 1% thì n > 5,601.

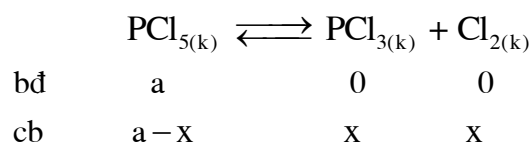
Câu 28 (30/04/2015 – Chuyên Lê Thánh Tông QN): Khi đun nóng đến nhiệt độ cao PCl₅ bị phân li theo phương trình: $\text{PCl}_{5(k)} \rightleftharpoons \text{PCl}_{3(k)} + \text{Cl}_{2(k)}$

a) Cho m gam PCl₅ vào một bình dung tích V, đun nóng bình đến nhiệt độ T(K) để xảy ra phản ứng phân li PCl₅. Sau khi đạt tới cân bằng áp suất trong bình bằng P. Hãy thiết lập biểu thức K_p theo độ phân li α và áp suất P.

b) Cho một lượng PCl₅ vào một bình kín ở 190⁰C. Xác định áp suất riêng phần của từng chất ở trạng thái cân bằng, biết rằng ở nhiệt độ 190⁰C hằng số K_p = 0,240 và áp suất lúc cân bằng của hệ là 1atm.

Giải:

a)



Tổng số mol khí lúc cân bằng: a + x

$$\alpha = x/a$$

* Tính K_p

Áp suất riêng phần lúc cân bằng của mỗi khí:

$$P_{\text{PCl}_5} = (a-x)P/(a+x); P_{\text{PCl}_3} = P_{\text{Cl}_2} = x.P/(a+x)$$

$$\text{Hằng số cân bằng: } K_p = \frac{P_{\text{PCl}_3} \cdot P_{\text{Cl}_2}}{P_{\text{PCl}_5}} = \frac{\alpha^2}{1-\alpha^2} P$$

b) Gọi P là áp suất tổng cộng khi cân bằng P = 1atm:

$$P = P_{\text{PCl}_5} + P_{\text{PCl}_3} + P_{\text{Cl}_2} \cdot \text{Vì } P_{\text{PCl}_3} = P_{\text{Cl}_2} \text{ nên}$$

$$P = P_{\text{PCl}_5} + 2P_{\text{PCl}_3} \longrightarrow P_{\text{PCl}_5} = P - 2P_{\text{PCl}_3}$$

$$K_p = \frac{P_{\text{PCl}_3} \cdot P_{\text{Cl}_2}}{P_{\text{PCl}_5}} = \frac{P_{\text{PCl}_3}^2}{P - 2P_{\text{PCl}_3}}$$

$$\longrightarrow P_{\text{PCl}_3}^2 + 2K_p \cdot P_{\text{PCl}_3} - K_p P = 0 \Rightarrow P_{\text{PCl}_3} = P_{\text{Cl}_2} = 0,306 \text{ atm}; P_{\text{PCl}_5} = 0,388 \text{ atm}$$

Câu 29 (30/04/2013 – Chuyên Trần Hưng Đạo BT): Cho cân bằng: $\text{XY}_{2(\text{khí})} \rightleftharpoons \text{X}_{\text{khí}} + \text{Y}_{2(\text{khí})}$ ở nhiệt độ xác định và áp suất 2 atm có $K_p = 50$.

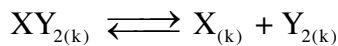
a) Tính % thể tích của khí XY_2 còn lại khi hệ đạt cân bằng ở điều kiện trên.

b) Nếu ban đầu dùng 120 ml khí XY_2 thì tại cân bằng có bao nhiêu mol khí Y_2 được tạo thành (các khí được coi là khí lí tưởng).

Giải:

a) Giả sử ban đầu có 1 mol XY_2

Gọi số mol XY_2 phân li là α



bđ 1 0 0

cb $1 - \alpha$ α α

Tổng số mol sau phản ứng: $1 + \alpha$

Vì các khí đều là khí lí tưởng nên: $P_{\text{chung}} = P_{\text{X}} + P_{\text{Y}_2} + P_{\text{XY}_2}$

$$K_p = \frac{P_{\text{X}} \cdot P_{\text{Y}_2}}{P_{\text{XY}_2}} = \frac{\frac{\alpha P}{1 + \alpha} \cdot \frac{\alpha P}{1 + \alpha}}{\frac{1 - \alpha}{1 + \alpha} P} = \frac{\alpha^2 P}{1 - \alpha^2} \Rightarrow \alpha = \sqrt{\frac{K_p}{P + K_p}} = \sqrt{\frac{50}{2 + 50}} = 0,9806$$

Vậy tại cân bằng số mol XY_2 là: $1 - 0,9806 = 0,0194$

$$\longrightarrow \%V_{\text{XY}_2(\text{còn lại})} = \frac{0,0104}{1 + 0,9806} \cdot 100 = 0,98\%$$

b) Theo tỉ lệ cân bằng: $n_{\text{Y}_2} = n_{\text{XY}_2(\text{phân li})}$ nên số mol Y_2 thu được là: $120 \cdot 0,9806 = 117,762$ mol

Câu 30 (30/04/2013 – Kon Tum): Sunfuryl diclorrua SO_2Cl_2 là hóa chất phổ biến trong phản ứng quang hóa. Tại 350°C , 2 atm phản ứng: $\text{SO}_2\text{Cl}_{2(\text{k})} \rightleftharpoons \text{SO}_{2(\text{k})} + \text{Cl}_{2(\text{k})}$ (1) có $K_p = 50$.

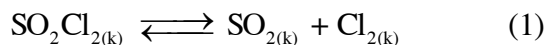
a) Hãy cho biết đơn vị của trị số đó và giải thích: Tại sao hằng số cân bằng K_p phải có đơn vị như vậy.

b) Tính % theo thể tích SO_2Cl_2 (khí) còn lại khi (1) đạt tới cân bằng ở điều kiện đã cho.

c) Ban đầu dùng 150 mol SO_2Cl_2 (khí), tính số mol Cl_2 (khí) thu được khi (1) đạt tới trạng thái cân bằng. Các khí được coi là khí lí tưởng.

Giải:

a) Gọi số mol SO_2Cl_2 ban đầu là 1, độ phân li là α , ta có:



bđ 1 0 0

cb $1 - \alpha$ α α

$$K_p = P \cdot \frac{P_{\text{SO}_2} \cdot P_{\text{Cl}_2}}{P_{\text{SO}_2\text{Cl}_2}} \quad (2)$$

b) Vì các khí đều là khí lí tưởng nên $P_i = P \cdot X_i$ (3)

$$\text{mà } X_i = \frac{n_i}{\sum n_i} \quad (4)$$

$$\text{Ở đây: } n_{\text{SO}_2} = n_{\text{Cl}_2} = \alpha; n_{\text{SO}_2\text{Cl}_2} = 1 - \alpha; \text{ còn } \sum n_i = 1 + \alpha \quad (5)$$

$$\text{Tổ hợp (5) và (4), (3) và (2) ta có: } K_p = P \cdot \frac{\alpha^2}{1-\alpha} \longrightarrow \alpha = 0,9806$$

Số mol SO_2Cl_2 còn lại là $(1 - \alpha) \approx 0,0194$ (mol)

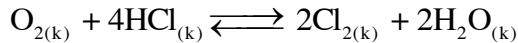
$$\text{Do đó } \text{SO}_2\text{Cl}_2 \text{ còn lại chiếm: } \frac{0,0194}{1,9804} \cdot 100 = 0,98\%$$

Đây là % theo số mol, cũng là % theo thể tích. Vậy khi (1) đạt tới cân bằng SO_2Cl_2 còn lại chiếm 0,98% về số mol hay thể tích của hệ.

c) Ban đầu dùng 150 mol (khí), tính số mol Cl_2 (khí) thu được khi (1) đạt tới cân bằng:

$$\text{Theo (1) ta có: } n_{\text{SO}_2} = n_{\text{Cl}_2} = n_{\text{SO}_2\text{Cl}_2} \cdot 0,9806 = 150 \cdot 0,9806 = 147,09 \text{ mol}$$

Câu 31 (30/04/2015 lớp 10 – Nguyễn Tất Thành Kon Tum): Ngày nay, để sản xuất clo từ hidro clorua, người ta sử dụng cân bằng:



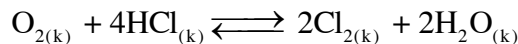
a) Cho vào bình phản ứng 2,2 mol O_2 và 2,5 mol HCl ở áp suất cố định là 0,5 atm và nhiệt độ T. Khi hệ đạt cân bằng thì bình phản ứng chứa lượng oxi gấp đôi hidro clorua, tìm giá trị T ($^\circ\text{C}$).

b) Ở 520°C , nạp vào bình phản ứng một lượng hỗn hợp khí oxi và hidro clorua. Ở trạng thái cân bằng 80%. Tìm áp suất riêng phần của oxi tại trạng thái cân bằng?

Cho: Bảng số liệu nhiệt động (coi không phụ thuộc vào nhiệt độ)

Chất	O_2 (k)	HCl (k)	Cl_2 (k)	H_2O (k)
ΔH_f° (kJ/mol)	-	-92,3	-	-241,8
S° (J/mol.K)	205	186,8	223	188,7

Giải:



$$\text{a) bđ} \quad 2,2 \quad 2,5 \quad 0 \quad 0$$

$$\text{cb} \quad 2,2-x \quad 2,5-4x \quad 2x \quad 2x$$

$$\text{Theo đề: } 2,2-x = 2(2,5-4x) \longrightarrow x = 0,4 \text{ mol}$$

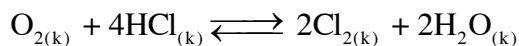
$$K = \frac{(2x)^2(2x)^2(4,7-x)}{(2,2-x)(2,5-4x)^4} \cdot \frac{1}{P_{\text{tổng}}} = 2,983$$

$$\Delta H^\circ = -114,4 \text{ kJ/mol}; \Delta S^\circ = -128,8 \text{ J/mol.K}$$

$$\Delta G^\circ = -RT \ln K = \Delta H^\circ - T\Delta S^\circ$$

$$\Leftrightarrow -2,436T = -11440 + 1,28,8T \longrightarrow T = 829,7; K = 556,7 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$\text{b) Ở } 520^\circ\text{C} \text{ thì: } \ln K = -\Delta H^\circ/RT + \Delta S^\circ/R = 1,86 \longrightarrow K = 6,422$$



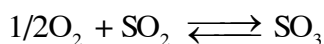
$$\text{bđ} \quad a \quad b \quad 0 \quad 0$$

$$\text{cb} \quad a-0,2b \quad 0,2b \quad 0,4b \quad 0,4b$$

$$\text{Dễ thấy: } P_{\text{Cl}_2}/P_{\text{HCl}} = 2; P_{\text{Cl}_2} = P_{\text{H}_2\text{O}}$$

$$\text{Mặt khác: } K = \frac{P_{\text{Cl}_2}^2 \cdot P_{\text{H}_2\text{O}}^2}{P_{\text{O}_2} \cdot P_{\text{HCl}}^4} = 6,422 \longrightarrow P_{\text{O}_2} = 2,49 \text{ atm}$$

Câu 32 (30/04/2015 lớp 11 – Chuyên Lý Tự Trọng CT): Đun nóng hỗn hợp khí gồm O_2 và SO_2 có chất xúc tác, xảy ra phản ứng:



a) Tính hằng số cân bằng K_p của phản ứng ở 50°C (chấp nhận hiệu ứng nhiệt không phụ thuộc vào nhiệt độ).

Cho các số liệu nhiệt động như sau:

Khí	ΔH_{sinh}^0 (kJ.mol ⁻¹)	S^0 (J.K ⁻¹ .mol ⁻¹)
SO ₃	-395,18	256,22
SO ₂	-296,06	248,52
O ₂	0,0	205,03

b) Trong một thí nghiệm, người ta đưa từ từ oxi vào một bình dung tích 2 lít chứa 0,05 mol SO₂ có chất xúc tác (thể tích chất xúc tác không đáng kể) ở 100°C. Khi phản ứng đạt tới trạng thái cân bằng thì có 0,03 mol SO₃ được tạo thành, áp suất tổng của hệ là 1atm, nhiệt độ bình không thay đổi. Tính K_p.

Giải:

$$\text{a) Ta có: ở } 25^0\text{C: } \Delta G_{298}^0 = \Delta H_{298}^0 - T.\Delta S_{298}^0 = -RT\ln K_p$$

$$\Leftrightarrow \Delta G_{298}^0 = (-395,18 + 296,06) - 298.(256,22 - 248,52 - (1/2).205,03).10^{-3} \approx -70,87 \text{ kJ/mol}$$

$$\text{Ta có: } \Delta G_{298}^0 = -RT\ln K_p = -70,87 \Rightarrow K_{p,298} = e^{-\Delta G_{298}^0/RT} = e^{\frac{-70,87.10^3}{8,314.298}} = 2,65.10^{12}$$

$$\text{Khi } \Delta H^0 = \text{const, ta có: } \ln \frac{K_{p,323}}{K_{p,298}} = -\frac{\Delta H^0}{R} \left(\frac{1}{323} - \frac{1}{298} \right)$$

$$\longrightarrow \ln \frac{K_{p,323}}{2,65.10^{12}} = -\frac{-99,12.10^3}{8,314} \left(\frac{1}{323} - \frac{1}{298} \right) \Rightarrow K_{p,323} = 1,198.10^{11} \text{ (atm}^{-1}\text{)}$$

$$\text{b) Tổng số mol của hệ lúc cân bằng: } n = \frac{PV}{RT} = \frac{1.2}{0,082.373} = 0,0653 \text{ mol}$$

Tại thời điểm cân bằng:

$$n_{\text{SO}_3} = 0,03 \text{ mol; } n_{\text{SO}_2} = 0,05 - 0,03 = 0,02 \text{ mol; } n_{\text{O}_2} = 0,0653 - 0,03 - 0,02 = 0,0153 \text{ mol}$$

Vì áp suất tổng của hệ là 1 atm, do đó:

$$K_p = \frac{P_{\text{SO}_3}}{P_{\text{SO}_2} \cdot \sqrt{P_{\text{O}_2}}} = \frac{\frac{0,03}{0,0653}}{\frac{0,02}{0,0653} \cdot \sqrt{\frac{0,015}{0,0653}}} = 3,09 \text{ (atm}^{-1/2}\text{)}$$

Câu 33 (30/04/2015 lớp 11 – Chuyên Hoàng Lê Kha): Xét cân bằng của phản ứng sau:

$\text{N}_2\text{O}_{4(k)} \rightleftharpoons 2\text{NO}_{2(k)}$ tại nhiệt độ T và áp suất P. Cho biết dữ kiện nhiệt động học sau:

	$\Delta H_{\text{ht}, 298}^0$ (kJ/mol)	S_{298}^0 (J/mol.K)
N ₂ O ₄	9,37	304,3
NO ₂	33,89	240,45

a) Ở điều kiện chuẩn, N₂O₄ có tự phân li không?

b) Giả thiết trong khoảng nhiệt độ 298 → 318K, nhiệt phản ứng không phụ thuộc vào nhiệt độ. Hãy tính hằng số cân bằng K_p tại 298K và 318K.

c) Tại p = 1atm, tính độ phân li α tại các nhiệt độ 298K và 318K? Nhận xét kết quả thu được.

Giải:

$$\text{a) } \Delta H_{298(\text{pứ})}^0 = 58,41 \text{ kJ/mol; } \Delta S_{298(\text{pứ})}^0 = 176,6 \text{ J/mol.K}$$

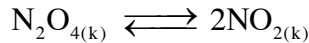
$$\Delta G_{298}^0 = \Delta H_{298}^0 - T.\Delta S_{298}^0 = 5,783 \text{ kJ/mol. Vậy, ở đkc phản ứng không tự diễn biến.}$$

$$\text{b) } \Delta G_T^0 = -RT\ln K_p \longrightarrow K_{p,298} = 0,099$$

$$\text{Dựa vào phương trình Vanhop ta có: } \ln \frac{K_{T_2}}{K_{T_1}} = \frac{\Delta H^0}{R} \left(\frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_2} \right)$$

$$\text{Từ đó: } \ln \frac{K_{318}}{K_{298}} = \frac{58,41 \cdot 10^3}{8,314} \left(\frac{1}{298} - \frac{1}{318} \right) \longrightarrow K_{318} = 0,427$$

Kết quả này phù hợp với nguyên lí Losatolie, phản ứng thu nhiệt nên khi tăng nhiệt độ cân bằng chuyển dịch theo chiều thuận.



$$\text{c) } t = 0 \quad 1 \quad 0$$

$$t = \infty \quad 1 - \alpha \quad 2\alpha$$

$$\longrightarrow \sum n = 1 + \alpha$$

$$K_p = \frac{P_{\text{NO}_2}^2}{P_{\text{N}_2\text{O}_4}}$$

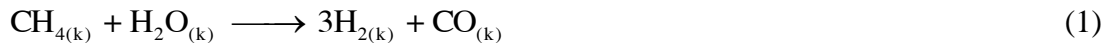
$$\text{Với: } P_{\text{NO}_2} = x_{\text{NO}_2} \cdot P = \frac{2\alpha}{1+\alpha} P; P_{\text{N}_2\text{O}_4} = \frac{1-\alpha}{1+\alpha} P; P = 1 \text{ atm}$$

$$\text{Từ đó: } K_p = \frac{4\alpha^2}{1-\alpha^2} P$$

Tại 298K tính được $\alpha_{298} = 15,38\%$

Tại 318K tính được $\alpha_{318} = 31,05\%$.

Câu 34 (30/04/2015 lớp 11 – Chuyên Bến Tre): Hidro được điều chế trong công nghiệp bằng cách nung nóng metan với hơi nước:



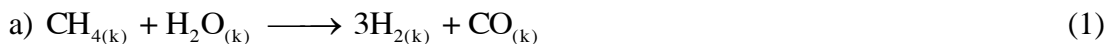
a) Cho các số liệu nhiệt động sau, hãy tính ΔG^0 và giá trị hằng số K_p của phản ứng (1) ở 298K.

	$\Delta H_{\text{sn}, 298}^0$ (kJ/mol)	S_{298}^0 (J/mol.K)
CH ₄ (k)	-74,4	186,3
H ₂ O (k)	-241,8	188,8
H ₂ (k)	-	130,7
CO (k)	-110,5	197,7

b) Hãy cho biết hằng số cân bằng K_p phụ thuộc như thế nào vào nhiệt độ?

c) Trong công nghiệp phản ứng (1) được thực hiện ở áp suất khí quyển và nhiệt độ cao, không sử dụng chất xúc tác. Biết rằng ban đầu thể tích của CH₄ và hơi nước bằng nhau và trong hỗn hợp cân bằng metan chiếm 0,2% theo thể tích. Hãy tính giá trị K_p của phản ứng (1) trong điều kiện trên.

Giải:



$$\Delta H^0 = -110,5 - (-74,4 - 241,8) = 205,7 \text{ kJ}$$

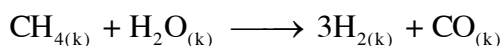
$$\Delta S^0 = 3 \cdot 130,7 + 197,7 - (186,3 + 188,8) = 214,7 \text{ J/K}$$

$$\longrightarrow \Delta G^0 = 205,7 \cdot 10^3 - 298 \cdot 214,7 = 141,7 \cdot 10^3 \text{ J}$$

$$\text{Có: } \ln K_p = -\frac{\Delta G^0}{RT} = -\frac{141,7 \cdot 10^3}{8,314 \cdot 298} = -57,2 \longrightarrow K_p = 1,44 \cdot 10^{-25}$$

$$\text{b) Có: } \ln K_p = -\frac{\Delta G^0}{RT} = -\frac{205,7 \cdot 10^3 - T \cdot 214,7}{8,314 \cdot T} = -\frac{205,7 \cdot 10^3}{8,314 \cdot T} + \frac{214,7}{8,314}$$

$\longrightarrow K_p$ tỉ lệ thuận với T , tức nhiệt độ tăng thì K_p tăng.



$$\text{c) bđ} \quad 1 \quad 1$$

$$\text{cb} \quad 1-x \quad 1-x \quad 3x \quad x$$

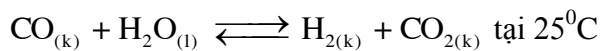
$$\text{Có: } \%V_{\text{CH}_4} = \frac{1-x}{2+2x} = 0,02 \longrightarrow x = 0,992$$

$$\Rightarrow K_p = \frac{P_{\text{H}_2}^3 \cdot P_{\text{CO}}}{P_{\text{CH}_4} \cdot P_{\text{H}_2\text{O}}} = \frac{\left(\frac{3x}{2+2x} P_{\text{cb}}\right)^3 \left(\frac{x}{2+2x} P_{\text{cb}}\right)}{\left(\frac{1-x}{2+2x} P_{\text{cb}}\right)^2} = \frac{(3 \cdot 0,992)^3 \cdot 0,992}{(1-0,992)^2} \times \left(\frac{1}{2+2 \cdot 0,992}\right)^2 = 2,57 \cdot 10^4$$

Câu 35 (30/04/2014 lớp 10 – Chuyên Lê Khiết QN): Tại 25°C ΔG tạo thành của các chất như sau (kJ/mol)

H ₂ O (k)	CO ₂ (k)	CO (k)	H ₂ O (l)
-228,374	-394,007	-137,133	-236,964

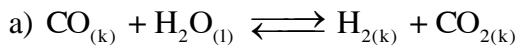
a) Tính K_p của phản ứng:



b) Tính áp suất hơi nước tại 25°C.

c) Hỗn hợp các khí CO, CO₂, H₂ với mỗi khí đều có áp suất riêng phần là 1,0 atm được trộn với H₂O_(l), dư. Tính áp suất riêng phần của mỗi khí có trong hỗn hợp cân bằng tại 25°C, biết quá trình xảy ra khi thể tích coi như không đổi.

Giải:



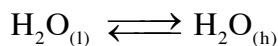
$$\Delta G_{298(\text{pứ})}^0 = \Delta G_{\text{H}_2(k)}^0 + \Delta G_{\text{CO}_2(k)}^0 - \Delta G_{\text{CO(k)}}^0 - \Delta G_{\text{H}_2\text{O(l)}}^0 = -19,91 \text{ kJ/mol}$$

Áp dụng phương trình đẳng nhiệt VantHoff, ta có:

$$\Delta G_T^0 = -RT \ln K_p = -RT \cdot 2,303 \lg K_p$$

$$\longrightarrow K_p = 10^{\frac{\Delta G_T^0}{2,303 \cdot RT}} = 10^{\frac{-19,91 \cdot 10^3}{2,303 \cdot 8,314 \cdot 298}} = 10^{3,49} = 3086,045027$$

b) Để xét $P_{\text{H}_2\text{O(h)}}$ ở 25°C ta xét cân bằng tại 25°C:

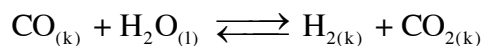


$$\Delta G_{298(\text{pứ})}^0 = \Delta G_{\text{H}_2\text{O(h)}}^0 - \Delta G_{\text{H}_2\text{O(l)}}^0 = 8,59 \text{ kJ/mol}$$

$$\longrightarrow K_p = 10^{\frac{\Delta G_T^0}{2,303 \cdot RT}} = 10^{\frac{-8,59 \cdot 10^3}{2,303 \cdot 8,314 \cdot 298}} = 0,03122677$$

$$\text{Vì: } P_{\text{H}_2\text{O(l)}} = \text{const} = 1,0 \text{ atm} \longrightarrow P_{\text{H}_2\text{O(h)}} = 0,03122677 \text{ atm (25}^\circ\text{C)}$$

c) Vì ở điều kiện T, V = const \longrightarrow áp suất riêng phần tỉ lệ với số mol mỗi khí nên có thể tính áp suất riêng phần theo phản ứng:



$$\text{bđ} \quad 1 \qquad \qquad \qquad 1 \quad 1$$

$$\text{cb} \quad 1-x \qquad \qquad \qquad 1+x \quad 1+x$$

$$K_p = \frac{P_{\text{H}_2} \cdot P_{\text{CO}_2}}{P_{\text{CO}}} = \frac{(1+x)^2}{1-x} = 3086 \longrightarrow x = 0,9987$$

Vậy tại thời điểm cân bằng ở 25°C:

$$P_{\text{CO}} = 1-x = 1,3 \cdot 10^{-3} \text{ atm}; P_{\text{H}_2} = P_{\text{CO}_2} = 1+x = 1,9987 \text{ atm}$$

III. BÀI TẬP TỰ LUYỆN

Câu 1 (30/04 – Chuyên Bến Tre lần XVI):

$2\text{NOCl}_{(k)} \rightleftharpoons 2\text{NO}_{(k)} + \text{Cl}_{2(k)}$ ở 500°C , $K_p = 1,63 \cdot 10^{-2}$. Khi cân bằng, áp suất riêng phần $P_{\text{NOCl}} = 0,643 \text{ atm}$, $P_{\text{NO}} = 0,238 \text{ atm}$. Tính P_{Cl_2} ở trạng thái cân bằng.

Nếu thêm vào bình một lượng clo để ở trạng thái cân bằng mới áp suất riêng phần của NOCl bằng 0,683. Tính áp suất riêng phần của NO và Cl_2 .

Câu 2 (30/04 – Chuyên Nguyễn Bình Khiêm QN lần XVI): Cho 0,03 mol N_2O_4 (k) vào bình chân không dung tích 0,5 lít ở 45°C xảy ra phản ứng: $\text{N}_2\text{O}_{4(k)} \rightleftharpoons 2\text{NO}_{2(k)}$

Khi cân bằng mới được thiết lập có 63% N_2O_4 bị phân hủy thành NO_2 .

- Tính số mol các chất tại thời điểm cân bằng.
- Tính áp suất riêng phần các chất tại thời điểm cân bằng.
- Tính hằng số cân bằng K_C và K_P của phản ứng.

Câu 3 (30/04 – Chuyên Hoàng Lê Kha lần XVI):

Cân bằng của phản ứng oxi hóa khử CO_2 bằng C: $\text{CO}_{(r)} + \text{CO}_{2(k)} \rightleftharpoons 2\text{CO}_{(k)}$

Xảy ra ở 1090°K có hằng số cân bằng K_p bằng 10.

- Tính % CO trong hỗn hợp khí cân bằng khi áp suất chung của hệ là 1,5 atm.
- Để % CO bằng 50% thể tích thì áp suất chung của hệ bằng bao nhiêu?

Từ $K_p = \frac{(0,5)^2}{0,5} \cdot P = 10 \rightarrow P = 20 \text{ atm}$.

Câu 4 (30/04 – Đăk Nông lần XVI): N_2O_4 phân li 20% ở 27°C và 1,0 atm. Hãy xác định:

- Giá trị K_p .
- Độ phân li của N_2O_4 tại 27°C và 0,10 atm.
- Độ phân li của 69 gam N_2O_4 trong bình 20 lít ở 27°C .

Câu 5 (30/04 – Mạc Đĩnh Chi lần XVI):

Phân hủy PCl_5 theo phản ứng sau: $\text{PCl}_{5(k)} \rightleftharpoons \text{PCl}_{3(k)} + \text{Cl}_{2(k)}$

a) Tính K_p của phản ứng biết rằng độ phân li của PCl_5 là 0,485 ở 200°C và áp suất tổng cộng của hệ khi cân bằng là 1 atm.

b) Tính áp suất của hệ khi cân bằng nếu cho 2,085 gam PCl_5 vào bình chân không dung tích 200 cm^3 ở 200°C .

Câu 6 (30/04 – Chuyên Lê Quý Đôn lần XVII):

Cho phản ứng $\text{N}_2\text{O}_{4(k)} \rightleftharpoons 2\text{NO}_{2(k)}$

a) Cân bằng được thiết lập xuất phát từ a mol N_2O_4 . Thiết lập biểu thức $K_p = f(P, \alpha)$, trong đó P là áp suất của hệ lúc cân bằng, α là độ phân li của N_2O_4 .

b) Nếu có 1,588 gam N_2O_4 trong bình dung tích 0,50 lít ở 25°C và p lúc cân bằng là 1 atm thì α , K_p và áp suất riêng phần của NO_2 và N_2O_4 lúc cân bằng là bao nhiêu?

Câu 7 (30/04 – Chuyên Trà Vinh lần XVII): NH_3 được điều chế từ hỗn hợp khí gồm 25% N_2 và 75% H_2 về thể tích. Khi phản ứng đạt trạng thái cân bằng tại 10 atm và 400°C thì thu được 3,85% NH_3 về thể tích. Tính K_p của phản ứng tổng hợp NH_3 .

Câu 8 (30/04 – An Giang lần XVII): Ở 1020K , hai cân bằng sau cùng tồn tại trong một bình kín:



a) Tính áp suất riêng phần các khí lúc cân bằng.

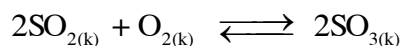
b) Cho 1,0 mol Fe; 1,0 $\text{C}_{(gr)}$; 1,2 mol CO_2 vào bình chân không dung tích 20,0 lít ở 1020K . Tính số mol các chất lúc cân bằng.

Câu 9 (30/04 – Ninh Thuận lần XVII): Cho cân bằng sau: $\text{N}_2\text{O}_{4(k)} \rightleftharpoons 2\text{NO}_{2(k)}$.

a) Lấy 18,40 gam N_2O_4 vào bình dung tích 5,904 lít ở $27^{\circ}C$. Lúc cân bằng áp suất của hỗn hợp khí trong bình là 1 atm. Tính áp suất riêng phần của NO_2 và N_2O_4 ở trạng thái cân bằng.

b) Nếu giảm áp suất của hệ cân bằng xuống còn 0,5 atm thì áp suất riêng phần của NO_2 và N_2O_4 bằng bao nhiêu? Kết quả này có phù hợp với nguyên lí Le Chatelier không?

Câu 10 (30/04 – Bình Phước lần XVII): Đối với phản ứng thuận nghịch pha khí:



a) Người ta cho vào bình kín thể tích không đổi 3,0 lít một hỗn hợp gồm 0,20 mol SO_3 và 0,15 mol SO_2 . Cân bằng hóa học được thiết lập tại $25^{\circ}C$ và áp suất chung của hệ là 3,20 atm. Hãy tính tỉ lệ oxi trong hỗn hợp cân bằng.

b) Cũng ở $25^{\circ}C$, người ta cho vào bình trên y mol khí SO_3 . Ở trạng thái cân bằng hóa học thấy có 0,1050 mol O_2 . Tính tỉ lệ SO_3 bị phân hủy, thành phần hỗn hợp khí và áp suất chung của hệ.

Câu 11 (30/04 – Phú Yên lần XVII): Cho phản ứng: $CO_{2(k)} + H_{2(k)} \rightleftharpoons CO_{(k)} + H_2O_{(k)}$. Hằng số cân bằng của phản ứng ở $850^{\circ}C$ bằng 1. Nồng độ ban đầu của CO_2 và H_2 là 0,2M và 0,8M. Tính nồng độ 4 chất ở thời điểm cân bằng.

Câu 12 (30/04 – Thành phố HCM lần XVII): Ở $27^{\circ}C$, hằng số cân bằng K_p của phản ứng: $N_2O_{4(k)} \rightleftharpoons 2NO_{2(k)}$ là 0,17. Tính thành phần % về áp suất gây ra ở mỗi khí khi áp suất chung của hệ lần lượt là: 1 atm và 10 atm.

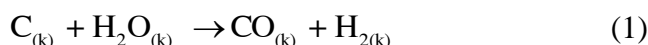
Câu 13 (30/04/2013 – Đồng Nai): Sunfuryl điclorrua SO_2Cl_2 là hóa chất phổ biến trong phản ứng quang hóa. Tại $350^{\circ}C$, 2 atm phản ứng: $SO_2Cl_{2(k)} \rightleftharpoons SO_{2(k)} + Cl_{2(k)}$ (1) có $K_p = 50$. Tính tỉ khối của hỗn hợp so với hidro khi đạt đến trạng thái cân bằng.

Câu 14 (30/04/2013 – Vĩnh Long): Ở nhiệt độ cao PCl_5 bị phân li thành PCl_3 và Cl_2 :

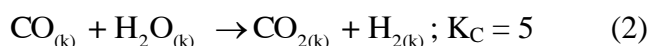


Người ta cho PCl_5 vào một bình kín, đưa lên nhiệt độ $300^{\circ}C$ và áp suất của khí PCl_5 là 3,0 atm. Tính áp suất của 3 khí trên khi đạt tới cân bằng ở $300^{\circ}C$. Cho biết hằng số cân bằng ở nhiệt độ đó là $K_p = 11,5$.

Câu 15 (30/04/2013 – Vũng Tàu): Để điều chế H_2 người ta sử dụng phản ứng hoá học sau ở $t^{\circ} > 1000^{\circ}C$:



Để loại bỏ CO người ta sử dụng phản ứng hoá học sau ở nhiệt độ thích hợp:



Trong cân bằng (2) người ta sử dụng n mol H_2O cho 1 mol CO. Gọi x là phần mol của CO trong hỗn hợp cân bằng.

a) Xác định mối quan hệ giữa x, n. K. Tính x trong trường hợp n = 3.

b) Hỏi n phải có giá trị như thế nào để hỗn hợp cân bằng chứa không quá 1% CO (về thể tích).

Câu 16 (30/04/2008 lớp 10 – Cần Thơ): Trong bình kín dung tích không đổi chứa 35,2x gam O_2 và 160x gam SO_2 , có xúc tác V_2O_5 ở nhiệt độ $136,5^{\circ}C$. Đun nóng bình một thời gian, đưa về nhiệt độ ban đầu, áp suất bình lúc này là P_2 . Biết áp suất bình ban đầu là $P_1 = 4,5$ atm và hiệu suất phản ứng là H%.

a) Lập biểu thức tính áp suất sau phản ứng P_2 và tỉ khối hơi của hỗn hợp khí sau phản ứng so với không khí theo H.

b) Tính khoảng xác định P_2 và d.

c) Tính dung tích bình khi x = 0,25.

Câu 17 (30/04/2008 lớp 10 – Long An): PCl_5 phân li theo phương trình: $PCl_{5(k)} \rightleftharpoons PCl_{3(k)} + Cl_{2(k)}$. Ở $500^{\circ}C$ cho n mol khí PCl_5 vào một bình kín (đã hút hết không khí) độ phân li là α . Áp suất của hệ lúc cân bằng là p (atm).

- a) Thiết lập mối liên hệ giữa hằng số cân bằng K_p với n , p , α .
- b) Ở 500°C , $K_p = 1/3$. Tính độ phân li của PCl_5 ở áp suất 1 atm và 8 atm. Có phù hợp với nguyên lý chuyển dịch cân bằng không?
- c) Hỏi ở áp suất nào thì độ phân li của PCl_5 là 10%.

Câu 18 (30/04/2009 lớp 10 – Đề chính thức): Cho cân bằng: $\text{N}_2\text{O}_{4(k)} \rightleftharpoons 2\text{NO}_{2(k)}$

a) Ở 27°C , K_{p1} của phản ứng trên là 0,17. Tính thành phần % về áp suất các khí khi áp suất chung tại thời điểm cân bằng của hệ là 1 atm.

b) Ở 45°C , tại thời điểm cân bằng $\overline{M}_{\text{hh}} = 66,8 \text{ g/mol}$, $P_{\text{hệ}} = 1 \text{ atm}$. Tính độ phân li của N_2O_4 .

c) Mô tả và giải thích hiện tượng quan sát được khi hạ nhiệt độ hệ từ 45°C xuống đến 0°C .

Câu 19 (30/04/2009 lớp 10 – Bình Thuận): Cho hỗn hợp cân bằng trong bình kín:

$\text{N}_2\text{O}_{4(k)} \rightleftharpoons 2\text{NO}_{2(k)}$. Thực nghiệm cho biết: ở 35°C có $\overline{M}_{\text{hh}} = 72,45 \text{ g/mol}$.

a) Hãy xác định độ phân li α của N_2O_4 ở nhiệt độ trên.

b) Tính hằng số cân bằng K_p của phản ứng ở nhiệt độ trên.