

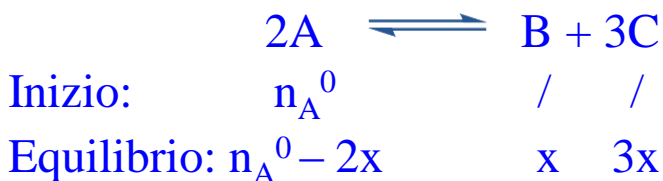
## ESERCIZIO 1

Un recipiente del volume di 150 L alla temperatura di 15°C e alla pressione di 1 atm viene portato alla temperatura di 600°C. Nel riscaldamento, A si decompone in B e C secondo la reazione:

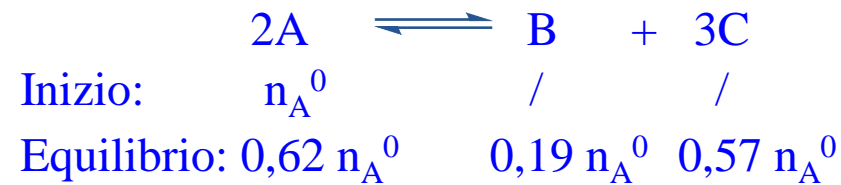
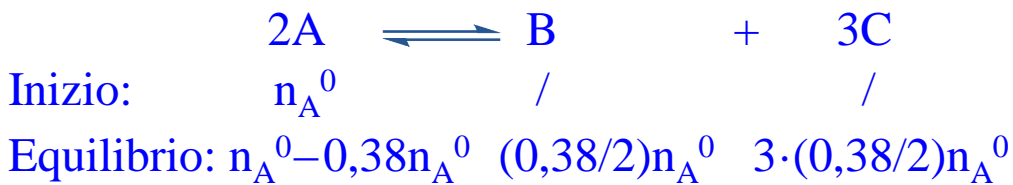


All'equilibrio il 38% di A è dissociato. Calcolare le pressioni parziali di A, B e C nelle suddette condizioni.

$$P_i = n_i RT / V$$



$$2x = 0,38 n_A^0$$



$$n_A^0 = P_A^0 V / RT^0 = 1 \text{ atm} \cdot 150 \text{ L} / 0,0821 \text{ L atm K}^{-1} \text{ mol}^{-1} \cdot 288,15 \text{ K} = 6,341 \text{ mol}$$

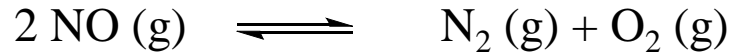
$$P_A^{\text{eq}} = n_A^{\text{eq}} RT^{\text{eq}} / V = 0,62 n_A^0 RT^{\text{eq}} / V = 0,62 \cdot 6,341 \text{ mol} \cdot 0,0821 \text{ L atm K}^{-1} \text{ mol}^{-1} \cdot 873,15 \text{ K} / 150 \text{ L} = \mathbf{1,879 \text{ atm}}$$

$$P_B^{\text{eq}} = n_B^{\text{eq}} RT^{\text{eq}} / V = 0,19 n_A^0 RT^{\text{eq}} / V = \mathbf{0,576 \text{ atm}}$$

$$P_C^{\text{eq}} = n_C^{\text{eq}} RT^{\text{eq}} / V = 0,57 n_A^0 RT^{\text{eq}} / V = \mathbf{1,727 \text{ atm}}$$

## ESERCIZIO 2

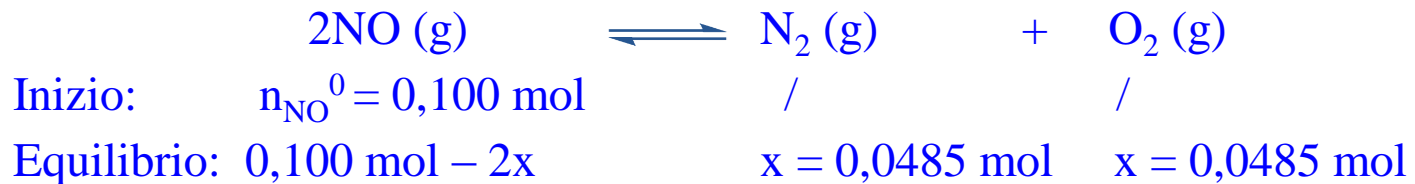
0,100 moli di monossido di azoto NO sono riscaldate alla temperatura di 2180°C in un recipiente di volume costante 0,450 L. Si stabilisce l'equilibrio:



All'equilibrio sono presenti 0,0485 moli di azoto N<sub>2</sub>. Si calcoli:

- la costante di equilibrio K<sub>p</sub>;
- la pressione parziale di NO all'equilibrio.

### Soluzione 1



$$n_{\text{NO}}^{\text{eq}} = (0,100 - 2 \cdot 0,0485) \text{ mol} = 0,003 \text{ mol}$$

$$n_{\text{totali}}^{\text{eq}} = 0,100 \text{ mol} - 2x + x + x = 0,100 \text{ mol}$$

$$K_p = \frac{P_{\text{N}_2}^{\text{eq}} \cdot P_{\text{O}_2}^{\text{eq}}}{(P_{\text{NO}}^{\text{eq}})^2}$$

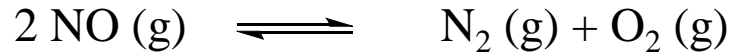
$$P_i = \chi_i P_{\text{totale}} \Rightarrow K_p = K_\chi (P_{\text{totale}}^{\text{eq}})^{\Delta n}$$

$$K_p = \frac{\chi_{\text{N}_2} \cdot \chi_{\text{O}_2}}{\chi_{\text{NO}}^2} (P_{\text{totale}}^{\text{eq}})^{\Delta n} = \frac{0,0485}{0,100} \cdot \frac{0,0485}{0,100} \cdot \left(\frac{0,1}{0,003}\right)^2 = \mathbf{261,36}$$

$$P_{\text{NO}}^{\text{eq}} = n_{\text{NO}}^{\text{eq}} RT/V = 0,003 \text{ mol} \cdot 0,0821 \text{ L atm K}^{-1} \text{ mol}^{-1} \cdot 2453,15 \text{ K} / 0,450 \text{ L} = 1,3427 \text{ atm} = \mathbf{1,343 \text{ atm}}$$

## ESERCIZIO 2

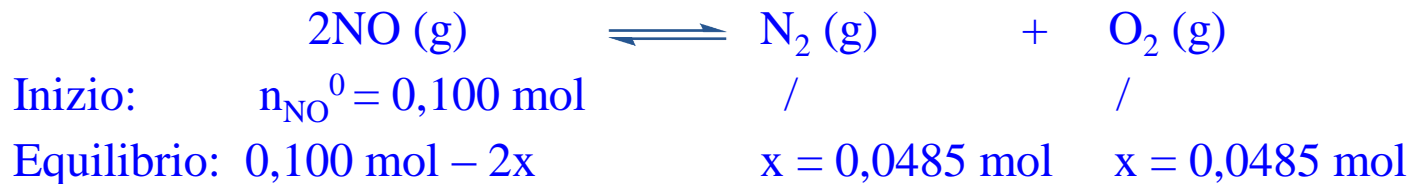
0,100 moli di monossido di azoto NO sono riscaldate alla temperatura di 2180°C in un recipiente di volume costante 0,450 L. Si stabilisce l'equilibrio:



All'equilibrio sono presenti 0,0485 moli di azoto N<sub>2</sub>. Si calcoli:

- la costante di equilibrio K<sub>p</sub>;
- la pressione parziale di NO all'equilibrio.

### Soluzione 2



$$n_{\text{NO}}^{\text{eq}} = (0,100 - 2 \cdot 0,0485) \text{ mol} = 0,003 \text{ mol}$$

$$n_{\text{totali}}^{\text{eq}} = 0,100 \text{ mol} - 2x + x + x = 0,100 \text{ mol}$$

$$K_p = \frac{P_{\text{N}_2}^{\text{eq}} \cdot P_{\text{O}_2}^{\text{eq}}}{(P_{\text{NO}}^{\text{eq}})^2}$$

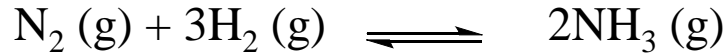
$$P_{\text{NO}}^{\text{eq}} = n_{\text{NO}}^{\text{eq}} \frac{RT}{V} = 0,003 \text{ mol} \cdot 0,0821 \text{ L atm K}^{-1} \text{ mol}^{-1} \cdot 2453,15 \text{ K} / 0,450 \text{ L} = 1,3427 \text{ atm} = \mathbf{1,343 \text{ atm}}$$

$$P_{\text{N}_2}^{\text{eq}} = P_{\text{O}_2}^{\text{eq}} = n_{\text{N}_2}^{\text{eq}} \frac{RT}{V} = 0,0485 \text{ mol} \cdot 0,0821 \text{ L atm K}^{-1} \text{ mol}^{-1} \cdot 2453,15 \text{ K} / 0,450 \text{ L} = 21,7068 \text{ atm}$$

$$K_p = \frac{P_{\text{N}_2}^{\text{eq}} \cdot P_{\text{O}_2}^{\text{eq}}}{(P_{\text{NO}}^{\text{eq}})^2} = 21,7068 \text{ atm} \cdot 21,7068 \text{ atm} / (1,3427 \text{ atm})^2 = \mathbf{261,36}$$

### ESERCIZIO 3

L'ammoniaca viene prodotta dalla reazione:



La miscela gassosa che entra nel recipiente di reazione per la produzione di ammoniaca contiene  $\text{H}_2$  e  $\text{N}_2$  nel rapporto molare 4:1 (4 moli di idrogeno ed 1 mole di azoto). All'uscita del recipiente di reazione, il rapporto molare di questi gas risulta essere 4,65:1. Si calcoli il volume, espresso in  $\text{m}^3$  di miscela gassosa, misurato a  $500^\circ\text{C}$  e 1 atm, che deve entrare nel reattore per produrre 150 tonnellate di ammoniaca. (m.a.r. : H=1,01; N=14,01. R= 0,0821 L atm mol<sup>-1</sup> K<sup>-1</sup>)



$$\text{All'equilibrio } n_{\text{H}_2}^{\text{eq}} = 4,65 n_{\text{N}_2}^{\text{eq}} \Rightarrow (n_{\text{H}_2}^0 - 3x) = 4,65 \cdot (n_{\text{N}_2}^0 - x)$$

$$\text{Ma poichè } n_{\text{H}_2}^0 = 4 n_{\text{N}_2}^0 \Rightarrow (4 n_{\text{N}_2}^0 - 3x) = 4,65 \cdot (n_{\text{N}_2}^0 - x)$$

$$\text{Per } n_{\text{N}_2}^0 = 1 \text{ mol} \Rightarrow (4 \text{ mol} - 3x) = 4,65 \cdot (1 \text{ mol} - x)$$

$$x = 0,394 \text{ mol} \Rightarrow n_{\text{NH}_3}^{\text{eq}} = 2x = 0,788 \text{ mol}$$

$$n_{\text{NH}_3}^{\text{eq}} = m_{\text{NH}_3} / \text{P.M.}_{\text{NH}_3} \qquad \text{P.M.}_{\text{NH}_3} = 14,01 + 3 \cdot 1,01 = 17,04$$

$$n_{\text{NH}_3}^{\text{eq}} = m_{\text{NH}_3} / \text{P.M.}_{\text{NH}_3} = 150 \cdot 10^6 \text{ g} / 17,04 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} = 8,80 \cdot 10^6 \text{ mol}$$

Le moli di azoto e idrogeno da introdurre nel reattore, quindi, sono:

$$1 : 0,788 = n_{\text{N}_2}^0 : n_{\text{NH}_3}^{\text{eq}} \qquad n_{\text{N}_2}^0 = 11,17 \cdot 10^6 \text{ mol}$$

$$4 : 0,788 = n_{\text{H}_2}^0 : n_{\text{NH}_3}^{\text{eq}} \qquad n_{\text{H}_2}^0 = 44,67 \cdot 10^6 \text{ mol} \Rightarrow n_{\text{totali}} = n_{\text{H}_2}^0 + n_{\text{N}_2}^0 = \mathbf{55,84 \cdot 10^6 \text{ mol}}$$

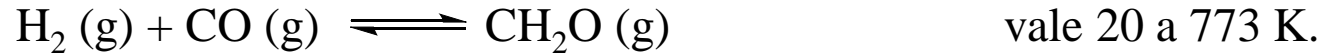
$$V = n_{\text{totali}} RT / P = 55,84 \cdot 10^6 \text{ mol} \cdot 0,0821 \text{ L atm mol}^{-1} \text{ K}^{-1} \cdot 773,15 \text{ K} / 1 \text{ atm} = 3,543 \cdot 10^9 \text{ L}$$

$$1 \text{ L} = 10^{-3} \text{ m}^3$$

$$\mathbf{V = 3,543 \cdot 10^6 \text{ m}^3}$$

## ESERCIZIO 4

La costante, espressa in termini di concentrazioni, della reazione:

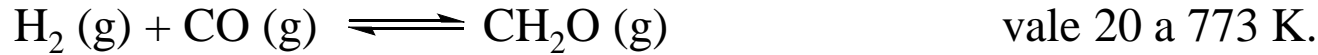


Calcolare la composizione percentuale in volume del sistema e il rendimento percentuale della reazione se 3 mol di  $\text{H}_2 (\text{g})$  e 2 mol di  $\text{CO} (\text{g})$  vengono messe in un recipiente di volume 4 L alla temperatura di 773 K.

Calcolare inoltre il rendimento percentuale, e confrontarlo con quello precedente, se il volume del recipiente viene aumentato fino a 8 L, mantenendo costante la temperatura.

## ESERCIZIO 4

La costante, espressa in termini di concentrazioni, della reazione:

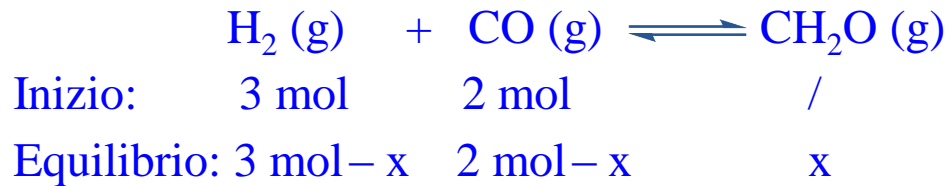


Calcolare la composizione percentuale in volume del sistema e il rendimento percentuale della reazione se 3 mol di  $\text{H}_2 (\text{g})$  e 2 mol di  $\text{CO} (\text{g})$  vengono messe in un recipiente di volume 4 L alla temperatura di 773 K.

Calcolare inoltre il rendimento percentuale, e confrontarlo con quello precedente, se il volume del recipiente viene aumentato fino a 8 L, mantenendo costante la temperatura.

$$[\text{A}] = n_{\text{A}} / V$$

$$K_c = [\text{CH}_2\text{O}]^{\text{eq}} / [\text{H}_2]^{\text{eq}} [\text{CO}]^{\text{eq}}$$



$$20 = \frac{x / 4}{[(3 - x) / 4] [(2 - x) / 4]}$$

$$5x^2 - 26x + 30 = 0$$

$$x = \frac{+13 \pm \sqrt{(169 - 150)}}{5}$$

$$\begin{cases} x_1 = 3,472 \\ x_2 = 1,728 \end{cases}$$

Dal punto di vista fisico,  $x_1$  non è accettabile perché, all'equilibrio, si otterrebbero quantità negative dei reagenti

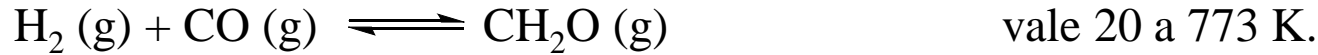
$$n_{\text{H}_2}^{\text{eq}} = (3 - x) \text{ mol} = (3 - 1,728) \text{ mol} = 1,272 \text{ mol}$$

$$n_{\text{CO}}^{\text{eq}} = (2 - x) \text{ mol} = (2 - 1,728) \text{ mol} = 0,272 \text{ mol}$$

$$n_{\text{CH}_2\text{O}}^{\text{eq}} = x = 1,728 \text{ mol}$$

## ESERCIZIO 4

La costante, espressa in termini di concentrazioni, della reazione:

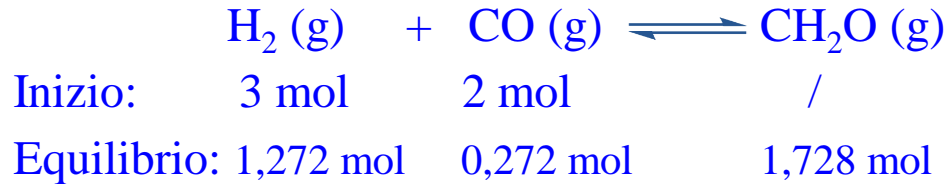


Calcolare la composizione percentuale in volume del sistema e il rendimento percentuale della reazione se 3 mol di  $\text{H}_2 (\text{g})$  e 2 mol di  $\text{CO} (\text{g})$  vengono messe in un recipiente di volume 4 L alla temperatura di 773 K.

Calcolare inoltre il rendimento percentuale, e confrontarlo con quello precedente, se il volume del recipiente viene aumentato fino a 8 L, mantenendo costante la temperatura.

$$[\text{A}] = n_{\text{A}} / V$$

$$K_c = [\text{CH}_2\text{O}]^{\text{eq}} / [\text{H}_2]^{\text{eq}} [\text{CO}]^{\text{eq}}$$



$$n_{\text{totali}} = n_{\text{H}_2}^{\text{eq}} + n_{\text{CO}}^{\text{eq}} + n_{\text{CH}_2\text{O}}^{\text{eq}} = (1,272 + 0,272 + 1,728) \text{ mol} = 3,272 \text{ mol}$$

$$n_{\text{H}_2} \% = (n_{\text{H}_2}^{\text{eq}} / n_{\text{totali}}) \cdot 100 = 38,88 \%$$

$$V_{\text{H}_2} \% = 38,88 \%$$

$$n_{\text{CO}} \% = (n_{\text{CO}}^{\text{eq}} / n_{\text{totali}}) \cdot 100 = 8,31 \%$$

$$V_{\text{CO}} \% = 8,31 \%$$

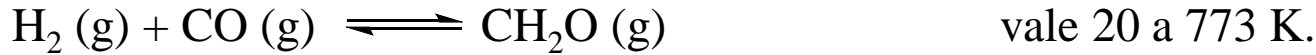
$$n_{\text{CH}_2\text{O}} \% = (n_{\text{CH}_2\text{O}}^{\text{eq}} / n_{\text{totali}}) \cdot 100 = 52,81 \%$$

$$V_{\text{CH}_2\text{O}} \% = 52,81 \%$$

$$\text{Resa \%} = (n_{\text{ottenute}} / n_{\text{teoriche}}) \cdot 100 = (1,728 / 2) \cdot 100 = 86,40 \%$$

## ESERCIZIO 4

La costante, espressa in termini di concentrazioni, della reazione:

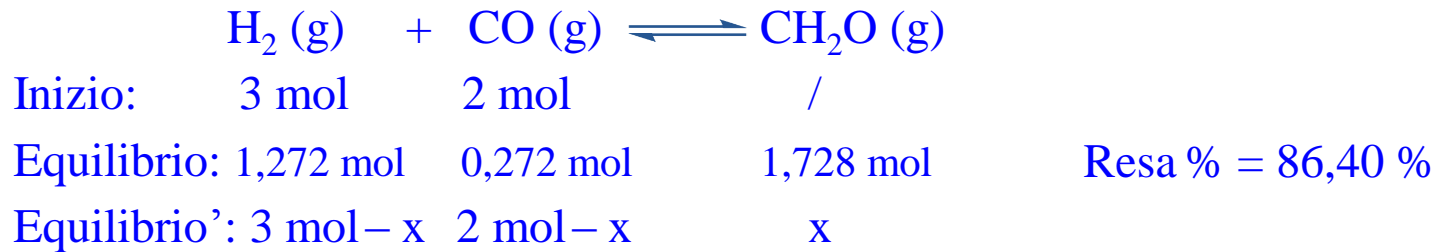


Calcolare la composizione percentuale in volume del sistema e il rendimento percentuale della reazione se 3 mol di  $\text{H}_2 (\text{g})$  e 2 mol di  $\text{CO} (\text{g})$  vengono messe in un recipiente di volume 4 L alla temperatura di 773 K.

Calcolare inoltre il rendimento percentuale, e confrontarlo con quello precedente, se il volume del recipiente viene aumentato fino a 8 L, mantenendo costante la temperatura.

$$[\text{A}] = n_{\text{A}} / V$$

$$K_c = [\text{CH}_2\text{O}]^{\text{eq}} / [\text{H}_2]^{\text{eq}} [\text{CO}]^{\text{eq}}$$



$$20 = \frac{x / 8}{[(3 - x) / 8] [(2 - x) / 8]}$$

$$x = \frac{+27 \pm \sqrt{(729 - 600)}}{10}$$

$$5x^2 - 27x + 30 = 0$$

$$x_1 = 3,836$$

$$x_2 = 1,564$$

Dal punto di vista fisico,  $x_1$  non è accettabile

$$n_{\text{H}_2}^{\text{eq}} = (3 - x) \text{ mol} = (3 - 1,564) \text{ mol} = 1,436 \text{ mol}$$

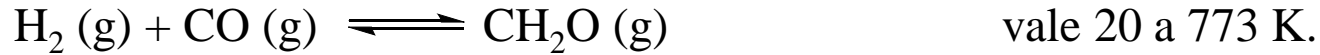
$$n_{\text{CO}}^{\text{eq}} = (2 - x) \text{ mol} = (2 - 1,564) \text{ mol} = 0,436 \text{ mol}$$

$$n_{\text{CH}_2\text{O}}^{\text{eq}} = x = 1,564 \text{ mol}$$



## ESERCIZIO 4

La costante, espressa in termini di concentrazioni, della reazione:

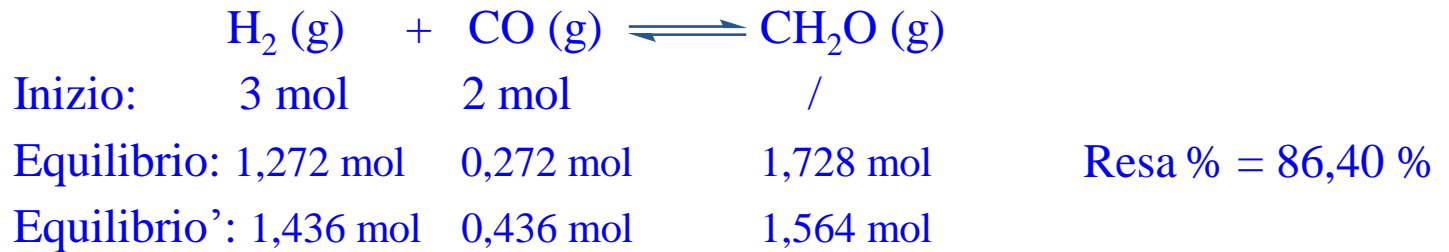


Calcolare la composizione percentuale in volume del sistema e il rendimento percentuale della reazione se 3 mol di  $\text{H}_2 (\text{g})$  e 2 mol di  $\text{CO} (\text{g})$  vengono messe in un recipiente di volume 4 L alla temperatura di 773 K.

Calcolare inoltre il rendimento percentuale, e confrontarlo con quello precedente, se il volume del recipiente viene aumentato fino a 8 L, mantenendo costante la temperatura.

$$[\text{A}] = n_{\text{A}} / V$$

$$K_c = [\text{CH}_2\text{O}]^{\text{eq}} / [\text{H}_2]^{\text{eq}} [\text{CO}]^{\text{eq}}$$



$$\text{Resa \% ' } = (n_{\text{ottenute}} / n_{\text{teoriche}}) \cdot 100 = (1,564 / 2) \cdot 100 = \mathbf{78,20 \%}$$