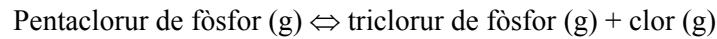


**EXERCICIS D'EQUILIBRI QUÍMIC**  
**2n BATXILLERAT**

**Constant d'equilibri**

1. A 250°C un recipient de 12 litres de capacitat conté 0,428 mols de pentaclorur de fòsfor, 0,125 mols de triclorur de fòsfor i 1,71 mols de clor en equilibri. Calcula  $K_c$  i  $K_p$  per a la reacció: **R:** 0,042 mol/l; 1,8 atm

$T=250^{\circ}\text{C}=523\text{K}$   
 $V=12\text{ l}$



	$\text{PCl}_5$ (g)	$\leftrightarrow$	$\text{PCl}_3$ (g)	+	$\text{Cl}_2$ (g)
$n_E$	0,428		0,125		1,71
$[ ]_E$	0,036		0,0104		0,1425

$$K_c = \frac{[\text{PCl}_3][\text{Cl}_2]}{[\text{PCl}_5]} = \frac{0,0104 \cdot 0,1425}{0,036} = \boxed{0,042 \text{ mol/l}}$$

$$K_p = K_c \cdot (R \cdot T)^{\Delta n} = 0,042 \cdot (0,082 \cdot 523)^1 = \boxed{1,8 \text{ atm}}$$

2. Un recipient de 2 litres, a 273 K, conté en equilibri 80 g triòxid de sofre, 16 g de diòxid de sofre i 16 g de oxigen. Calcula  $K_c$  i  $K_p$  a aquesta temperatura per l'equilibri:



**R:** 64 l/mol; 2,86 atm<sup>-1</sup>

3. En un recipient de volum 1 litre a la temperatura de 1000 K es troben en equilibri 28,84 g de nitrogen, 3,24 g d'hidrogen i 1,73 g d'amoníac. Determina la  $K_p$  de l'equilibri: **R:** 3,42  $10^{-7}$  atm<sup>-2</sup>



$T=1000\text{ K}$   
 $V=1\text{ l}$   
 $K_p=?$

$$28,84 \text{ g N}_2 \frac{1 \text{ mol N}_2}{28 \text{ g N}_2} = 1,03 \text{ mol N}_2$$

$$3,24 \text{ g H}_2 \frac{1 \text{ mol H}_2}{2 \text{ g H}_2} = 1,62 \text{ mol H}_2$$

$$1,73 \text{ g NH}_3 \frac{1 \text{ mol NH}_3}{17 \text{ g NH}_3} = 0,1 \text{ mol NH}_3$$

	$3 \text{ H}_2$ (g)	$\leftrightarrow$	$\text{N}_2$ (g)	+	$2 \text{ NH}_3$ (g)
$n_E$	1,62		1,03		0,1
$[ ]_E$	1,62		1,03		0,1

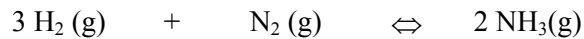
$$K_c = \frac{[\text{NH}_3]^2}{[\text{H}_2]^3 \cdot [\text{N}_2]} = \frac{0,1^2}{1,62^3 \cdot 1,03} = 0,0023 \text{ l}^2/\text{mol}^2$$

$$K_p = K_c \cdot (R \cdot T)^{\Delta n} = 0,0023 \cdot (0,082 \cdot 1000)^{-2} = \boxed{3,42 \cdot 10^{-7} \text{ atm}^{-2}}$$

4. La constant d'equilibri per a la reacció següent a 257°C és 100 l<sup>2</sup>/mol<sup>2</sup>:



Quina és la concentració d'amoníac quan les concentracions de hidrogen i nitrogen en l'equilibri són 0,5 mol/l i 1,5 mol/l respectivament? **R:** 4,3 mol/l

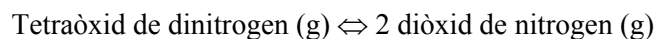


$$K_c = \frac{[\text{NH}_3]^2}{[\text{H}_2]^3 \cdot [\text{N}_2]}$$

$$100 = \frac{[\text{NH}_3]^2}{0,5^3 \cdot 1,5}$$

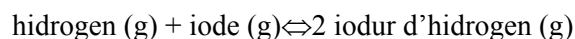
$$\boxed{[\text{NH}_3] = 4,33 \text{ mol/l}}$$

5. Per a la reacció:



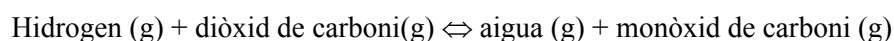
K<sub>p</sub> val 0,14 atm, a 25°C. Un matràs tancat conté una barreja d'aquests gasos en equilibri a aquesta temperatura. Si la pressió parcial del tetraòxid de dinitrogen és de 0,25 atm:

- a) Quina és la pressió parcial del diòxid de nitrogen? **R:** 0,19 atm  
 b) Quina és la pressió total de la mescla? **R:** 0,44 atm
6. A 400°C i en un recipient d'un litre es mesclen 0,062 mols d'hidrogen i 0,042 mols de iode. Quan s'estableix l'equilibri



es formen 0,076 mols d'iodur d'hidrogen. Calcular: a) K<sub>p</sub> i K<sub>c</sub>; b) la pressió total de la mescla en l'equilibri. **R:** a) 60,16; b) 5,74 atm

7. La constant d'equilibri per a la següent reacció

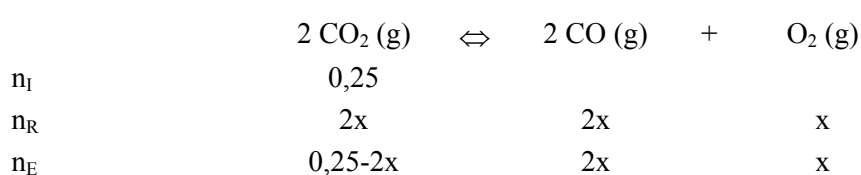


és K<sub>c</sub>= 4,4 a 200 K. Calcular les concentracions en l'equilibri si s'introdueixen 1 mol d'hidrogen, 1 mol de diòxid de carboni i 1 mol d'aigua en un volum de 4,68 l. **R:** [H<sub>2</sub>]=[CO<sub>2</sub>]=0,094 mol/l; [CO]=0,12 mol/l; [H<sub>2</sub>O]=0,33 mol/l

8. Quan s'introdueixen 0,25 mols de CO<sub>2</sub> en un recipient de 2 l, a una determinada temperatura, part d'aquest compost es descompon segons la reacció: 2 CO<sub>2</sub> (g) ⇌ 2 CO (g) + O<sub>2</sub> (g). La concentració del CO en l'equilibri és 0,08 mol/l. Calcular: a) Les concentracions dels altres dos compostos en l'equilibri; b) K<sub>c</sub>. **R:** a) [O<sub>2</sub>]=0,04 M; [CO<sub>2</sub>]=0,045 M; b) 0,126 mol/l

a)

V=2 l



$$[\text{CO}]_{\text{eq}}=0,08 \text{ mol/l} \quad 0,08 = \frac{2x}{2}$$

$$x=0,08 \text{ mol/l}$$

Les concentracions en equilibri són:

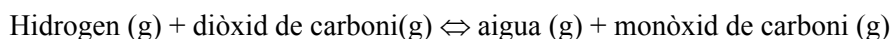
$$[\text{CO}_2] = \frac{0,25 - 2 \cdot 0,08}{2} = \boxed{0,045 \text{ mol/l}}$$

$$[\text{O}_2] = \frac{0,08}{2} = \boxed{0,04 \text{ mol/l}}$$

b)

$$K_c = \frac{[\text{CO}]^2 \cdot [\text{O}_2]}{[\text{CO}_2]^2} = \frac{0,08^2 \cdot 0,04}{0,045^2} = \boxed{0,126 \text{ mol/l}}$$

9. En un recipient de 6 litres introduïm 0,41 mols de diòxid de carboni i 0,37 mols d'hidrogen. Escalfam el recipient a 1000 K i s'estableix l'equilibri següent:



Quan analitzem la mescla de reacció trobam que la concentració de  $\text{CO}_2$  en l'equilibri és 0,033 mol/l. Calcula:

- a) El valor de  $K_c$  i  $K_p$  a 1000 K **R:**  $K_c=K_p=1,36$   
 b) La pressió total de la mescla en l'equilibri. **R:** 10,66 atm

$$V=6 \text{ l}$$

$$T=1000 \text{ K}$$

a)

	$\text{H}_2(\text{g})$	+	$\text{CO}_2(\text{g})$	$\Leftrightarrow$	$\text{H}_2\text{O}(\text{g})$	+	$\text{CO}(\text{g})$
$n_I$	0,37		0,41				
$n_R$	x		x		x		x
$n_E$	0,37-x		0,41-x		x		x
$[ ]_E$	0,027		0,033		0,035		0,035

$$[\text{CO}_2]_{\text{eq}}=0,033 \text{ mol/l} \quad 0,033 = \frac{0,41 - x}{6}$$

$$x=0,21 \text{ mol}$$

$$K_c = \frac{[\text{CO}][\text{H}_2\text{O}]}{[\text{H}_2][\text{CO}_2]} = \frac{0,035^2}{0,027 \cdot 0,033} = \boxed{1,36}$$

$$K_p = K_c \cdot (R \cdot T)^{\Delta n} = 1,36 \cdot (0,082 \cdot 1000)^0 = \boxed{1,36}$$

b)

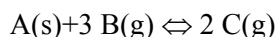
$$P_T \cdot V = n_T \cdot R \cdot T$$

$$n_T = 0,37 - x + 0,41 - x + x + x = 0,78 \text{ mol}$$

$$P_T \cdot 6 = 0,78 \cdot 0,082 \cdot 1000$$

$$\boxed{P_T = 10,66 \text{ atm}}$$

10. En un recipient de 10 l introduïm 2 mols de compost A y 1 mol de compost B. S'encalenteix a 300°C i s'estableix l'equilibri:



Quan s'estableix l'equilibri el nombre de mols de B és igual al de C. Calcula el nombre de mols de cada component en l'equilibri,  $K_c$  i  $K_p$  i la pressió parcial del component B. **R:** A: 1,8 mol; B: 0,4 mol; C: 0,4 mol; 25 l/mol; 0,53 atm<sup>-1</sup>; 1,88 atm.

V=10 l						
T=300°C						
	$n_i$	A(s)	+	3 B (g)	$\rightleftharpoons$	2 C (g)
		2		1		
	$n_R$	x		3x		2x
	$n_E$	2-x		1-3x		2x

$$n_B = n_C$$

$$1-3x=2x$$

$$x=0,2 \text{ mol}$$

Els mols de cada component en l'equilibri són:

$$n_A = 2-0,2 = \boxed{1,8 \text{ mol}}$$

$$n_B = 1-3 \cdot 0,2 = \boxed{0,4 \text{ mol}}$$

$$n_C = 2 \cdot 0,2 = \boxed{0,4 \text{ mol}}$$

$$K_c = \frac{[C]^2}{[B]^3} = \frac{0,04^2}{0,04^3} = \boxed{25 \text{ l/mol}}$$

$$K_p = K_c \cdot (R \cdot T)^{\Delta n} = 25 \cdot (0,082 \cdot 573)^{-1} = \boxed{0,532 \text{ atm}^{-1}}$$

La pressió parcial de B és:

$$P_B \cdot V = n_B \cdot R \cdot T$$

$$P_B \cdot 10 = 0,4 \cdot 0,082 \cdot 573$$

$$\boxed{P_B = 1,88 \text{ atm}}$$

11. Per la reacció de formació del monòxid de nitrogen:  $N_2(g) + O_2(g) \rightleftharpoons 2 NO(g)$ , la constant d'equilibri, a 2800°C, és  $K_c = 0,012$ . Quan en un recipient de 2 litres s'introdueixen 0,05 mols de  $N_2$  i 0,05 mols d' $O_2$  i s'encalenteixen a 2800°C, calcular a) els mols de cada un dels tres gasos a l'equilibri; b) la pressió total de la mescla en l'equilibri. **R:** a) NO 0,0052 mols;  $N_2=O_2=0,0474$  mols; b) 12,6 atm

V=2 l						
T=2800°C						
Kc= 0,012						
	$n_i$	$N_2(g)$	+	$O_2(g)$	$\rightleftharpoons$	2 NO (g)
		0,05		0,05		
	$n_R$	x		x		2x
	$n_E$	0,05-x		0,05-x		2x

$$K_c = \frac{[\text{NO}]^2}{[\text{N}_2][\text{O}_2]}$$

$$0,012 = \frac{(2x)^2}{(0,05 - x)^2}$$

$$\sqrt{0,012} = \sqrt{\frac{(2x)^2}{(0,05 - x)^2}}$$

$$0,11 = \frac{2x}{0,05 - x}$$

$$x = 0,0026 \text{ mol}$$

Els mols de cada component en l'equilibri són:

$$n_{\text{N}_2} = n_{\text{O}_2} = 0,05 - 0,0026 = \boxed{0,0474 \text{ mol}}$$

$$n_{\text{NO}} = 2 \cdot 0,0026 = \boxed{0,0052 \text{ mol}}$$

b)

$$P_T \cdot V = n_T \cdot R \cdot T$$

$$n_T = 0,05 - x + 0,05 - x + 2x = 0,1 \text{ mol}$$

$$P_T \cdot 2 = 0,1 \cdot 0,082 \cdot 3073$$

$$\boxed{P_T = 12,6 \text{ atm}}$$

## 12. Per l'equilibri

triclorur de fòsfor (g) + clor (g)  $\leftrightarrow$  Pentaclorur de fòsfor (g)

la  $K_c$  a 27°C val 2 mol/l. Calcular la pressió dels gasos en l'equilibri quan reaccionen 0,1 mols del triclorur de fòsfor amb 0,2 mols de clor en un recipient de 20 l a 27°C. **R:** 0,37 atm

$$V = 20 \text{ l}$$

$$T = 300 \text{ K}$$

$$K_c = 2 \text{ mol/l}$$

	$\text{PCl}_3(\text{g})$	+	$\text{Cl}_2(\text{g})$	$\leftrightarrow$	$\text{PCl}_5(\text{g})$
$n_I$	0,1		0,2		
$n_R$	x		x		x
$n_E$	0,1-x		0,2-x		x

$$K_c = \frac{[\text{PCl}_5]}{[\text{PCl}_3][\text{Cl}_2]}$$

$$2 = \frac{\frac{x}{20}}{\frac{0,1-x}{20} \cdot \frac{0,2-x}{20}}$$

$$0,1x^2 - 1,03x + 0,002 = 0$$

$$x = 0,00194 \text{ mol}$$

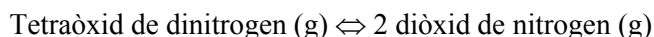
$$P_T \cdot V = n_T \cdot R \cdot T$$

$$n_T = 0,1 - x + 0,2 - x + x = 0,3 - x = 0,3 - 0,00194 = 0,298 \text{ mol}$$

$$P_T \cdot 20 = 0,298 \cdot 0,082 \cdot 300$$

$$\boxed{P_T = 0,37 \text{ atm}}$$

13. Dins un recipient d'un litre s'introdueixen 0,003 mols de tetraòxid de dinitrogen. Es termostatitza a 273 K. Passat un cert temps s'estableix l'equilibri següent:



Se sap que a l'equilibri el recipient suporta una pressió de 0,1 atm. Calculau:

- a) nombre de mols de cada gas a l'equilibri. **R:** N<sub>2</sub>O<sub>4</sub> 0,0015 mols; NO<sub>2</sub> 0,003 mols  
b) Kc. **R:** 0,006 mol/l

### Grau de dissociació

14. En un matràs de 250 cc, a la temperatura de 27°C, es van introduir 213 mg de foscè. Quan es va haver assolit l'equilibri COCl<sub>2</sub> (g) ⇌ CO (g) + Cl<sub>2</sub> (g) la pressió a què va arribar el matràs va ser de 230 mm Hg. Calculau:

- a) la pressió parcial de cada gas. **R:** P(foscè)=0,0984 atm; P(CO)= P(Cl<sub>2</sub>)=0,0984 atm  
b) Kc i Kp **R:** 0,004 mol/l; 0,0984 atm  
c) El grau de dissociació del foscè. **R:** 0,5

$$V = 0,25 \text{ l}$$

$$T = 300 \text{ K}$$

$$P_T = 230 \text{ mm Hg} = 0,3 \text{ atm}$$

$$0,213 \text{ g COCl}_2 \frac{1 \text{ mol COCl}_2}{99 \text{ g COCl}_2} = 0,002 \text{ mol COCl}_2$$

	COCl <sub>2</sub> (g)	⇌	CO (g)	+	Cl <sub>2</sub> (g)
n <sub>I</sub>	0,002				
n <sub>R</sub>	x		x		x
n <sub>E</sub>	0,002-x		x		x
[ ] <sub>E</sub>	0,004		0,004		0,004

$$P_T \cdot V = n_T \cdot R \cdot T$$

$$0,3 \cdot 0,25 = n_T \cdot 0,082 \cdot 300$$

$$n_T = 0,003 \text{ mol}$$

$$0,002 - x + x + x = 0,003$$

$$x = 0,001 \text{ mol}$$

$$P_{\text{COCl}_2} \cdot V = n_{\text{COCl}_2} \cdot R \cdot T$$

$$P_{\text{COCl}_2} \cdot 0,25 = 0,001 \cdot 0,082 \cdot 300$$

$$\boxed{P_{\text{COCl}_2} = 0,0984 \text{ atm}}$$

$$P_{\text{CO}} \cdot V = n_{\text{CO}} \cdot R \cdot T$$

$$P_{\text{CO}} \cdot 0,25 = 0,001 \cdot 0,082 \cdot 300$$

$$\boxed{P_{\text{CO}} = P_{\text{Cl}_2} = 0,0984 \text{ atm}}$$

b)

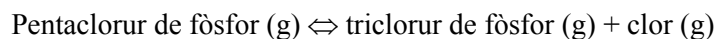
$$K_c = \frac{[\text{CO}][\text{Cl}_2]}{[\text{COCl}_2]} = \frac{(0,004)^2}{0,004} = \boxed{0,004 \text{ mol/l}}$$

$$K_p = K_c \cdot (R \cdot T)^{\Delta n} = 0,004 \cdot (0,082 \cdot 300)^1 = \boxed{0,0984 \text{ atm}}$$

c)

$$\alpha = \frac{x}{n_1} = \frac{0,001}{0,002} = \boxed{0,5}$$

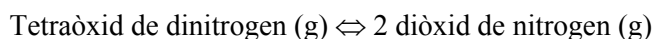
15. En un matrau d'un litre introduïm 0,1 mols de pentaclorur de fòsfor; els encalemim a 250°C i s'estableix el següent equilibri:



En aquest moment el grau de dissociació del pentaclorur de fòsfor és de 0,84, calcular:

- a) Pressió total en l'equilibri. **R:** 7,89 atm  
 b) Mols de cada component en l'equilibri. **R:** 0,016 mols de  $\text{PCl}_5$  i 0,084 mols de  $\text{PCl}_3$  i  $\text{Cl}_2$   
 c)  $K_c$  i  $K_p$ . **R:** 0,441 mol/l; 18,91 atm
16. A 200°C, la descomposició del  $\text{PCl}_5$  té una constant d'equilibri  $K_p=0,3075$  atm. Calcular  $K_c$  i el grau de dissociació que presenten 50 g de  $\text{PCl}_5$  introduïts en un recipient de 2 litres. **R:** 0,00793 mol/l; 0,23

17. En un matrau d'1 litre introduïm 46 g de tetraòxid de dinitrogen. La constant de l'equilibri



és  $K_c=0,125$  mol/l. Calcular el grau de dissociació del tetraòxid de dinitrogen. **R:** 0,22

$$\begin{aligned} V &= 1 \text{ l} \\ K_c &= 0,125 \text{ mol/l} \\ \alpha &=? \end{aligned}$$

$$46 \text{ g N}_2\text{O}_4 \cdot \frac{1 \text{ mol N}_2\text{O}_4}{92 \text{ g N}_2\text{O}_4} = 0,5 \text{ mol N}_2\text{O}_4$$

	$\text{N}_2\text{O}_4(\text{g})$	$\Leftrightarrow$	$2 \text{ NO}_2(\text{g})$
$n_I$	0,5		
$n_R$	x		2x
$n_E$	0,5-x		2x

$$K_c = \frac{[\text{NO}_2]^2}{[\text{N}_2\text{O}_4]}$$

$$0,125 = \frac{4x^2}{0,5-x}$$

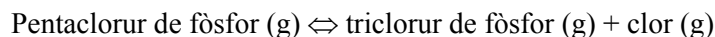
$$4x^2 + 0,125x - 0,0625 = 0$$

$$x = 0,11 \text{ mol}$$

$$\alpha = \frac{x}{n_1}$$

$$\alpha = \frac{0,11}{0,5} = \boxed{0,22}$$

18. En un matrau d'un litre introduïm 0,1 mols de pentaclorur de fòsfor; els encalemim a 250°C i s'estableix el següent equilibri:



En aquesta temperatura el grau de dissociació del pentaclorur de fòsfor és de 0,48, calcular:

- La pressió a l'interior del matrau. **R:** 6,35 atm
- El nombre de mols de cada component en l'equilibri. **R:** 0,052 mols de  $\text{PCl}_5$  i 0,048 mols de  $\text{PCl}_3$  i  $\text{Cl}_2$ .
- $K_c$ . **R:** 0,044 mol/l

$$V=1 \text{ l}$$

$$T=250^\circ\text{C}=523 \text{ K}$$

$$\alpha=0,48$$

	$\text{PCl}_5 \text{ (g)}$	$\Leftrightarrow$	$\text{PCl}_3 \text{ (g)}$	+	$\text{Cl}_2 \text{ (g)}$
$n_i$	0,1				
$n_R$	x		x		x
$n_E$	0,1-x		x		x
$[ ]_E$	0,052		0,048		0,048

$$\alpha = \frac{x}{n_1}$$

$$0,48 = \frac{x}{0,1}$$

$$x=0,048 \text{ mol}$$

$$P_T \cdot V = n_T \cdot R \cdot T$$

$$n_T = 0,1 - x + x + x = 0,1 + x = 0,148 \text{ mol}$$

$$P_T \cdot 1 = 0,148 \cdot 0,082 \cdot 523$$

$$\boxed{P_T = 6,35 \text{ atm}}$$

b) Els mols de cada component en l'equilibri són:

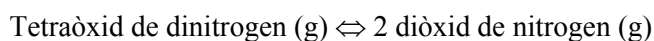
$$n_{\text{PCl}_3} = n_{\text{Cl}_2} = \boxed{0,048 \text{ mol}}$$

$$n_{\text{PCl}_5} = 0,1 - 0,048 = \boxed{0,052 \text{ mol}}$$

c)

$$K_c = \frac{[\text{PCl}_3][\text{Cl}_2]}{[\text{PCl}_5]} = \frac{0,048^2}{0,052} = \boxed{0,044 \text{ mol/l}}$$

19. En un recipient de 1,3 litres de capacitat introduïm 2,6 g del tetraòxid de dinitrogen a 27°C, assolint en l'equilibri:



una pressió de 0,6 atm. Calcula el grau de dissociació. **R:** 0,132



V=1,3 l  
T=27°C=300 K  
P=0,6 atm  
 $\alpha=?$

$$2,6 \text{ g N}_2\text{O}_4 \frac{1 \text{ mol N}_2\text{O}_4}{92 \text{ g N}_2\text{O}_4} = 0,028 \text{ mol N}_2\text{O}_4$$

	$\text{N}_2\text{O}_4(\text{g})$	$\Leftrightarrow$	$2 \text{ NO}_2(\text{g})$
$n_I$	0,028		
$n_R$	x		2x
$n_E$	0,028-x		2x

$$P_T \cdot V = n_T \cdot R \cdot T$$

$$0,6 \cdot 1,3 = n_T \cdot 0,082 \cdot 300$$

$$n_T = 0,032 \text{ mol}$$

$$n_T = 0,028 - x + 2x$$

$$0,032 = 0,028 + x$$

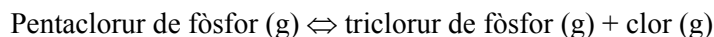
$$x = 0,004 \text{ mol}$$

$$\alpha = \frac{x}{n_I}$$

$$\alpha = \frac{0,004}{0,028} = \boxed{0,14}$$

### Quocient de reacció

20. A 350°C per la reacció:



el valor de Kc és 0,58 mol/l. En un recipient de 25 l existeix una mescla formada per 2 mols de clor, 1,5 mols de triclorur de fòsfor i 0,15 mols de pentaclorur de fòsfor:

- Calcula les concentracions en l'equilibri. **R:**  $\text{PCl}_5$  0,00784 mol/l;  $\text{PCl}_3$  0,05816 mol/l;  $\text{Cl}_2$  0,07816 mol/l
- Com influirà en l'equilibri un augment de pressió? i una disminució de temperatura si la reacció és endotèrmica?

V=24 l  
T=350°C=623 K  
Kc=0,58 mol/l

	$\text{PCl}_5(\text{g})$	$\Leftrightarrow$	$\text{PCl}_3(\text{g})$	+	$\text{Cl}_2(\text{g})$
$n_I$	0,15		1,5		2
$n_R$	x		x		x
$n_E$	0,15+x		1,5-x		2-x

$$Q = \frac{[\text{PCl}_3][\text{Cl}_2]}{[\text{PCl}_5]} = \frac{\frac{1,5}{24} \cdot \frac{2}{24}}{\frac{0,15}{24}} = 0,8 \text{ mol/l}$$

Com el valor de Q és superior al valor de Kc, es produeix una reacció química neta cap als reactius.

$$K_c = \frac{[\text{PCl}_3][\text{Cl}_2]}{[\text{PCl}_5]}$$

$$0,58 = \frac{1,5 - x}{25} \cdot \frac{2 - x}{25}$$

$$0,58 (0,15+x) = \frac{(1,5 - x)(2 - x)}{25}$$

$$-x^2 + 18x - 0,825 = 0$$

$$x = 17,95 \text{ i } 0,046 \text{ mol}$$

Les concentracions a l'equilibri són:

$$[\text{PCl}_5] = \frac{0,15 + 0,046}{25} = \boxed{0,00784 \text{ mol/l}}$$

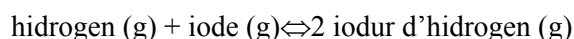
$$[\text{PCl}_3] = \frac{1,5 - 0,046}{25} = \boxed{0,05816 \text{ mol/l}}$$

$$[\text{Cl}_2] = \frac{2 - 0,046}{25} = \boxed{0,07816 \text{ mol/l}}$$

b) Segons el principi de Le Chatelier si s'augmenta la pressió l'equilibri es desplaça cap al sentit de menor nombre de mols gasosos, és a dir, cap als reactius.

Segons el principi de Le Chatelier si disminueix la temperatura l'equilibri es desplaça cap al sentit de la reacció exotèrmica, és a dir, cap als reactius.

## 21. A 425°C la Kc a l'equilibri



val 54,8. Calcula les concentracions de l'equilibri si al reactor de 20 litres de capacitat s'introdueixen 15 mols de iode, 2 mols d'hidrogen i 25 mols de iodur d'hidrogen. **R:**  $[\text{I}_2]=0,698 \text{ M}$ ;  $[\text{H}_2]=0,048 \text{ M}$ ;  $[\text{HI}]=1,354 \text{ M}$

$$V=20 \text{ l}$$

$$K_c=54,8$$

$$[ ]_E = ?$$

		$\text{I}_2 \text{ (g)}$	+	$\text{H}_2 \text{ (g)}$	$\rightleftharpoons$	$2 \text{ HI(g)}$
$n_I$		15		2		25
$n_R$		x		x		2x
$n_E$		15-x		2-x		25+2x

$$Q = \frac{[\text{HI}]^2}{[\text{I}_2][\text{H}_2]} = \frac{\left(\frac{25}{20}\right)^2}{\left(\frac{15}{20}\right)\left(\frac{2}{20}\right)} = 20,83$$

Com el valor de Q és inferior al valor de Kc, es produeix una reacció química neta cap als productes.

$$K_c = \frac{[\text{HI}]^2}{[\text{I}_2][\text{H}_2]}$$

$$54,8 = \frac{\left(\frac{25 + 2x}{20}\right)^2}{\left(\frac{15 - x}{20}\right)\left(\frac{2 - x}{20}\right)}$$

$$54,8 = \frac{(25 + 2x)^2}{(15 - x)(2 - x)}$$

$$50,8x^2 - 1031,6x + 1019 = 0$$

$$x = 19,27 \text{ i } 1,04 \text{ mol}$$

Les concentracions en equilibri són:

$$[\text{I}_2] = \frac{15 - 1,04}{20} = \boxed{0,698 \text{ mol/l}}$$

$$[\text{H}_2] = \frac{2 - 1,04}{20} = \boxed{0,048 \text{ mol/l}}$$

$$[\text{HI}] = \frac{25 + 2 \cdot 1,04}{20} = \boxed{1,354 \text{ mol/l}}$$

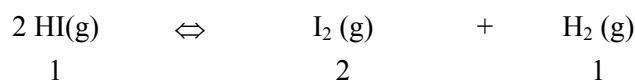
## 22. Per la reacció



$K_c = 0,018$  a  $700^\circ\text{C}$ :

- Determina si una mescla de 1 mol de HI, 1 mol de  $\text{H}_2$  i 2 moles de  $\text{I}_2$  està en equilibri a  $700^\circ\text{C}$ .
  - Una segona mescla a igual temperatura, està formada per 0,2 moles de HI, 0,1 mols de  $\text{H}_2$  i 0,5 mols de  $\text{I}_2$ . Si no està en equilibri, en quin sentit transcorrirà la reacció?
  - Calcula per a la segona mescla, el nombre de mols de cada component en l'equilibri. **R:** HI: 0,386 mol;  $\text{H}_2$  0,007 mol;  $\text{I}_2$  0,407 mol
- a)

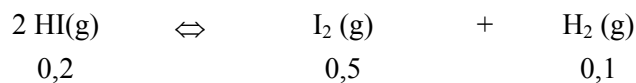
$T = 700^\circ\text{C}$   
 $K_c = 0,018$



$$Q = \frac{[\text{I}_2][\text{H}_2]}{[\text{HI}]^2} = \frac{\left(\frac{2}{\sqrt{V}}\right)\left(\frac{1}{\sqrt{V}}\right)}{\left(\frac{1}{\sqrt{V}}\right)^2} = 2$$

*La mescla no està en equilibri perquè  $Q$  no és igual a  $K_c$ .*

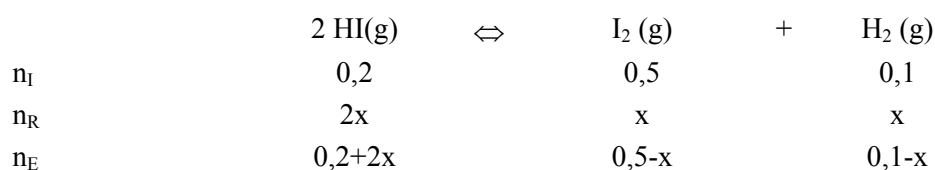
b)



$$Q = \frac{[\text{I}_2][\text{H}_2]}{[\text{HI}]^2} = \frac{\left(\frac{0,5}{V}\right) \cdot \left(\frac{0,1}{V}\right)}{\left(\frac{0,2}{V}\right)^2} = 1,25$$

Com  $Q$  és major que  $K_c$  ocorre una reacció química neta cap als reactius.

c)



$$K_c = \frac{[\text{I}_2][\text{H}_2]}{[\text{HI}]^2}$$

$$0,018 = \frac{\left(\frac{0,5-x}{V}\right) \cdot \left(\frac{0,1-x}{V}\right)}{\left(\frac{0,2+2x}{V}\right)^2}$$

$$0,018 \cdot (0,04 + 4x^2 + 0,8x) = 0,05 - 0,6x + x^2$$

$$0,928x^2 - 0,6144x + 0,04928 = 0$$

$$x = 0,569 \text{ i } 0,0934 \text{ mol}$$

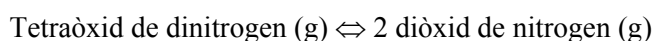
Els mols de cada component en l'equilibri són:

$$n_{\text{HI}} = 0,3868 \text{ mol}$$

$$n_{\text{I}_2} = 0,4066 \text{ mol}$$

$$n_{\text{H}_2} = 0,0066 \text{ mol}$$

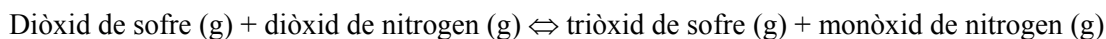
23. La constant d'equilibri per a la reacció de dissociació de tetraòxid de dinitrogen és  $K_c = 0,212 \text{ mol/l}$  a  $100^\circ\text{C}$ :



En una mescla de tots dos gasos a  $100^\circ\text{C}$  s'ha trobat que la concentració de tetraòxid de dinitrogen és  $0,10 \text{ mol/l}$  i la concentració de diòxid de nitrogen és  $0,11 \text{ mol/l}$ :

- La mescla es troba en equilibri?
- Com s'ha de modificar la concentració de diòxid de nitrogen per què adquireixi l'equilibri?
- Quines són les concentracions de diòxid de nitrogen i tetraòxid de nitrogen en l'equilibri? **R:** b) augmenta  $0,026 \text{ mol/l}$ ; c) diòxid de nitrogen  $0,136 \text{ mol/l}$ ; tetraòxid de dinitrogen  $0,087 \text{ mol/l}$ .

24. La constant d'equilibri per a la reacció següent és de  $K_c = 0,9$  a  $700^\circ\text{C}$ :



En un recipient de 0,75 litres s'introdueixen 0,003 mols de cadascuna de les quatre substàncies.

Quines concentracions tindrà quan assoleixi l'equilibri?

**R:** [diòxid de sofre]=[diòxid de nitrogen]=0,0041 M; [triòxid de sofre]=[monòxid de nitrogen]=0,0039 M

$$V=0,75 \text{ l}$$

$$K_c=0,9$$

$$T=700^\circ\text{C}$$

	$\text{SO}_2 \text{ (g)}$	+	$\text{NO}_2 \text{ (g)}$	$\rightleftharpoons$	$\text{SO}_3 \text{ (g)}$	+	$\text{NO (g)}$
$n_i$	0,003		0,003		0,003		0,003
$n_R$	x		x		x		x
$n_E$	0,003+x		0,003+x		0,003-x		0,003-x

$$Q = \frac{[\text{SO}_3][\text{NO}]}{[\text{SO}_2][\text{NO}_2]} = \frac{\frac{0,003}{0,75} \cdot \frac{0,003}{0,75}}{\frac{0,003}{0,75} \cdot \frac{0,003}{0,75}} = 1$$

Com el valor de  $Q$  és superior al valor de  $K_c$ , es produeix una reacció química neta cap als reactius.

$$K_c = \frac{[\text{SO}_3][\text{NO}]}{[\text{SO}_2][\text{NO}_2]}$$

$$0,9 = \frac{\left(\frac{0,003 - x}{0,75}\right)^2}{\left(\frac{0,003 + x}{0,75}\right)^2}$$

$$\sqrt{0,9} = \frac{\sqrt{\left(\frac{0,003 - x}{0,75}\right)^2}}{\sqrt{\left(\frac{0,003 + x}{0,75}\right)^2}}$$

$$0,949 = \frac{0,003 - x}{0,003 + x}$$

$$x = 7,9 \cdot 10^{-5} \text{ mol}$$

Les concentracions en equilibri són:

$$[\text{SO}_2] = [\text{NO}_2] = \frac{0,003 + 7,9 \cdot 10^{-5}}{0,75} = \boxed{0,0041 \text{ mol/l}}$$

$$[\text{SO}_3] = [\text{NO}] = \frac{0,003 - 7,9 \cdot 10^{-5}}{0,75} = \boxed{0,0039 \text{ mol/l}}$$

**25. La constant d'equilibri per a la reacció**

és de 5,1 a 800 K. Si s'introdueixen inicialment 4 mols d'hidrogen, 2 mols de diòxid de carboni, 1 mol d'aigua i 1 mol de monòxid de carboni:

- a) quants mols de monòxid de carboni tindrem quan s'arribi a l'equilibri? **R:** 1,172 mol
- b) Com afecta a l'equilibri:
1. una disminució de la pressió del sistema
  2. una disminució del volum.
  3. l'addició d'un catalitzador.

b)

1 i 2. La variació del volum o de la pressió del sistema no modifica l'equilibri ja que com  $\Delta n=0$  el quocient de reacció no depèn del volum.

3. L'addició d'un catalitzador no modifica l'equilibri ja que accelera les reaccions directa i inversa de la mateixa manera. L'únic efecte que produeix és fer que l'equilibri s'assoleixi abans.

**26. La constant d'equilibri per a la reacció**

és de 5,1 a 800 K. Si 1 mol de monòxid de carboni i 1 mol d'aigua s'escalfen a 800 K en un recipient de 50 litres, calcula:

- a) Quants mols de monòxid de carboni queden sense reaccionar quan s'estableix l'equilibri? **R:** 0,31 mol
- b) La pressió parcial de cada gas i la pressió total al recipient. **R:**  $P(\text{CO})=0,403$  atm;  $P(\text{H}_2\text{O})=0,403$  atm;  $P(\text{H}_2)=P(\text{CO}_2)=0,909$  atm;  $P_{\text{total}}=2,624$  atm
- c) Si s'introdueixen inicialment al mateix recipient i a la mateixa temperatura 4 mols d'hidrogen, 2 mols de diòxid de carboni, 2 mol d'aigua i 2 mol de monòxid de carboni, quants mols de monòxid de carboni tindrem quan s'arribi a l'equilibri? **R:** 1,49 mols

a)

$$\begin{aligned} V &= 50 \text{ l} \\ K_c &= 5,1 \\ T &= 800 \text{ K} \end{aligned}$$

	$\text{H}_2\text{O (g)}$	+	$\text{CO (g)}$	$\rightleftharpoons$	$\text{H}_2 \text{ (g)}$	+	$\text{CO}_2 \text{ (g)}$
$n_i$	1		1				
$n_R$	x		x		x		x
$n_E$	1-x		1-x		x		x

$$K_c = \frac{[\text{H}_2][\text{CO}_2]}{[\text{CO}][\text{H}_2\text{O}]}$$

$$5,1 = \frac{\frac{x^2}{50^2}}{\frac{(1-x)^2}{50^2}}$$

$$5,1 = \frac{x^2}{(1-x)^2}$$

$$\sqrt{5,1} = \sqrt{\frac{x^2}{(1-x)^2}}$$

$$2,26 = \frac{x}{1-x}$$

$$x = 0,69 \text{ mol}$$

Els mols de CO a l'equilibri són:  $n_{\text{CO}} = 1 - 0,69 = \boxed{0,31 \text{ mol}}$

b)

$$P_{\text{CO}} \cdot V = n_{\text{CO}} \cdot R \cdot T$$

$$P_{\text{CO}} \cdot 50 = 0,31 \cdot 0,082 \cdot 800$$

$$\boxed{P_{\text{CO}} = P_{\text{H}_2\text{O}} = 0,41 \text{ atm}}$$

$$P_{\text{CO}_2} \cdot V = n_{\text{CO}_2} \cdot R \cdot T$$

$$P_{\text{CO}_2} \cdot 50 = 0,69 \cdot 0,082 \cdot 800$$

$$\boxed{P_{\text{CO}_2} = P_{\text{H}_2} = 0,905 \text{ atm}}$$

c)

	H <sub>2</sub> O (g)	+	CO (g)	↔	H <sub>2</sub> (g)	+	CO <sub>2</sub> (g)
n <sub>I</sub>	2		2		4		2
n <sub>R</sub>	x		x		x		x
n <sub>E</sub>	2-x		2-x		4+x		2+x

$$Q = \frac{[\text{H}_2][\text{CO}_2]}{[\text{CO}][\text{H}_2\text{O}]} = \frac{\frac{4}{50} \cdot \frac{2}{50}}{\frac{2}{50} \cdot \frac{2}{50}} = 2$$

Com el valor de Q és inferior al valor de K<sub>c</sub>, es produeix una reacció química neta cap als productes.

$$5,1 = \frac{\frac{4+x}{50} \cdot \frac{2+x}{50}}{\frac{(2-x)^2}{50^2}}$$

$$5,1 = \frac{(4+x)(2+x)}{(2-x)^2}$$

$$5,1 \cdot (4+x^2-4x) = 8+4x+2x+x^2$$

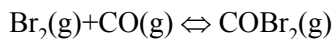
$$4,1x^2 - 26,4x + 12,4 = 0$$

$$x = \cancel{5,93} \text{ i } 0,51 \text{ mol}$$

Els mols de CO a l'equilibri són:  $n_{\text{CO}} = 2 - 0,51 = \boxed{1,49 \text{ mol}}$

### Modificacions de l'estat d'equilibri: Principi de Le Chatelier

27. Donat l'equilibri:

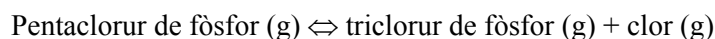


indicar l'efecte que es produirà sobre la posició de l'equilibri quan:

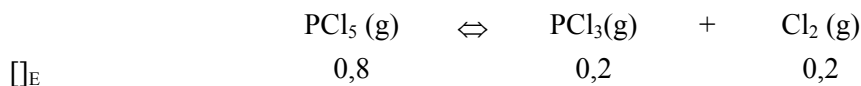
- c) S'augmenta la pressió.
- d) S'afegeix CO(g)
- e) S'augmenta el volumen del recipient.

- a. Segons el principi de Le Chatelier si s'augmenta la pressió l'equilibri es desplaça cap al sentit de menor nombre de mols gasosos, és a dir, cap als productes.
- b. Segons el principi de Le Chatelier si s'afegeix CO (g) l'equilibri es desplaça cap als productes.
- c. Segons el principi de Le Chatelier si s'augmenta el volum del recipient l'equilibri es desplaça cap al sentit de major nombre de mols gasosos, és a dir, cap als reactius.

28. A una determinada temperatura el pentaclorur de fòsfor es dissocia en triclorur de fòsfor i clor. Quan s'estableix l'equilibri d'aquesta reacció, duita a terme dins un recipient de 10 litres, es comproba que les concentracions són 0,8 mol/l de pentaclorur de fòsfor, 0,2 mol/l de triclorur de fòsfor i 0,2 mol/l de clor:



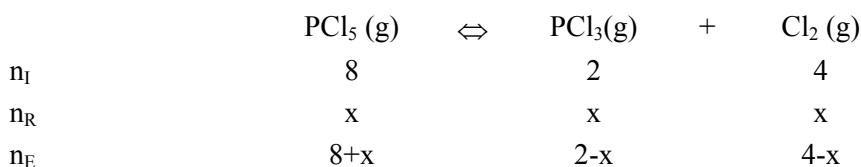
- a) Calcula la  $K_c$  per l'equilibri en aquestes condicions. **R:** 0,05 mol/l
- b) Indicar cap on es desplaçarà l'equilibri quan s'afegeixen 2 mols de clor. Calcula les noves concentracions a l'equilibri. **R:**  $\text{PCl}_5$  0,869 mol/l;  $\text{PCl}_3$  0,131 mol/l;  $\text{Cl}_2$  0,331 mol/l



a)

$$K_c = \frac{[\text{PCl}_3][\text{Cl}_2]}{[\text{PCl}_5]} = \frac{0,2 \cdot 0,2}{0,8} = \boxed{0,05 \text{ mol/l}}$$

b) Segons el principi de Le Chatelier si s'afegeix clor l'equilibri es desplaçarà cap als reactius.



$$K_c = \frac{[\text{PCl}_3][\text{Cl}_2]}{[\text{PCl}_5]}$$



$$0,05 = \frac{\frac{2-x}{10} \cdot \frac{4-x}{10}}{\frac{8+x}{10}}$$

$$0,05 (8+x) = \frac{(2-x)(4-x)}{10}$$

$$x^2 - 6,5x + 4 = 0$$

$$x = 5,81 \text{ i } 0,688 \text{ mol}$$

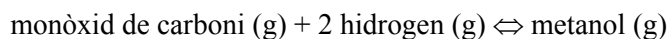
Les concentracions a l'equilibri són:

$$[\text{PCl}_5] = \frac{8 + 0,688}{10} = \boxed{0,869 \text{ mol/l}}$$

$$[\text{PCl}_3] = \frac{2 - 0,688}{10} = \boxed{0,131 \text{ mol/l}}$$

$$[\text{Cl}_2] = \frac{4 - 0,688}{10} = \boxed{0,331 \text{ mol/l}}$$

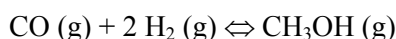
29. En la reacció exotèrmica:



A 300°C les pressions parcials en l'equilibri són: P(monòxid de carboni)=4,2 atm; P(hidrogen)=1,75 atm; P(metanol)=0,12 atm. Calcula els valors de K<sub>p</sub> i K<sub>c</sub> a aquesta temperatura. **R:** 0,0093 atm<sup>-2</sup>; 20,6 l<sup>2</sup>/mol<sup>2</sup>

Indicar cap on es desplaça l'equilibri i com variarà la constant d'equilibri si disminueix:

- la temperatura.
- la pressió total.
- la pressió parcial del metanol.
- la pressió parcial del monòxid de carboni
- S'afegeix Ar



$$K_p = \frac{P_{\text{CH}_3\text{OH}}}{P_{\text{CO}} \cdot P_{\text{H}_2}^2} = \frac{0,12}{4,2 \cdot 1,75^2} = \boxed{0,0093 \text{ atm}^{-2}}$$

$$K_p = K_c \cdot (R \cdot T)^{\Delta n}$$

$$0,0093 = K_c \cdot (0,082 \cdot 573)^{-2}$$

$$\boxed{K_c = 20,6 \text{ l}^2/\text{mol}^2}$$

a) Segons el principi de Le Chatelier, si es disminueix la temperatura l'equilibri es desplaça cap al sentit de la reacció exotèrmica, és a dir, cap a la formació de metanol.

Com l'equilibri es desplaça cap al producte, la constant d'equilibri augmenta ja que augmenta la concentració de producte i disminueixen les concentracions de reactius.

b) Segons el principi de Le Chatelier, si es disminueix la pressió total l'equilibri es desplaça cap al sentit on hi ha major nombre de mols gasosos, és a dir, cap als reactius.

*El valor de la constant d'equilibri no variarà ja que només depèn de la temperatura i de la naturalesa de les substàncies que intervenen en la reacció.*

- c) *Segons el principi de Le Chatelier, si es disminueix la pressió parcial de metanol l'equilibri es desplaça cap a la formació de metanol.*

*El valor de la constant d'equilibri no variarà ja que només depèn de la temperatura i de la naturalesa de les substàncies que intervenen en la reacció.*

- d) *Segons el principi de Le Chatelier, si es disminueix la pressió parcial de monòxid de carbonil l'equilibri es desplaça cap als reactius.*

*El valor de la constant d'equilibri no variarà ja que només depèn de la temperatura i de la naturalesa de les substàncies que intervenen en la reacció.*

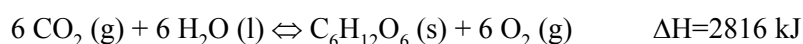
- e) *A volum i temperatura constants, l'addició d'argó no modifica l'equilibri ja que les concentracions de reactius i productes no varien i per tant tampoc ho fa el quocient de reacció.*

*El valor de la constant d'equilibri no variarà ja que només depèn de la temperatura i de la naturalesa de les substàncies que intervenen en la reacció.*

*A pressió i temperatura constants l'addició d'heli suposa augmentar el volum del sistema i, segons el Principi de Le Chatelier, l'equilibri es desplaça cap el sentit de major nombre de mols de gas, és a dir, cap als reactius.*

*El valor de la constant d'equilibri no variarà ja que només depèn de la temperatura i de la naturalesa de les substàncies que intervenen en la reacció.*

**30.** Donat el sistema en equilibri:



- a) Expressar la constant d'equilibri  $K_p$ .  
 b) Predir com se modifica la quantitat de glucosa en l'equilibri quan:  
 - S'augmenta la temperatura.  
 - S'introdueix un catalitzador.

a)

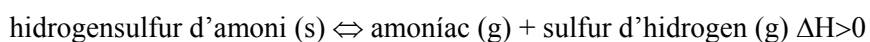
$$K_p = \frac{P_{\text{O}_2}^6}{P_{\text{CO}_2}^6}$$

*b) Segons el principi de Le Chatelier, si s'augmenta la temperatura l'equilibri es desplaça cap al sentit de la reacció endotèrmica, és a dir, cap als productes i per tant la quantitat de glucosa augmentarà.*

*Introduir un catalitzador no modifica l'equilibri ja que accelera les reaccions directa i inversa de la mateixa manera. L'únic efecte que produeix és fer que l'equilibri s'assoleixi abans. Per tant la quantitat de glucosa no es modifica.*

**31.** En un recipient tancat s'efectua la reacció  $\text{A} (\text{g}) + 2 \text{B} (\text{g}) \rightleftharpoons 2 \text{C} (\text{g})$ , que és exotèrmica i que es troba en equilibri a la pressió i temperatura normals. Com variarà la  $K_p$  d'aquest equilibri a) si s'augmenta la temperatura b) si la concentració de A augmenta c) si s'addiciona un catalitzador.

**32.** La reacció de descomposició d'hidrogen sulfur d'amoni és una reacció endotèrmica. En un recipient tancat s'introdueix una determinada quantitat d'hidrogen sulfur d'amoni (s) i s'assoleix l'equilibri següent a 350°C:



Indica l'efecte que produeix sobre la pressió parcial d'amoníac i sobre el grau de dissociació de l'hidrogen sulfur d'amoni cadascuna de les modificacions següents:

- a) Addició de sulfur d'hidrogen (g)  
 b) Addició d'una petita quantitat d'hidrogen sulfur d'amoni

- c) Addició d'una gran quantitat d'hidrogensulfur d'amoni
- d) Increment de la temperatura
- e) Duplicació del volum del recipient
- f) S'afegeix Ne.

a) Segons el principi de Le Chatelier si s'afegeix sulfur d'hidrogen l'equilibri es desplaça cap als reactius. La  $P_{\text{NH}_3}$  disminueix i el grau de dissociació també ja que disminueix el nombre de mols de reactiu que es disocien..

b) L'addició d'una petita quantitat d'hidrogensulfur d'amoni no modifica l'equilibri ja que no modifica el volum, les concentracions d'amoniac i sulfur d'hidrogen no varien i per tant tampoc ho fa el quocient de reacció. Així doncs, la  $P_{\text{NH}_3}$  i  $\alpha$  no varien.

c) L'addició d'una gran quantitat d'hidrogensulfur d'amoni produeix una disminució del volum del sistema i segons el principi de Le Chatelier l'equilibri es desplaça cap el sentit on hi ha menor nombre de mols de gas, és a dir, cap als reactius. Per tant, la  $P_{\text{NH}_3}$  i  $\alpha$  disminuiran.

d) Segons el principi de Le Chatelier si s'augmenta la temperatura l'equilibri es desplaça cap al sentit de la reacció endotèrmica, és a dir, cap als productes. Per tant, la  $P_{\text{NH}_3}$  i  $\alpha$  augmentaran.

e) Segons el principi de Le Chatelier si augmenta el volum del recipient l'equilibri es desplaça cap al sentit de major nombre de mols gasosos, és a dir, cap als productes. Per tant, la  $P_{\text{NH}_3}$  i  $\alpha$  augmentaran.

f) A volum i temperatura constants, l'addició de Ne no modifica l'equilibri ja que les concentracions de reactius i productes no varien i per tant tampoc ho fa el quocient de reacció. Per tant, la  $P_{\text{NH}_3}$  i  $\alpha$  no variaran.

A pressió i temperatura constants l'addició de Ne suposa augmentar el volum del sistema i, segons el Principi de Le Chatelier, l'equilibri es desplaça cap el sentit de major nombre de mols de gas, és a dir, cap als productes. Per tant, la  $P_{\text{NH}_3}$  i  $\alpha$  augmentaran

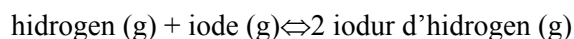
**33.** El clor es pot obtenir per oxidació de clorur d'hidrogen en fase gasosa:



Per incrementar el rendiment en l'obtenció de  $\text{Cl}_2$  (g) el més convenient és:

- a) disminuir la pressió
  - b) augmentar la pressió
  - c) reduir la concentració de clorur d'hidrogen
  - d) augmentar la concentració d'aigua
- a) No, ja que si disminuim la pressió, segons el Principi de Le Chatelier l'equilibri es desplaça en el sentit de major nombre de mols gasosos, és a dir, cap als reactius i per tant disminuirà la quantitat de  $\text{Cl}_2$ .
- b) Sí, ja que si augmenta la pressió, segons el Principi de Le Chatelier l'equilibri es desplaça en el sentit de menor nombre de mols gasosos, és a dir, cap als productes i per tant augmentarà la quantitat de  $\text{Cl}_2$ .
- c) No, ja que si disminuim la concentració de clorur d'hidrogen, segons el Principi de Le Chatelier l'equilibri es desplaça cap als reactius per tal d'augmentar aquesta concentració, i per tant disminuirà la quantitat de  $\text{Cl}_2$ .
- d) No, ja que si augmenta la concentració d'aigua, segons el Principi de Le Chatelier l'equilibri es desplaça cap als reactius per tal de disminuir aquesta concentració, i per tant disminuirà la quantitat de  $\text{Cl}_2$ .

**34.** En un recipient tancat es troben en equilibri 0,32 mols de iode, 0,32 mols d'hidrogen i 2,36 mols d'iodur d'hidrogen.



Mantenint constant la temperatura, s'introdueix al recipient un mol més d'hidrogen molecular:

- a) Com reaccionarà el sistema?  
 b) Quants mols de cada gas hi haurà quan s'estableixi un nou equilibri? **R:** 1,122 mol d'hidrogen; 0,122 mol de iode i 2,756 mol de iodur d'hidrogen.

	$I_2(g)$	+	$H_2(g)$	$\rightleftharpoons$	$2 HI(g)$
$n_{E1}$	0,32		0,32		2,36
$n_i$	0,32		1,32		2,36
$n_R$	x		x		2x
$n_E$	0,32-x		1,32-x		2,36+2x

Segons el Principi de Le Chatelier si augmenta la concentració d'hidrogen l'equilibri es desplaça cap als productes:

Amb les concentracions de l'equilibri 1 calculam el valor de la constant d'equilibri:

$$K_c = \frac{[HI]^2}{[I_2][H_2]} = \frac{\left(\frac{2,36}{V}\right)^2}{\left(\frac{0,32}{V}\right)^2} = \frac{2,36^2}{0,32^2} = 54,39$$

Aplicam l'equació de la constant d'equilibri per a les concentracions de l'equilibri 2:

$$K_c = \frac{[HI]^2}{[I_2][H_2]}$$

$$54,39 = \frac{\left(\frac{2,36 + 2x}{V}\right)^2}{\left(\frac{0,32 - x}{V}\right)\left(\frac{1,32 - x}{V}\right)}$$

$$54,39 = \frac{5,5696 + 4x^2 + 9,44x}{0,4224 - 0,32x - 1,32x + x^2}$$

$$50,39x^2 - 98,64x + 17,4044 = 0$$

$$x = 1,122 \text{ i } 0,196 \text{ mol}$$

El nombre de mols de cada gas a l'equilibri és:

$$n_{I_2} = 0,124 \text{ mol}$$

$$n_{H_2} = 1,124 \text{ mol}$$

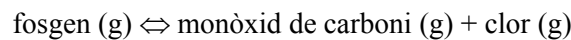
$$n_{HI} = 2,752 \text{ mol}$$

35. Calcula el valor de  $K_c$ , a  $500^\circ\text{C}$ , per a l'equilibri:



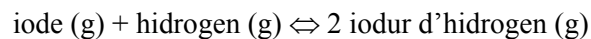
Sabent que l'anàlisi d'una mescla d'aquestes quatre substàncies, en equilibri, va donar  $[\text{aigua}] = [\text{hidrogen}] = 0,1\text{M}$ . S'hi afegeix hidrogen molecular fins que la seva concentració augmenta fins a  $0,2\text{M}$ . Quines seràn les concentracions dels gasos quan es restableixi l'equilibri? **R:**  $K_c = 1$ ;  $[\text{H}_2\text{O}] = [\text{H}_2] = 0,15\text{M}$

36. En un recipient de 2 litres es posen 198 grams de fosgen gas ( $\text{COCl}_2$ ) i s'escalfen fins a descompondre'ls parcialment:



Quan s'aconsegueix l'equilibri a una determinada temperatura, la concentració de monòxid de carboni és de  $0,4\text{ mol/l}$ . S'afegeix més fosgen al recipient, i quan es restableix de nou l'equilibri a la mateixa temperatura la seva concentració és d' $1,6\text{M}$ . Com s'haurà modificat la concentració de monòxid de carboni? **R:** haurà augmentat  $0,253\text{M}$

37. El iodur d'hidrogen es descompon segons l'equilibri següent:



Dins un recipient tancat en equilibri es troben:  $0,38$  mols de iode (g),  $0,08$  mols d'hidrogen (g) i  $1,24$  mols de iodur d'hidrogen (g).

Es retiren  $0,3$  mols de iode (g) i novament s'estableix l'equilibri.

Calculau el nombre de mols de cada gas a l'equilibri (que s'ha establert després de l'addició de l'hidrogen).

**R:**  $1,09$  mols de iodur d'hidrogen;  $0,15$  mols d'hidrogen;  $0,15$  mols de iode

	$\text{I}_2$ (g)	+	$\text{H}_2$ (g)	$\rightleftharpoons$	$2 \text{ HI(g)}$
$n_{E1}$	0,38		0,08		1,24
$n_i$	0,08		0,08		1,24
$n_R$	x		x		2x
$n_E$	$0,08+x$		$0,08+x$		$1,24-2x$

Segons el Principi de Le Chatelier si disminueix la concentració de iode l'equilibri es desplaça cap als reactius:

Amb les concentracions de l'equilibri 1 calculam el valor de la constant d'equilibri:

$$K_c = \frac{[\text{HI}]^2}{[\text{I}_2][\text{H}_2]} = \frac{\left(\frac{1,24}{V}\right)^2}{\left(\frac{0,38}{V}\right)\left(\frac{0,08}{V}\right)} = \frac{1,24^2}{0,38 \cdot 0,08} = 50,58$$

Aplicam l'equació de la constant d'equilibri per a les concentracions de l'equilibri 2:

$$K_c = \frac{[\text{HI}]^2}{[\text{I}_2][\text{H}_2]}$$

$$50,58 = \frac{\left(\frac{1,24 - 2x}{\sqrt{\quad}}\right)^2}{\left(\frac{0,08 + x}{\sqrt{\quad}}\right)^2}$$

$$\sqrt{50,58} = \frac{\sqrt{(1,24 - 2x)^2}}{\sqrt{(0,08 + x)^2}}$$

$$7,11 = \frac{1,24 - 2x}{0,08 + x}$$

$$9,11x = 0,67$$

$$x = 0,074 \text{ mol}$$

El nombre de mols de cada gas a l'equilibri és:

$$n_{I_2} = n_{H_2} = \boxed{0,15 \text{ mol}}$$

$$n_{HI} = \boxed{1,09 \text{ mol}}$$

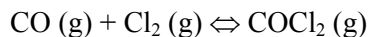
38. Per al següent equilibri: Pentaclorur de fòsfor (g)  $\Leftrightarrow$  Triclorur de fòsfor (g) + clor (g)  $\Delta H < 0$

Indica l'efecte que produeix sobre la concentració de pentaclorur de fòsfor i sobre el grau de dissociació del pentaclorur de fòsfor cadascuna de les modificacions següents:

- b) Increment de la temperatura
- c) Disminució del volum del recipient
- d) Addició de clor
- e) Disminució de la pressió
- f) S'afegeix He.

- a) Segons el principi de Le Chatelier si s'augmenta la temperatura l'equilibri es desplaça cap al sentit de la reacció endotèrmica, és a dir, cap als reactius. La  $[PCl_5]$  augmentarà i el grau de dissociació disminuirà ja que disminueix el nombre de mols de reactiu que es dissocien.
  - b) Segons el principi de Le Chatelier si es disminueix el volum del recipient l'equilibri es desplaça cap al sentit de menor nombre de mols gasosos, és a dir, cap als reactius. La  $[PCl_5]$  augmentarà i el grau de dissociació disminuirà.
  - c) Segons el principi de Le Chatelier si s'afegeix clor l'equilibri es desplaça cap als reactius. La  $[PCl_5]$  augmentarà i el grau de dissociació disminuirà.
  - d) Segons el principi de Le Chatelier si disminueix la pressió l'equilibri es desplaça cap al sentit de major nombre de mols gasosos, és a dir, cap als productes. La  $[PCl_5]$  disminuirà i el grau de dissociació augmentarà.
  - e) A volum i temperatura constants, l'addició d'heli no modifica l'equilibri ja que les concentracions de reactius i productes no varien i per tant tampoc ho fa el quocient de reacció. La  $[PCl_5]$  i el grau de dissociació no variaran.
- A pressió i temperatura constants l'addició d'heli suposa augmentar el volum del sistema i, segons el Principi de Le Chatelier, l'equilibri es desplaça cap el sentit de major nombre de mols de gas, és a dir, cap als productes. La  $[PCl_5]$  disminuirà i el grau de dissociació augmentarà.

39. En el sistema en equilibri:



Les concentracions són  $[\text{CO}] = 2 \text{ mol/l}$ ;  $[\text{Cl}_2] = 2 \text{ mol/l}$ ;  $[\text{COCl}_2] = 20 \text{ mol/l}$ . Calcula les concentracions de tots els components quan:

- Es duplica el volum.
- Es duplica la pressió.
- S'afegeix 1 mol/l de clor.

a)

	CO (g)	+	Cl <sub>2</sub> (g)	⇌	COCl <sub>2</sub> (g)
[ ] <sub>E1</sub>	2		2		20
[ ] <sub>i</sub>	1		1		10
[ ] <sub>R</sub>	x		x		x
[ ] <sub>E2</sub>	1+x		1+x		10-x

*Si es duplica el volum les concentracions es redueixen a la meitat. Segons el principi de Le Chatelier si el volum augmenta l'equilibri es desplaça cap al sentit de major nombre de mols gasosos, és a dir cap als reactius.*

*Amb les concentracions de l'equilibri 1 calculam el valor de la constant d'equilibri:*

$$K_c = \frac{[\text{COCl}_2]}{[\text{CO}][\text{Cl}_2]} = \frac{20}{2 \cdot 2} = 5 \text{ l/mol}$$

*Aplicam l'equació de la constant d'equilibri per a les concentracions de l'equilibri 2:*

$$K_c = \frac{[\text{COCl}_2]}{[\text{CO}][\text{Cl}_2]}$$

$$5 = \frac{10 - x}{(1 + x)^2}$$

$$5 \cdot (1 + x^2 + 2x) = 10 - x$$

$$5x^2 + 11x - 5 = 0$$

$$x = 0,387 \text{ mol/l}$$

*Les concentracions en equilibri són:*

$$[\text{CO}] = [\text{Cl}_2] = \boxed{1,387 \text{ mol/l}}$$

$$[\text{COCl}_2] = \boxed{9,613 \text{ mol/l}}$$

b)

	CO (g)	+	Cl <sub>2</sub> (g)	⇌	COCl <sub>2</sub> (g)
[ ] <sub>E1</sub>	2		2		20
[ ] <sub>i</sub>	4		4		40
[ ] <sub>R</sub>	x		x		x
[ ] <sub>E2</sub>	4-x		4-x		40+x

Si es duplica la pressió el volum es redueix a la meitat, ja que segons la llei dels gasos ideals:

$$P \cdot V = n \cdot R \cdot T$$

si  $T$  i  $n$  constants el producte  $P \cdot V$  ha de romandre constant:

$$P \cdot V = \text{constant}$$

si  $P = 2P$  per què es compleixi que  $P \cdot V = \text{constant}$ ,  $V$  ha de ser igual a  $V/2$ .

Si el volum es redueix a la meitat les concentracions es dupliquen. Segons el Principi de Le Chatelier si el volum disminueix l'equilibri es desplaça cap al sentit de menor nombre de mols gasosos, és a dir, cap al producte.

$$K_c = \frac{[\text{COCl}_2]}{[\text{CO}][\text{Cl}_2]}$$

$$5 = \frac{40 + x}{(4 - x)^2}$$

$$5 \cdot (16 + x^2 - 8x) = 40 - x$$

$$5x^2 - 41x + 40 = 0$$

$$x = 7,068 \text{ i } 1,132 \text{ mol/l}$$

Les concentracions en equilibri són:

$$[\text{CO}] = [\text{Cl}_2] = 2,868 \text{ mol/l}$$

$$[\text{COCl}_2] = 41,132 \text{ mol/l}$$

c)

	CO (g)	+	Cl <sub>2</sub> (g)	⇌	COCl <sub>2</sub> (g)
[ ] <sub>E1</sub>	2		2		20
[ ] <sub>i</sub>	2		3		20
[ ] <sub>R</sub>	x		x		x
[ ] <sub>E2</sub>	2-x		3-x		20+x

Segons el Principi de Le Chatelier si la concentració de clor augmenta l'equilibri es desplaça cap al producte.

$$K_c = \frac{[\text{COCl}_2]}{[\text{CO}][\text{Cl}_2]}$$

$$5 = \frac{20 + x}{(2 - x) \cdot (3 - x)}$$

$$5 \cdot (6 + x^2 - 5x) = 20 + x$$

$$5x^2 - 26x + 10 = 0$$

$$x = 0,418 \text{ mol/l}$$

Les concentracions en equilibri són:

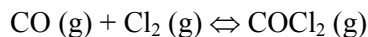
$$[\text{CO}] = 1,582 \text{ mol/l}$$

$$[\text{Cl}_2] = 2,582 \text{ mol/l}$$

$$[\text{COCl}_2] = 20,418 \text{ mol/l}$$



40. Per al següent equilibri:



Indica, de forma raonada, quatre formes d'augmentar la concentració de fosgen (COCl<sub>2</sub>).

- Augmentant la pressió, ja que segons el principi de Le Chatelier l'equilibri es desplaça cap al sentit de menor nombre de mols gasosos, és a dir, cap a la formació de fosgè.
- Disminuint el volum del recipient, ja que segons el principi de Le Chatelier l'equilibri es desplaça cap al sentit de menor nombre de mols gasosos, és a dir, cap a la formació de fosgè.
- Augmentant la concentració de CO ja que segons el principi de Le Chatelier l'equilibri es desplaça cap als productes.
- Augmentant la concentració de Cl<sub>2</sub> ja que segons el principi de Le Chatelier l'equilibri es desplaça cap als productes.

### Càlculs d'equilibri amb pressions

41. A 800 K la K<sub>c</sub> per la següent reacció:



val 0,016. En una mescla en equilibri, calcula:

- La concentració d'iodur d'hidrogen si la pressió total és de 1 atm. **R:** 0,012 mol/l
- Les concentracions de les substàncies si es duplica la pressió del sistema. **R:** [H<sub>2</sub>]=[I<sub>2</sub>]=0,0031 mol/l; [HI]=0,024 mol/l

T=800K		2 HI(g)	⇌	I <sub>2</sub> (g)	+	H <sub>2</sub> (g)
K <sub>c</sub> =0,016		P <sub>o</sub>				
P <sub>Teq</sub> =1 atm	P <sub>i</sub>	2x		x		x
[HI]=?	P <sub>R</sub>	P <sub>o</sub> -2x		x		x
	P <sub>E</sub>					

$$K_p = K_c \cdot (R \cdot T)^{\Delta n}$$

$$K_p = 0,016 \cdot (0,082 \cdot 800)^0$$

$$K_p = 0,016$$

$$\left. \begin{array}{l} P_{\text{Teq}} = P_o - 2x + 2x \\ K_p = \frac{P_{\text{I}_2} \cdot P_{\text{H}_2}}{P_{\text{HI}}^2} \end{array} \right\} \left. \begin{array}{l} P_o = 1 \text{ atm} \\ 0,016 = \frac{x^2}{(1-2x)^2} \end{array} \right\} \sqrt{0,016} = \sqrt{\frac{x^2}{(1-2x)^2}}$$

$$0,126 = \frac{x}{1-2x}$$

$$0,126 \cdot (1-2x) = x$$

$$x = 0,1 \text{ atm}$$

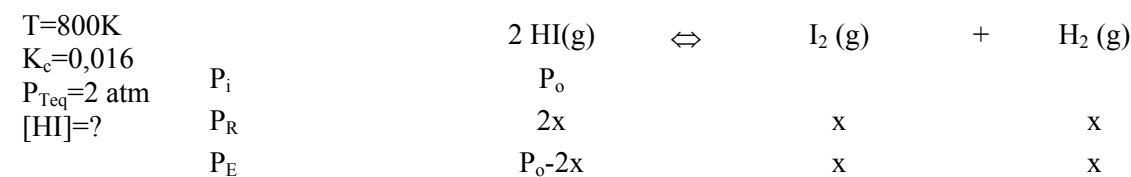
$$P_{\text{HI}} = P_o - 2x = 1 - 0,2 = 0,8 \text{ atm}$$

$$P_{\text{HI}} = [\text{HI}] \cdot R \cdot T$$

$$0,8 = [\text{HI}] \cdot 0,082 \cdot 800$$

$$\boxed{[\text{HI}] = 0,012 \text{ mol/l}}$$

b)



$$P_{\text{Teq}} = P_o - 2x + 2x \quad \left. \begin{array}{l} P_o = 2 \text{ atm} \\ 0,016 = \frac{x^2}{(2 - 2x)^2} \end{array} \right\} \quad \sqrt{0,016} = \sqrt{\frac{x^2}{(2 - 2x)^2}}$$

$$K_p = \frac{P_{\text{I}_2} \cdot P_{\text{H}_2}}{P_{\text{HI}}^2}$$

$$0,126 = \frac{x}{2 - 2x}$$

$$0,126 \cdot (2 - 2x) = x$$

$$x = 0,2 \text{ atm}$$

$$P_{\text{HI}} = P_o - 2x = 2 - 0,4 = 1,6 \text{ atm}$$

$$P_{\text{HI}} = [\text{HI}] \cdot R \cdot T$$

$$1,6 = [\text{HI}] \cdot 0,082 \cdot 800$$

$$\boxed{[\text{HI}] = 0,024 \text{ mol/l}}$$

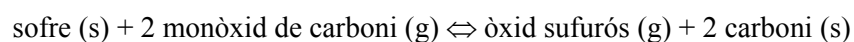
$$P_{\text{I}_2} = P_{\text{H}_2} = x = 0,2 \text{ atm}$$

$$P_{\text{I}_2} = [\text{I}_2] \cdot R \cdot T$$

$$0,2 = [\text{I}_2] \cdot 0,082 \cdot 800$$

$$\boxed{[\text{H}_2] = [\text{I}_2] = 0,0031 \text{ mol/l}}$$

42. La  $K_p$  per al següent equilibri és  $270 \text{ atm}^{-1}$  a una certa temperatura:



Calcula la pressió parcial de òxid sulfurós en l'equilibri si saps que inicialment el recipient contenia sofre (s) i monòxid de carboni (g) a la pressió de 2 atm. **R:** 0,97 atm

43. Els gasos amoníac i clorur d'hidrogen es combinen per formar clorur d'amoni sòlid. La constant d'equilibri per a la reacció és  $K_p = 17,8 \text{ atm}^{-2}$  a  $300^\circ\text{C}$ .



Indica si es forma clorur d'amoni sòlid quan es mescla amoníac i clorur d'hidrogen si les pressions inicials són:

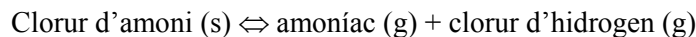
a)  $P(\text{amoníac}) = 684 \text{ mm Hg}$  i  $P(\text{clorur d'hidrogen}) = 912 \text{ mm Hg}$

b)  $P(\text{amoníac}) = 30,4 \text{ mm Hg}$  i  $P(\text{clorur d'hidrogen}) = 22,8 \text{ mm Hg}$

En cas afirmatiu calcula les pressions parcials un cop assolit l'equilibri.

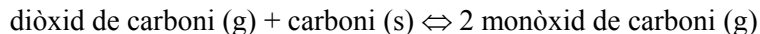
**R:** a) Si;  $P(\text{amoníac}) = 0,13 \text{ atm}$ ;  $P(\text{clorur d'hidrogen}) = 0,43 \text{ atm}$ ; b) No

44. Per a la reacció de descomposició del clorur d'amoni sòlid:



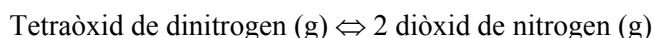
La constant d'equilibri  $K_p$  val  $6 \cdot 10^{-9} \text{ atm}^2$  a 400 K. Calcula les pressions parcials d'amoníac i de clorur d'hidrogen produïts en la descomposició d'una mostra de clorur d'amoni sòlid, a 400 K, un cop assolit l'equilibri. **R:**  $7,75 \cdot 10^{-5} \text{ atm}$

45. A  $1000^\circ\text{C}$  la reacció



té una  $K_p=1,65 \text{ atm}$ . Si en equilibri, a aquesta temperatura, la pressió total és de 5 atm, calcular el percentatge de diòxid de carboni que ha reaccionat. **R:** 27,6 %

46. El tetraòxid de dinitrogen es dissocia en diòxid de nitrogen assolint un equilibri entre ambdós gasos.



A  $27^\circ\text{C}$  i 1 atm el tetraòxid de dinitrogen està dissociat un 20%. Calcula: a)  $K_p$  en aquesta temperatura; b) el grau de dissociació quan introduïm 138 g de tetraòxid de dinitrogen en un recipient de 30 l a  $27^\circ\text{C}$ . **R:** a) 0,166 atm; b) 0,166

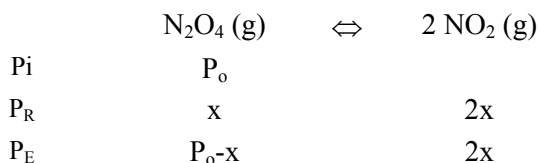
a)

$$T=300\text{K}$$

$$P_{\text{Teq}}=1 \text{ atm}$$

$$\alpha=0,2$$

$$K_p=?$$



$$\left. \begin{array}{l} P_{\text{Teq}} = P_o - x + 2x \\ \alpha = \frac{x}{P_o} \end{array} \right\} \left. \begin{array}{l} P_o + x = 1 \\ 0,2 = \frac{x}{P_o} \end{array} \right\} \left. \begin{array}{l} P_o + 0,2P_o = 1 \rightarrow P_o = \frac{1}{1,2} = 0,83 \text{ atm} \rightarrow x = 0,2 \cdot 0,83 = 0,166 \text{ atm} \\ x = 0,2 \cdot P_o \end{array} \right\}$$

$$K_p = \frac{P_{\text{NO}_2}^2}{P_{\text{N}_2\text{O}_4}} = \frac{(2 \cdot 0,166)^2}{0,83 - 0,166} = \boxed{0,167 \text{ atm}}$$

b)

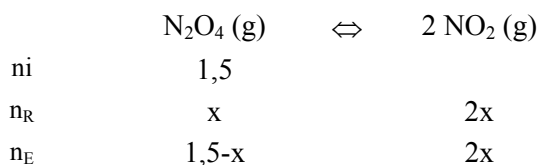
$$138 \text{ g N}_2\text{O}_4$$

$$V=30 \text{ l}$$

$$T=27^\circ\text{C}=300 \text{ K}$$

$$\alpha=?$$

$$138 \text{ g N}_2\text{O}_4 \frac{1 \text{ mol N}_2\text{O}_4}{92 \text{ g N}_2\text{O}_4} = 1,5 \text{ mol N}_2\text{O}_4$$



$$K_p = K_c \cdot (R \cdot T)^{\Delta n}$$

$$0,167 = K_c \cdot (0,082 \cdot 300)^1$$

$$K_c = 0,0068 \text{ mol/l}$$

$$K_c = \frac{[\text{NO}_2]^2}{[\text{N}_2\text{O}_4]}$$

$$0,0068 = \frac{4x^2}{\frac{30^2}{1,5-x}}$$

$$0,0068 = \frac{4x^2}{1,5-x}$$

$$0,01 - 0,0068x = \frac{4x^2}{30}$$

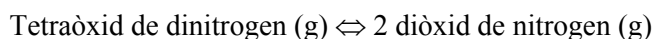
$$4x^2 + 0,204x - 0,3 = 0$$

$$x = 0,25 \text{ mol}$$

$$\alpha = \frac{x}{n_1}$$

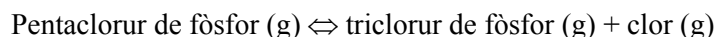
$$\alpha = \frac{0,25}{1,5} = 0,166$$

47. A 25°C, la constant Kp per la descomposició del tetraòxid de dinitrogen en diòxid de nitrogen és igual a 0,141 atm.



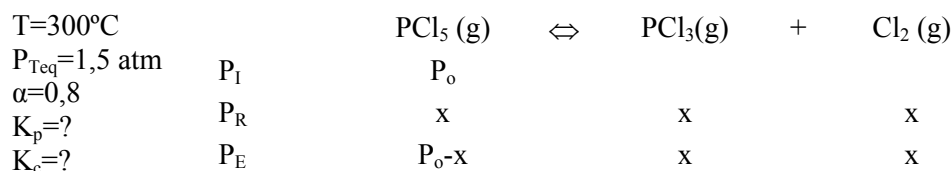
Calcular la pressió total dins un recipient que conté els dos gasos en equilibri si el tetraòxid està dissociat un 50%. **R:** 0,106 atm.

48. A 300°C i 1,5 atm de pressió total, el pentaclorur de fòsfor gas està dissociat en un 80% en triclorur de fòsfor i clor.



Calcular:

- a) Kp i Kc. **R:** 2,66 atm; 0,057 mol/l  
b) Kp a 300°C i 3 atm **R:** 2,66 atm



$$\left. \begin{array}{l} P_{\text{Teq}} = P_o - x + x + x \\ \alpha = \frac{x}{P_o} \end{array} \right\} \left. \begin{array}{l} P_o + x = 1,5 \\ 0,8 = \frac{x}{P_o} \end{array} \right\} x = 0,8 \cdot P_o$$

$$P_o + 0,8P_o = 1,5 \rightarrow P_o = \frac{1,5}{1,8} = 0,83 \text{ atm} \rightarrow x = 0,8 \cdot 0,83 = 0,667 \text{ atm}$$

$$K_p = \frac{P_{\text{PCl}_3} \cdot P_{\text{Cl}_2}}{P_{\text{PCl}_5}} = \frac{(0,667)^2}{0,83 - 0,667} = \boxed{2,677 \text{ atm}}$$

$$K_p = K_c \cdot (R \cdot T)^{\Delta n}$$

$$2,677 = K_c \cdot (0,082 \cdot 573)^1$$

$$\boxed{K_c = 0,057 \text{ mol/l}}$$

b) El valor de  $K_p$  a  $300^\circ\text{C}$  i  $3 \text{ atm}$  serà igual al valor calculat a l'apartat anterior perquè la temperatura no ha variat, per tant  $\boxed{K_p = 2,677 \text{ atm}}$

49. A la temperatura de  $400^\circ\text{C}$  i pressió de  $10 \text{ atm}$ , l'amoniac està dissociat en un 90%:



Calcular:

a)  $K_c$  i  $K_p$ . **R:**  $3073 \text{ atm}^2$ ;  $1 \text{ mol}^2/\text{l}^2$

b) Si  $\Delta H = -92,4 \text{ kJ}$  què val  $\Delta S$ . **R:**  $-0,137 \text{ kJ/K}$

a)

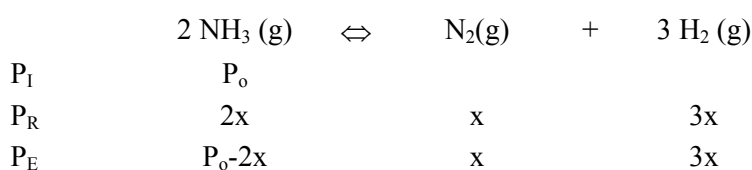
$$T = 400^\circ\text{C}$$

$$P_{\text{Teq}} = 10 \text{ atm}$$

$$\alpha = 0,9$$

$$K_p = ?$$

$$K_c = ?$$



$$\left. \begin{array}{l} P_{\text{Teq}} = P_o - 2x + x + 3x \\ \alpha = \frac{2x}{P_o} \end{array} \right\} \left. \begin{array}{l} P_o + 2x = 10 \\ 0,9 = \frac{2x}{P_o} \end{array} \right\} \left. \begin{array}{l} P_o + 0,9P_o = 10 \rightarrow P_o = \frac{10}{1,9} = 5,263 \text{ atm} \rightarrow x = 0,45 \cdot P_o = 0,45 \cdot 5,263 = 2,368 \text{ atm} \\ x = 0,45 \cdot P_o \end{array} \right\}$$

$$K_p = \frac{P_{\text{N}_2} \cdot P_{\text{H}_2}^3}{P_{\text{NH}_3}^2} = \frac{2,368 \cdot (3 \cdot 2,368)^3}{(5,263 - 2 \cdot 2,368)^2} = \boxed{3057 \text{ atm}^2}$$

$$K_p = K_c \cdot (R \cdot T)^{\Delta n}$$

$$3057 = K_c \cdot (0,082 \cdot 673)^2$$

$$\boxed{K_c = 1 \text{ mol}^2/\text{l}^2}$$

b)

$$\Delta G = \Delta H - T \cdot \Delta S$$

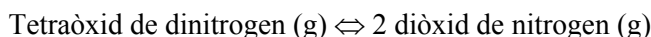
Com el sistema es troba en equilibri es compleix que  $\Delta G = 0$ , per tant:

$$\Delta G = \Delta H - T \cdot \Delta S$$

$$0 = -92,4 - 673 \cdot \Delta S$$

$$\boxed{\Delta S = -0,137 \text{ kJ/K}}$$

50. A 1000°C la reacció



té una  $K_p=1,65$  atm. Si en l'equilibri, a aquesta temperatura, la pressió total és de 5 atm, calcular el grau de dissociació del tetraòxid de dinitrogen. **R:** 0,276

$T=1000^\circ\text{C}$		$\text{N}_2\text{O}_4$ (g)	$\rightleftharpoons$	$2 \text{NO}_2$ (g)
$P_{\text{Teq}}=5$ atm		$P_o$		
$\alpha=?$	$P_i$	$x$		$2x$
$K_p=1,65$ atm	$P_R$	$P_o-x$		$2x$
	$P_E$			

$P_{\text{Teq}}=P_o-x+2x$	}	$P_o+x=5$	}	$P_o=5-x$
$K_p = \frac{P_{\text{NO}_2}^2}{P_{\text{N}_2\text{O}_4}}$		$1,65 = \frac{4x^2}{P_o - x}$		$1,65 = \frac{4x^2}{5 - x - x}$

$$1,65 = \frac{4x^2}{5 - 2x}$$

$$1,65 \cdot (5 - 2x) = 4x^2$$

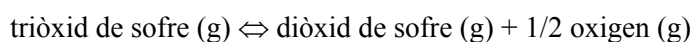
$$4x^2 + 3,3x - 8,25 = 0$$

$$x = 1,082 \text{ atm}$$

$$P_o = 5 - x = 5 - 1,082 = 3,918 \text{ atm}$$

$$\alpha = \frac{x}{P_o} = \frac{1,082}{3,918} = \boxed{0,276}$$

51. A 1000 K i 1 atm de pressió total el triòxid de sofre gas està dissociat un 40% en diòxid de sofre gas i oxigen gas.



Calcula en l'equilibri les pressions parcials dels gasos i  $K_p$ . **R:**  $P(\text{oxigen})=0,16$  atm;  $P(\text{diòxid de sofre})=0,33$  atm;  $P(\text{triòxid de sofre})=0,5$  atm;  $0,27 \text{ atm}^{1/2}$

$T=1000\text{K}$		$\text{SO}_3$ (g)	$\rightleftharpoons$	$\text{SO}_2$ (g)	+	$1/2 \text{O}_2$ (g)
$P_{\text{Teq}}=1$ atm		$P_o$				
$\alpha=0,4$	$P_i$	$x$		$x$		$0,5x$
$K_p=?$	$P_R$	$P_o-x$		$x$		$0,5x$
$P_{\text{SO}_3}=?$	$P_E$					
$P_{\text{SO}_2}=?$						
$P_{\text{O}_2}=?$						

$P_{\text{Teq}}=P_o-x+x+0,5x$	}	$P_o+0,5x=1$	}	$P_o+0,5 \cdot 0,4 P_o=1 \rightarrow P_o+0,2 P_o=1$	$1,2 P_o=1$	$P_o = \frac{1}{1,2} = 0,833 \text{ atm}$
$\alpha = \frac{x}{P_o}$		$0,4 = \frac{x}{P_o}$		$x = 0,4 \cdot P_o$		

$$x = 0,4 \cdot P_0 = 0,4 \cdot 0,833 = 0,333 \text{ atm}$$

Les pressions parcials dels gasos en equilibri són:

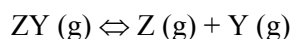
$$P_{\text{SO}_3} = 0,833 - 0,333 = \boxed{0,5 \text{ atm}}$$

$$\boxed{P_{\text{SO}_2} = 0,333 \text{ atm}}$$

$$\boxed{P_{\text{O}_2} = 0,17 \text{ atm}}$$

$$K_p = \frac{P_{\text{SO}_2} \cdot P_{\text{O}_2}^{1/2}}{P_{\text{SO}_3}} = \frac{0,333 \cdot 0,17^{1/2}}{0,5} = \boxed{0,27 \text{ atm}^{1/2}}$$

52. A la temperatura de 100°C i 1 atm de pressió, el compost ZY està dissociat un 10% segons la reacció:



Calcula el grau de dissociació si se manté constant la temperatura i s'augmenta la pressió fins 5 atm. **R:** 0,048

53. A 200°C i 1 atm el pentaclorur de fòsfor es dissocia un 48,5%. Calcula el grau de dissociació a la mateixa temperatura però a una pressió de 10 atm. **R:** 0,17

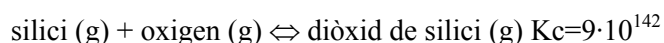
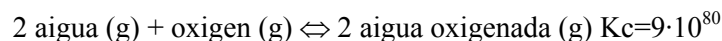
### Concepte d'equilibri

54. Per a la reacció de dissociació de l'oxigen molecular:



Kc val  $10^{-34}$  mol/l, a 25°C. Raona si l'oxigen de l'habitació es troba en forma atòmica o molecular.

55. Indica quina d'aquestes reaccions està més desplaçada cap a la dreta:



*El valor de la constant d'equilibri indica en quin grau els reactius s'han transformat en productes una vegada assolit l'equilibri, de tal manera que com major és el valor de la constant d'equilibri major és el grau de conversió dels reactius en productes. Per tant, la reacció més desplaçada cap a la dreta és la tercera perquè té el valor més elevat de K.*

56. Indica si les següents frases són vertaderes o falses i justifica la resposta:

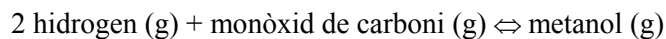
- Si la constant d'equilibri d'una reacció és elevada, significa que els productes s'obtenen ràpidament.
- La constant d'equilibri d'una reacció és constant, és a dir, no depèn de res, excepte de la naturalesa de la reacció en qüestió.
- Quan una reacció reversible aconsegueix l'equilibri, encara que la quantitat total de productes i reactius no varia, se segueix produint les reaccions directa i inversa.

*a) Aquesta afirmació és falsa, un valor elevat de la constant d'equilibri indica que la mescla en equilibri conté elevades proporcions de productes respecte de reactius, però no indica res respecte de les velocitats de les reaccions directa i inversa.*

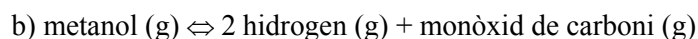
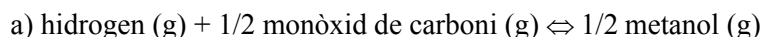
b) *Aquesta afirmació és falsa, la constant d'equilibri també depèn de la temperatura.*

c) *Aquesta afirmació és vertadera, es tracta d'un equilibri dinàmic, és a dir, quan s'aconsegueix l'equilibri es continuen produïnt tant la reacció directa com inversa, però totes dues ocorren a la mateixa velocitat, per això les concentracions del productes i reactius no varien.*

57. La constant d'equilibri de la reacció representada per l'equació química:

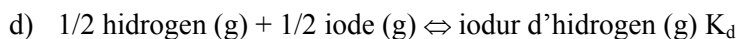
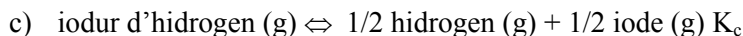
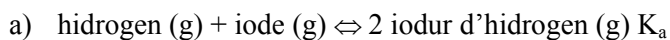


a 425°C val  $K_c = 300 \text{ l}^2/\text{mol}^2$ . Quina és la constant d'equilibri per a aquesta reacció si es representa per mitjà de les equacions següents?



**R:** a) 17,32 l/mol; 0,0033 mol<sup>2</sup>/l<sup>2</sup>

58. Estableix les relacions matemàtiques que existeixen entre  $K_a$  i la resta de constants d'equilibri:



equilibri b = - equilibri a

$$K_b = K_a^{-1}$$

$$K_b = \frac{1}{K_a}$$

equilibri c = - 1/2 equilibri a

$$K_b = K_a^{-1/2}$$

$$K_b = \frac{1}{K_a^{1/2}}$$

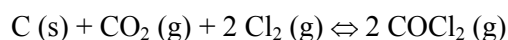
$$K_b = \frac{1}{\sqrt{K_a}}$$

equilibri d = 1/2 equilibri a

$$K_b = K_a^{1/2}$$

$$K_b = \sqrt{K_a}$$

59. Determina la constant d'equilibri a 1120 K de l'equilibri:

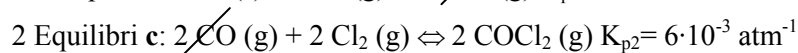
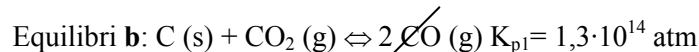
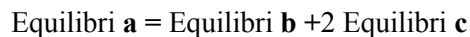
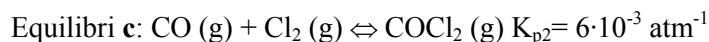
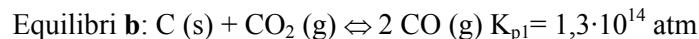
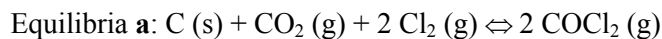


A partir de les constants d'equilibri, a 1120 K, següents:



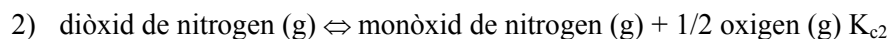
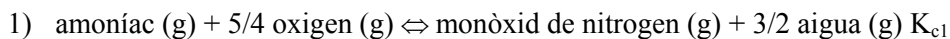
**R:**  $4,68 \cdot 10^9 \text{ atm}^{-1}$



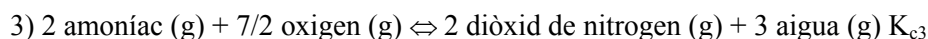


$$K_a = K_b \cdot K_c^2 = 1,3 \cdot 10^{14} \cdot (6 \cdot 10^{-3})^2 = \boxed{4,68 \cdot 10^9 \text{ atm}^{-1}}$$

**60.** Atesos els equilibris químics representats per les equacions següents:

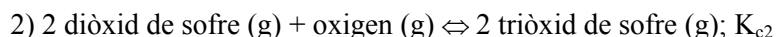
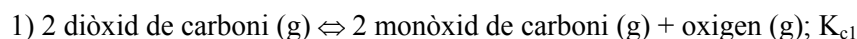


calcula en funció de  $K_{c1}$  i  $K_{c2}$ , el valor de la constant d'equilibri,  $K_{c3}$  del procés representat per l'equació química següent:

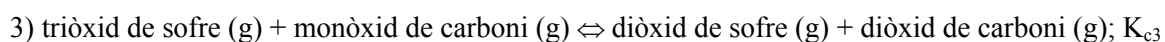


**R:**  $K_{c1}^2 / K_{c2}^2$

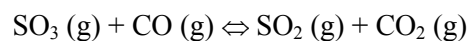
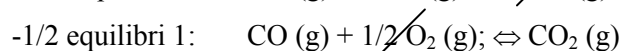
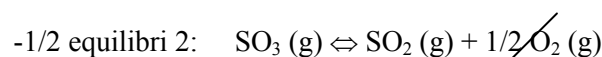
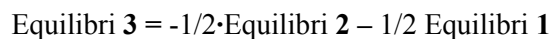
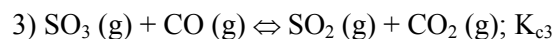
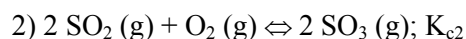
**61.** Ateses les equacions químiques següents:



indica en funció de  $K_{c1}$  i  $K_{c2}$ , l'expressió de la constant d'equilibri de l'equilibri químic representat per l'equació següent:



**R:**  $K_{c3} = 1 / K_{c1}^{1/2} \cdot K_{c2}^{1/2}$



$$K_{c3} = \frac{1}{K_{c2}^{1/2} \cdot K_{c1}^{1/2}} = \boxed{\frac{1}{\sqrt{K_{c2} \cdot K_{c1}}}}$$