**16.** In un recipiente alla temperatura di 295 K è presente una miscela di  $N_2O_4$  e  $NO_2$  alle pressioni rispettivamente di 2,4 atm e 1,2 atm.

$$N_2O_{4(g)} \rightleftharpoons 2 NO_{2(g)}$$

La  $K_p$  della reazione è uguale a 0,98 atm. Stabilire se  $NO_2$  tende ad aumentare o a diminuire la propria pressione.

**17.** Una miscela di reazione contiene 0,3 moli di SO<sub>2</sub>, 0,16 moli di Cl<sub>2</sub> e 0,5 moli di SO<sub>2</sub>Cl<sub>2</sub> in un contenitore di 2 L:

$$SO_2Cl_{2(g)} \rightleftharpoons SO_{2(g)} + Cl_{2(g)}$$

In che direzione si sposta il sistema per raggiungere l'equilibrio se la  $K_c$  della reazione è uguale a 0,011.

**18.** Una miscela di reazione contiene 0,12 moli, di PCl<sub>5</sub>, 0,9 moli di PCl<sub>3</sub> e 0,45 moli di Cl<sub>2</sub> in un contenitore di 5 L:

$$PCl_{5(g)} \rightleftharpoons PCl_{3(g)} + Cl_{2(g)}$$

In che direzione si sposta il sistema per raggiungere l'equilibrio se la  $K_c$  della reazione è uguale a 0,56.

## Concentrazione all'equilibrio di una specie chimica ▶ p. 365

**19.** Calcolare la concentrazione di SO<sub>3</sub> nella reazione di di ossidazione del diossido di zolfo:

$$2 SO_{2(g)} + O_{2(g)} \longrightarrow 2 SO_{3(g)}$$

sapendo che all'equilibrio le concentrazioni di  $SO_2$  e  $O_2$  sono uguali a 0,05 mol/L e la  $K_c$  è uguale a 85  $(\text{mol/L})^{-1}$ .

20. Calcolare la concentrazione di PCl<sub>3</sub> e di Cl<sub>2</sub> nella reazione di analisi del pentacloruro di fosforo:

$$PCl_{5(g)} \Longrightarrow PCl_{3(g)} + Cl_{2(g)}$$

sapendo che all'equilibrio la concentrazione di  $PCl_5$  è uguale a 0,015 mol/L e che la  $K_c$  è uguale a 0,041 mol/L.

21. Calcolare la concentrazione di HI e I<sub>2</sub> nella reazione di analisi dello ioduro di idrogeno:

$$2 HI_{(g)} \longrightarrow H_{2(g)} + I_{2(g)}$$

sapendo che all'equilibrio la concentrazione di  $H_2$  è uguale a 0,5 mol/L e che la  $K_c$  è uguale a 0,02.

**22.** Calcolare la concentrazione di HF e di F<sub>2</sub> nella reazione di analisi del fluoruro di idrogeno:

$$2 HF_{(g)} \longrightarrow H_{2(g)} + F_{2(g)}$$

sapendo che all'equilibrio la concentrazione di  $H_2$  è uguale a 0,5 mol/L e che la  $K_c$  è uguale a 0,02.

**23.** Calcolare la concentrazione di HI nella reazione di analisi dello ioduro di idrogeno:

$$2 HI_{(g)} \longrightarrow H_{2(g)} + I_{2(g)}$$

- sapendo che all'equilibrio le concentrazioni di  $H_2$  e  $I_2$  sono uguali a  $2 \cdot 10^{-4}$  mol/L e che la  $K_c$  è uguale a  $1.4 \cdot 10^{-2}$ .
- **24.** Calcolare la concentrazione di PCl<sub>5</sub> nella reazione di analisi del pentacloruro di fosforo:

$$PCl_{5(g)} \longrightarrow PCl_{3(g)} + Cl_{2(g)}$$

sapendo che in un recipiente di 2 L a 700 K sono presenti all'equilibrio  $0.1 \text{ mol di PCl}_3 e 0.2 \text{ mol di Cl}_2 e la costante <math>K_c$  è uguale a 10 mol/L.

## Tabelle dell'equilibrio

**p**. 366

**25.** In un recipiente da 1 L s'introducono 0,5 moli di N<sub>2</sub>O<sub>4</sub>. In seguito alla reazione:

$$N_2O_{4(g)} \rightleftharpoons 2 NO_{2(g)}$$

all'equilibrio sono presenti 0,427 moli di  $N_2O_4$ . Calcolare il valore di  $K_c$ .

**26.** In un recipiente di 1 L s'introducono 0,075 moli di  $CO_2$  e 0,044 moli di  $H_2$ . Dopo aver portato il sistema alla temperatura di 1525 K si ha la reazione:

$$CO_{2(g)} + H_{2(g)} \xrightarrow{\longleftarrow} CO_{(g)} + H_2O_{(g)}$$

Sapendo che all'equilibrio sono presenti 0,045 moli di  $CO_2$ , calcolare il valore di  $K_c$ .

**27.** In un recipiente da 1 L s'introducono 1 mole di  $N_2$  e 3 moli di  $H_2$  e si porta la temperatura a 100°C. In seguito alla reazione:

$$N_{2(g)} + 3 H_{2(g)} \longleftrightarrow 2 NH_{3(g)}$$

all'equilibrio sono presenti 0,96 moli di NH<sub>3</sub>. Calcolare il valore di  $K_c$  e di  $K_p$ .

**28.** In un recipiente di 1 L s'introducono 92 g di NO<sub>2</sub>. In seguito alla reazione:

$$2 \text{ NO}_{2(g)} \longrightarrow N_2 O_{4(g)}$$

all'equilibrio sono presenti 0,5 moli di  $N_2O_4$ . Calcolare il valore di  $K_c$ .

**29.** In un recipiente di 10 L s'introducono 30,45 g di HI che ad una data temperatura si decompone secondo la reazione:

$$2 HI_{(g)} \longrightarrow H_{2(g)} + I_{2(g)}$$

Sapendo che all'equilibrio sono presenti 0,0275 moli di  $I_2$ , calcolare il valore di  $K_c$ .

**30.** In un recipiente da 5 L a 400 °C s'introduce una mole di NH<sub>3</sub>. Quando la reazione:

$$2 \text{ NH}_{3(g)} \longleftrightarrow N_{2(g)} + 3 \text{ H}_{2(g)}$$

ha raggiunto l'equilibrio sono presenti 0,086 moli di  $N_2$ . Calcolare il valore di  $K_c$  e  $K_p$ .

**31.** In un recipiente da 5 L alla temperatura di 2000 °C viene introdotta 1 mole di  $N_2$  e 1 mole di  $O_2$ . Quanti moli di NO saranno presenti all'equilibrio sapendo che il valore di  $K_c$  è uguale a 0,10.

40. Stabilire come si modifica l'equilibrio della

$$CO_{2(g)} + H_{2(g)} \longrightarrow CO_{(g)} + H_2O_{(g)}$$
per le seguenti variazioni di concentrazione:

a) sottrazione di idrogeno

- b) aggiunta di monossido di carbonio
- c) aggiunta di biossido di carbonio
- pressione, nelle seguenti reazioni che hanno 41. Stabilire quale effetto esercita un aumento

raggiunto l'equilibrio:

- a)  $2 H_{2(g)} + 2 MO_{(g)} \longrightarrow 2 MO_{(g)} + 2 H_2O_{(g)}$
- raggiunto l'equilibrio: temperatura sulle seguenti reazioni che harma 42. Determinare quale effetto ha un aumerra

 $M_{2(g)} = H\Delta_{2(g)} = H\Delta_{2(g)} + A\Delta_{2(g)} = A\Delta_{2$ 

- P = -276 Mb) 4 HBr(g) +  $O_{2(g)} \longleftrightarrow 2 H_2O_{(g)} + 2 Br_{2g}$
- nella reazione: peratura sulla concentrazione dell'idrogene 43. Stabilire quale effetto avrà un aumento 🗅 💳

che ha raggiunto l'equilibrio.  $CO^{(8)} + H^5O^{(8)} \longrightarrow CO^{5(8)} + H^{5(8)}$  ( $\nabla H = -4$ 

peratura sulla concentrazione dell'ossigent dd. Stabilire quale effetto avrà un aumento di 💳

nella reazione:

che ha raggiunto l'equilibrio.  $O6^{\circ} \angle 6 = H\nabla$ ) (8)S  $\longleftrightarrow$  (9)T O + (8)T OS  $\top$ 

pressione di 20 atm: ge l'equilibrio alla temperatura di 25°C e 45. La reazione di sintesi dell'ammoniaca raggi

ne di NH3: Stabilire quale effetto avrà sulla concentrazzo  $M^{5(8)} + 3 H^{5(8)} \longrightarrow NH^{3(8)}$ 

on sumento di temperatura a 300°C (n

Sono della reazione b) un aumento di pressione a 50 atm /211/1022/1/2/1/201/1/201/

> $H^{\Sigma(g)} + I^{\Sigma(g)} \longleftrightarrow \Sigma HI^{(g)}$ 32. Nella reazione reversibile:

HI sono presenti all'equilibrio. îl valore di  $K_{\mbox{\tiny c}}$  è 50, calcolare quanti grammi di entrambi di 1 mol/L. Sapendo che all'equilibrio le concentrazioni iniziali di  $H_2$  e  $I_2$  sono

 $N^{5(g)} + O^{5(g)} \longrightarrow V O^{(g)}$ 33. A 2000 K la  $K_c$  della reazione:

lare i grammi di NO all'equilibrio. piente di 3 L14,01g di  $N_2$ e 16 g di O2. Calcoè uguale a 2,05 • 10 $^{-4}$ . Introducendo in un reci-

- ti 0,5 moli di SO $_3$ . Calcolare il valore di  $K_{\!\scriptscriptstyle c}$ e K $_{\!\scriptscriptstyle p}$ . temperatura di 1000 K, all'equilibrio sono presendi  $\mathrm{SO}_2$ e 1 mole di  $\mathrm{O}_2$  Portando il sistema alla 34. In un recipiente di 5 L vengono introdotti I mole
- 35. Nella reazione di sintesi dello ioduro di idrogeno:

moli di H<sub>2</sub>, 1 mole di I<sub>2</sub> e 1 mole di HI. do si introducono in un recipiente di 1 L 0,5 ni delle tre specie chimiche all'equilibrio quanall'equilibrio è 68,4. Calcolare le concentrazioalla temperatura di 360 °C il valore di  $K_c$  $H^{\Sigma(g)} + I^{\Sigma(g)} \longrightarrow \Sigma HI^{(g)}$ 

 $H^{\Sigma(g)} + I^{\Sigma(g)} \longleftrightarrow \Sigma H^{(g)}$ 36. Nella reazione di sintesi dello ioduro di idrogeno:

moli di H<sub>2</sub>, 1,779 moli di I<br/>2 e 1,589 moli di HI. si introducono in un recipiente di 1 L 0,779 delle tre specie chimiche all'equilibrio quando all'equilibrio è 50. Calcolare le concentrazioni alla temperatura di 448°C il valore di  $K_c$ 

 $N^{5(g)} + O^{5(g)} \longrightarrow 2 NO^{(g)}$ 37. Nella reazione di sintesi del monossido di azoto:

concentrazione molare dei tre gas all'equilibrio? cono 0,025 moli di  $N_2$ e 0,025 moli di O $_2$ , qual è la librio è 0,012. Se in un recipiente da 10 Lsintrodualla temperatura di 2800 °C il valore di  $K_c$  all'equi-

4075 Il litelite le di 3 L vengono introdotti

40. Stabilire come si modifica l'equilibrio della rea-

$$CO_{\Sigma(g)} + H_{\Sigma(g)} \longleftrightarrow CO_{(g)} + H_2O_{(g)}$$

per le seguenti variazioni di concentrazione:

a) sottrazione di idrogeno

raggiunto l'equilibrio;

- b) aggiunta di monossido di carbonio
- c) aggiunta di biossido di carbonio

raggiunto l'equilibrio: pressione, nelle seguenti reazioni che hanno 41. Stabilire quale effetto esercita un aumento di

a) 2 
$$M_{2(g)} + 2 M_{2(g)} + 2 M_{2(g)} + 2 M_{2(g)} + 2 M_{2(g)}$$

temperatura sulle seguenti reazioni che hanno d2. Determinare quale effetto ha un aumento di

a) 
$$N_{2(g)} + O_{2(g)} \Longrightarrow 2 NO_{(g)} (\Delta H = 181 \text{ kJ/mol})$$
  
b)  $4 \text{ HBr}_{(g)} + O_{2(g)} \Longrightarrow 2 NO_{(g)} (\Delta H = 181 \text{ kJ/mol})$ 

b) 4 HBr<sub>(g)</sub> + 
$$O_{2(g)} \rightleftharpoons 2 H_2O_{(g)} + 2 Br_{2(g)}$$

nella reazione: peratura sulla concentrazione dell'idrogeno 43. Stabilire quale effetto avrà un aumento di tem-

$$CO_{(g)} + H_2O_{(g)} \longrightarrow CO_{2(g)} + H_{2(g)}$$
 ( $\Delta H = -41,84$  KJ) che ha raggiunto l'equilibrio.

nella reazione: peratura sulla concentrazione dell'ossigeno ملم. Stabilire quale effetto avrà un aumento di tem-

$$2 SO_{2(g)} + O_{2(g)} \Longrightarrow SO_{3(g)} \qquad (\triangle H = 97,90 \text{ kJ})$$

che ha raggiunto l'equilibrio.

pressione di 20 atm: ge l'equilibrio alla temperatura di 25°C e alla 45. La reazione di sintesi dell'ammoniaca raggiun-

$$N_{2(g)}+3$$
  $H_{2(g)} \longrightarrow NH_{3(g)}$  ( $\Delta H=-92,46$  kJ) re di  $MH_3$ :

a) un aumento di temperatura a 300  $^{\circ}$  C (man-

nendo costante la temperatura) b) un aumento di pressione a 50 atm (mantetenendo costante la pressione)

46. Stabilire quali effetti determinano sull'equili-

brio della reazione: 2 
$$NO_{(g)} + H_{\Sigma(g)} \rightleftarrows N_2 O_{(g)} + H_2 O_{(g)} + H_2 O_{(g)}$$
 ( $\triangle H = -364$  KJ) le seguenti azioni:

a) un aumento di temperatura

- b) un aumento di pressione
- d) l'aggiunta di un catalizzatore c) la sottrazione di moli di  $N_2O$
- 47. Stabilire quali effetti determinano sull'equili-

brio della reazione:

 $CH^{\dagger(\hat{\epsilon})} + 5 H^5 2^{(\hat{\epsilon})} \longleftrightarrow C2^{5(\hat{\epsilon})} + 4 H^{5(\hat{\epsilon})} \quad (\nabla H > 0)$ 

 $H^{\Sigma(g)} + I^{\Sigma(g)} \longrightarrow \Sigma HI^{(g)}$ 32. Nella reazione reversibile:

HI sono presenti all'equilibrio. il valore di  $K_{\mbox{\tiny c}}$  è 50, calcolare quanti grammi di entrambi di 1 mol/L. Sapendo che all'equilibrio le concentrazioni iniziali di H2 e I2 sono

 $N_{2(g)} + O_{2(g)} + O_{2(g)}$ 33. A 2000 K la K. della reazione:

lare i grammi di NO all'equilibrio. piente di 3 L 14,01 g di N2 e 16 g di O2. Calcoè uguale a 2,05 • 10-4. Introducendo in un reci-

ti 0,5 moli di SO3. Calcolare il valore di  $K_{\!\scriptscriptstyle c}$  e  $K_{\!\scriptscriptstyle p}$ . temperatura di 1000 K, all'equilibrio sono presendi  $\mathrm{SO}_{\scriptscriptstyle 2}$ e I mole di  $\mathrm{O}_{\scriptscriptstyle 2}$  Portando il sistema alla 34. In un recipiente di 5 L vengono introdotti 1 mole

35. Nella reazione di sintesi dello ioduro di idrogeno:

moli di H<sub>2</sub>, 1 mole di I<sub>2</sub> e 1 mole di HI. do si introducono in un recipiente di 1 L 0,5 ni delle tre specie chimiche all'equilibrio quanall'equilibrio è 68,4. Calcolare le concentrazioalla temperatura di 360 °C il valore di  $K_{\!\scriptscriptstyle c}$  $H_{\Sigma(g)} + I_{\Sigma(g)} \longrightarrow 2 HI_{(g)}$ 

 $H^{\Sigma(g)} + I^{\Sigma(g)} \longrightarrow \Sigma HI^{(g)}$ 36. Nella reazione di sintesi dello ioduro di idrogeno:

moli di  $H_2$ , 1,779 moli di  $I_2$  e 1,589 moli di HI. si introducono in un recipiente di 1 L 0,779 delle tre specie chimiche all'equilibrio quando all'equilibrio è 50. Calcolare le concentrazioni alla temperatura di 448°C il valore di  $K_c$ 

37. Nella reazione di sintesi del monossido di azoto:

concentrazione molare dei tre gas all'equilibrio? cono 0,025 moli di  $N_2$ e 0,025 moli di O $_2$ o qual è la librio è 0,012. Se in un recipiente da 10 Lsintrodualla temperatura di 2800 °C il valore di  $K_{\!\scriptscriptstyle c}$  all'equi- $N_{2(g)} + O_{2(g)} \longrightarrow 2 NO_{(g)}$ 

tura di 26°C, nel sistema si raggiunge l'equilibrio: 4,075 · 10-1 moli di  $N_2 O_4$ · Quando, alla tempera-38. In un recipiente di 5 L vengono introdotti

pressione totale all'equilibrio. il valore di  $K_p$  è uguale a 0,172 atm. Calcolare la  $N^{5}O^{\dagger(g)}$   $\longrightarrow$   $N^{5}O^{\dagger(g)}$ 

89E .q < Il principio di Le Chatelier

39. Stabilire come si modifica l'equilibrio della rea-

$$H^{5(8)} + CI^{5(8)} \longleftrightarrow 5 HCI^{(8)}$$

per le seguenti variazioni di concentrazione:

- a) sottrazione di idrogeno
- b) aggiunta di acido cloridrico
- c) aggiunta di cloro