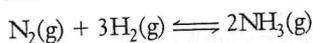


13. Ad una certa temperatura la costante di equilibrio  $K_c$  per la reazione



è numericamente uguale ad 1. Dire se ognuna delle seguenti affermazioni è vera o falsa, spiegandone il motivo. (a) Una miscela all'equilibrio deve avere la concentrazione di  $\text{H}_2$  tre volte maggiore di quella di  $\text{N}_2$  e la concentrazione di  $\text{NH}_3$  il doppio di quella di  $\text{H}_2$ . (b) Una miscela all'equilibrio deve avere la concentrazione di  $\text{H}_2$  tre volte maggiore di quella di  $\text{N}_2$ . (c) Una miscela in cui la concentrazione di  $\text{H}_2$  è tre volte maggiore di quella di  $\text{N}_2$  e la concentrazione di  $\text{NH}_3$  è il doppio di quella di  $\text{N}_2$  potrebbe essere una miscela all'equilibrio. (d) Una miscela in cui la concentrazione di ogni reagente e di ogni prodotto è 1 M è una miscela all'equilibrio. (e) Ogni miscela in cui le concentrazioni di tutti i reagenti e di tutti i prodotti sono uguali è una miscela all'equilibrio. (f) Una miscela all'equilibrio deve avere concentrazioni uguali di tutti i reagenti e di tutti i prodotti.

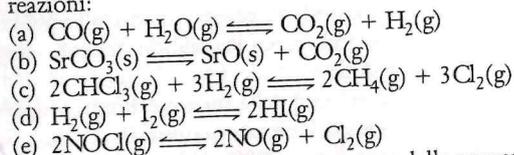
14. Perché le concentrazioni dei solidi puri e dei liquidi puri devono essere omesse nelle espressioni della costante di equilibrio?

15. Considerare i seguenti composti, nello stato fisico indicato, come possibili reagenti o prodotti di una reazione chimica. Quali di questi composti debbono essere omessi nell'espressione della costante di equilibrio?  $\text{H}_2\text{O}(\text{s})$ ,  $\text{H}_2\text{O}(\text{l})$ ,  $\text{H}_2\text{O}(\text{g})$ ,  $\text{HCl}(\text{g})$ ,  $\text{HCl}(\text{aq})$ ,  $\text{NaHCO}_3(\text{s})$ ,  $\text{CH}_3\text{OH}(\text{l})$ ,  $\text{CH}_3\text{OH}(\text{aq})$ ,  $\text{Cl}_2(\text{aq})$ ,  $\text{N}_2(\text{g})$ ,  $\text{NH}_3(\text{l})$ ,  $\text{CO}(\text{g})$ , e  $\text{Fe}_2\text{O}_3(\text{s})$ .

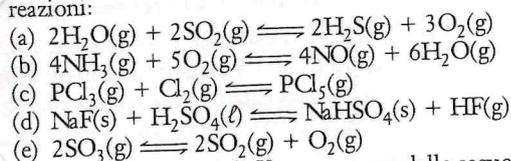
16. Considerare i seguenti composti, nello stato fisico indicato, come possibili reagenti o prodotti di una reazione chimica. Quali di questi composti debbono essere omessi nell'espressione della costante di equilibrio? Spiegarne il motivo.  $\text{CaCO}_3(\text{s})$ ,  $\text{H}_2\text{SO}_4(\text{l})$ ,  $\text{NaOH}(\text{s})$ ,  $\text{NaOH}(\text{aq})$ ,  $\text{O}_2(\text{g})$ ,  $\text{CH}_3\text{COOH}(\text{l})$ ,  $\text{CH}_3\text{COOH}(\text{aq})$ ,  $\text{HI}(\text{g})$ ,  $\text{I}_2(\text{s})$ ,  $\text{C}(\text{grafite})$ , e  $\text{SO}_3(\text{g})$ .

### Espressione della costante di equilibrio e valore di $K$

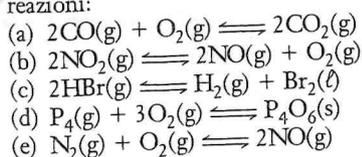
17. Scrivere l'espressione di  $K_c$  per ognuna delle seguenti reazioni:



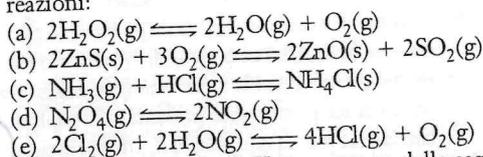
18. Scrivere l'espressione di  $K_c$  per ognuna delle seguenti reazioni:



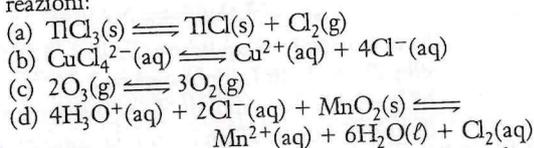
19. Scrivere l'espressione di  $K_c$  per ognuna delle seguenti reazioni:



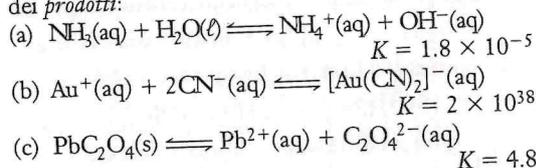
20. Scrivere l'espressione di  $K_c$  per ognuna delle seguenti reazioni:



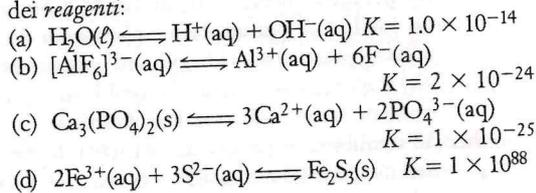
21. Scrivere l'espressione di  $K_c$  per ognuna delle seguenti reazioni:



22. Basandosi sui valori delle costanti di equilibrio, dire quali sono le reazioni in cui è favorita la formazione dei prodotti:

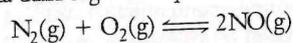


- (d)  $\text{HS}^{-}(\text{aq}) + \text{H}^{+}(\text{aq}) \rightleftharpoons \text{H}_2\text{S}(\text{aq})$   
 $K = 1.0 \times 10^7$   
 23. Basandosi sui valori delle costanti di equilibrio, dire quali sono le reazioni in cui è favorita la formazione dei reagenti:



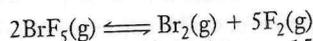
### Calcolo di $K$

24. La reazione tra azoto ed ossigeno per formare  $\text{NO}(\text{g})$  è rappresentata dalla seguente equazione chimica:



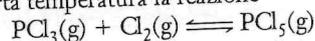
Le concentrazioni all'equilibrio dei gas a 1500 K sono:  $1.7 \times 10^{-3}$  mol/L per  $\text{O}_2$ ,  $6.4 \times 10^{-3}$  mol/L per  $\text{N}_2$ , e  $1.1 \times 10^{-5}$  mol/L per  $\text{NO}$ . Calcolare, da questi dati, il valore di  $K_c$  a 1500 K.

25. A temperature elevate il  $\text{BrF}_5$  raggiunge il seguente equilibrio:



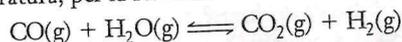
Le concentrazioni all'equilibrio dei gas a 1500 K sono: 0.0064 mol/L per  $\text{BrF}_5$ , 0.0018 mol/L per  $\text{Br}_2$ , e 0.0090 mol/L per  $\text{F}_2$ . Calcolare il valore di  $K_c$ .

26. Ad una certa temperatura la reazione



si trova all'equilibrio quando le concentrazioni di  $\text{PCl}_3$ ,  $\text{Cl}_2$ , e  $\text{PCl}_5$  sono rispettivamente 10, 9, e 12 mol/L. Calcolare il valore di  $K_c$  per questa reazione a quella temperatura.

27. Il valore della costante di equilibrio,  $K_c$ , ad una data temperatura, per la reazione



è pari a 1.845. Poniamo, alla stessa temperatura, 0.500 moli di  $\text{CO}$  e 0.500 moli di  $\text{H}_2\text{O}$  in un recipiente da 1 litro e facciamo raggiungere alla reazione

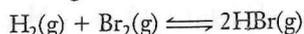
l'equilibrio. Quali saranno le concentrazioni all'equilibrio di tutte le sostanze presenti?

28. Si abbia la reazione:  $A(g) + B(g) \rightleftharpoons C(g) + 2D(g)$   
Una mole di A ed una mole di B vengono introdotte in un recipiente di 0.400 litri. Una volta raggiunto l'equilibrio, nel recipiente sono presenti 0.20 moli di C. Calcolare la costante di equilibrio,  $K_c$ , della reazione data.
29. La reazione



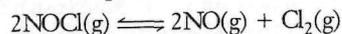
ha una costante di equilibrio,  $K_c$ , di 170 a 25°C. Se in un pallone da 10 L sono presenti  $2.0 \times 10^{-3}$  mol di  $NO_2$  e  $1.5 \times 10^{-3}$  mol di  $N_2O_4$ , il sistema è all'equilibrio? Se non è all'equilibrio, la concentrazione di  $NO_2$  aumenterà o diminuirà man mano che la reazione procede verso l'equilibrio?

30. A 500 K, per la seguente reazione,  $K_c = 7.9 \times 10^{11}$ .



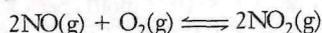
- (a)  $\frac{1}{2} H_2(g) + \frac{1}{2} Br_2(g) \rightleftharpoons HBr(g)$   $K_c = ?$   
(b)  $2HBr(g) \rightleftharpoons H_2(g) + Br_2(g)$   $K_c = ?$   
(c)  $4HBr(g) \rightleftharpoons 2H_2(g) + 2Br_2(g)$   $K_c = ?$

31. Il cloruro di nitrosile, NOCl, ad alte temperature si decompone a NO e  $Cl_2$



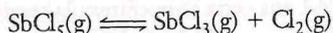
Supponete di mettere 2.00 mol di NOCl in un pallone da 1.0 L e di portare la temperatura a 462°C. Una volta raggiunto l'equilibrio, sono presenti 0.66 mol di NO. Calcolare la costante di equilibrio,  $K_c$ , per la reazione di decomposizione da questi dati.

32. All'equilibrio, un pallone da 50 L a 800 K contiene 3.00 mol di CO, 2.00 mol di  $Cl_2$  e 9.00 mol di  $COCl_2$ . Calcolare la costante di equilibrio,  $K_c$ , per la reazione  $CO(g) + Cl_2(g) \rightleftharpoons COCl_2(g)$  a questa temperatura.
33. NO e  $O_2$  sono miscelati in un contenitore di un certo volume, mantenuto a 1000 K. Le loro concentrazioni iniziali sono, rispettivamente, 0.0200 mol/L e 0.0300 mol/L. Quando la reazione



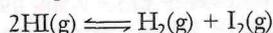
ha raggiunto l'equilibrio la concentrazione di  $NO_2$  è  $2.2 \times 10^{-3}$  mol/L. Calcolare (a) la concentrazione di NO all'equilibrio, (b) la concentrazione di  $O_2$  all'equilibrio, e (c) la costante di equilibrio,  $K_c$ , per la reazione considerata.

34. Ad alta temperatura il pentacloruro di antimonio si decompone mediante la seguente reazione in fase gassosa:



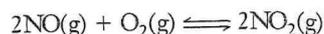
(a) Ad una certa temperatura una miscela all'equilibrio contiene, in un recipiente di 5 L, 6.91 g di  $SbCl_5$ , 16.45 g di  $SbCl_3$ , e 5.11 g di  $Cl_2$ . Calcolare  $K_c$ . (b) Se nel recipiente di 5 litri sono posti 25.0 grammi di  $SbCl_5$  e si fa raggiungere l'equilibrio alla stessa temperatura del caso (a), quali saranno le concentrazioni all'equilibrio di tutte le specie?

35. A temperatura e pressione standard, la reazione rappresentata dalla seguente equazione



ha una costante di equilibrio,  $K_c$ , uguale a 0.021. Calcolare la costante di equilibrio,  $K_c$ , per la reazione inversa.

36. La seguente reazione



ha una costante di equilibrio,  $K_c$ , uguale a 1538 a 1800°C. Calcolare la costante di equilibrio,  $K_c$ , per la reazione inversa.

### Il quoziente di reazione, $Q$

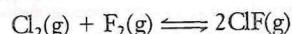
37. Definire il quoziente di reazione,  $Q$ . Fare la distinzione tra  $Q$  e  $K$ .

38. Perché è utile confrontare  $Q$  con  $K$ ? Quale è la situazione quando (a)  $Q = K$ ? (b)  $Q < K$ ? (c)  $Q > K$ ?

39. Come possiamo confrontare il quoziente di reazione con la costante di equilibrio? Quale è la differenza tra queste due espressioni?

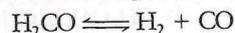
40. Cosa accade se, per una reazione, il quoziente di reazione è più grande della costante di equilibrio? E se  $Q < K$ ?

41. Per la seguente reazione



$K_c = 19.9$ . Cosa accadrà in una miscela di reazione contenente inizialmente  $[Cl_2] = 0.5$  mol/L,  $[F_2] = 0.2$  mol/L, e  $[ClF] = 7.3$  mol/L?

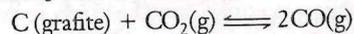
42. La costante di equilibrio in funzione delle concentrazioni per la reazione in fase gassosa



ha, ad una data temperatura, il valore numerico di 0.50. Una miscela di  $H_2CO$ ,  $H_2$ , e  $CO$  viene introdotta in un pallone, a questa temperatura. Dopo un breve periodo un campione della miscela di reazione ha dato all'analisi le seguenti concentrazioni:  $[H_2CO] = 0.50$  M,  $[H_2] = 0.80$  M, e  $[CO] = 0.25$  M. Classificare, come vera o falsa, ognuna delle seguenti affermazioni sulla miscela di reazione.

- (a) La miscela di reazione è all'equilibrio.  
(b) La miscela di reazione non è all'equilibrio, ma la reazione non avanzerà ulteriormente.  
(c) La miscela di reazione non è all'equilibrio, ma si sposterà verso l'equilibrio facendo reagire altro  $H_2CO$ .  
(d) La velocità della reazione diretta è uguale alla velocità della reazione inversa.

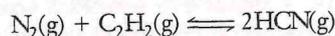
43. Il valore di  $K_c$  a 25°C per la reazione



è  $3.7 \times 10^{-23}$ . Descrivere cosa succederà miscelando 3.5 moli di CO e 3.5 moli di  $CO_2$ , in un recipiente da 1.5 litri, con un catalizzatore adatto a far avvenire la reazione alla temperatura data.

### Applicazioni della costante di equilibrio, $K_c$

44. Il valore di  $K_c$  a 300°C per la reazione descritta dall'equazione



è  $2.3 \times 10^{-4}$ . Quale sarà la concentrazione all'equilibrio del cianuro d'idrogeno se le concentrazioni



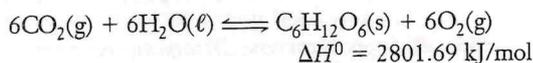
Il colore blu indica un'atmosfera "umida" o "secca"?  
Motivare la risposta.



© Cengage Learning/  
Charles D. Winters

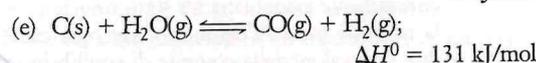
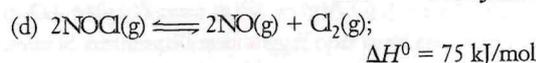
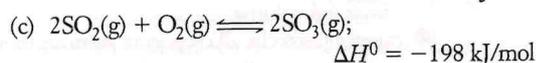
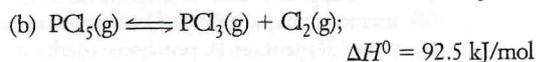
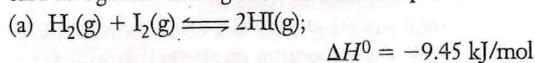
**Cloruro di cobalto (II) esaidrato**

60. ● Predire se l'equilibrio per la reazione di fotosintesi descritta dall'equazione

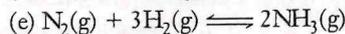
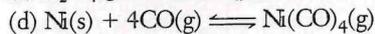
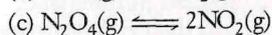
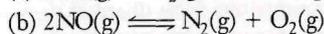
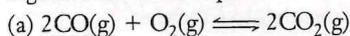


(i) si sposta a destra, (ii) si sposta a sinistra, o (iii) rimane inalterato se (a)  $[\text{CO}_2]$  viene diminuita; (b)  $P_{\text{O}_2}$  viene aumentata; (c) metà di  $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$  viene allontanata; (d) la pressione totale viene diminuita; (e) la temperatura viene aumentata; (f) viene aggiunto un catalizzatore.

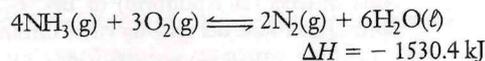
61. ● Qual è l'effetto della diminuzione della temperatura su ognuno dei seguenti sistemi all'equilibrio?



62. Qual è l'effetto della diminuzione di pressione, ottenuta mediante un aumento di volume, su ognuno dei seguenti sistemi all'equilibrio?



63. Si consideri il sistema



Come varierà il contenuto di ammoniaca all'equilibrio se

- (a) si rimuove  $\text{O}_2(\text{g})$ ?  
 (b) si aggiunge  $\text{N}_2(\text{g})$ ?  
 (c) si aggiunge acqua?  
 (d) si espande il contenitore a pressione costante?  
 (e) si aumenta la temperatura?

64. Data la reazione:  $\text{A}(\text{g}) + \text{B}(\text{g}) \rightleftharpoons \text{C}(\text{g}) + \text{D}(\text{g})$

(a) All'equilibrio, in un contenitore da 1 litro, sono presenti 1.60 moli di C, 1.60 moli di D, 0.40 moli di A, e 0.40 moli di B. Calcolare la costante di equilibrio per questa reazione.

(b) Se a questo sistema vengono aggiunte 0.20 moli di B e 0.20 moli di C, quale sarà la nuova concentrazione di A all'equilibrio?

65. Data la reazione:  $\text{A}(\text{g}) + \text{B}(\text{g}) \rightleftharpoons \text{C}(\text{g}) + \text{D}(\text{g})$   
 Quando una mole di A ed una mole di B sono mescolate e si lascia raggiungere l'equilibrio a temperatura ambiente, la miscela contiene  $\frac{2}{3}$  di mole di C.

(a) Calcolare la costante di equilibrio.  
 (b) Se due moli di A vengono mescolate con due moli di B e si lascia raggiungere l'equilibrio, quante moli di C saranno presenti all'equilibrio?

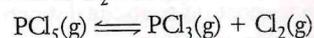
66. Data la reazione:  $\text{A}(\text{g}) \rightleftharpoons \text{B}(\text{g}) + \text{C}(\text{g})$

(a) Quando il sistema è all'equilibrio, a  $200^\circ\text{C}$ , le concentrazioni trovate sono:  $[\text{A}] = 0.30 \text{ M}$ ,  $[\text{B}] = [\text{C}] = 0.25 \text{ M}$ . Calcolare  $K_c$ .

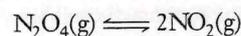
(b) Se il volume del contenitore in cui il sistema si trova all'equilibrio, a  $200^\circ\text{C}$ , viene repentinamente raddoppiato, quali saranno le nuove concentrazioni all'equilibrio?

(c) Con riferimento al quesito (a): se il volume del contenitore viene repentinamente dimezzato, a  $200^\circ\text{C}$ , quali saranno le nuove concentrazioni all'equilibrio?

67. ▲ La costante di equilibrio  $K_c$ , a  $252^\circ\text{C}$ , per la dissociazione del pentacloruro di fosforo è  $9.3 \times 10^{-2}$ . Quante moli e quanti grammi di  $\text{PCl}_5$  è necessario introdurre in un pallone di 2.5 litri per ottenere una concentrazione di  $\text{Cl}_2$  0.17 M?



68. A  $25^\circ\text{C}$ ,  $K_c$  per la dissociazione del tetrossido di diazoto a diossido di diazoto vale  $5.84 \times 10^{-3}$



(a) Calcolare le concentrazioni all'equilibrio di entrambi i gas se 4.00 grammi di  $\text{N}_2\text{O}_4$  vengono posti in un pallone da 2 litri a  $25^\circ\text{C}$ .

(b) Quali saranno le nuove concentrazioni all'equilibrio se il volume del sistema è repentinamente aumentato a 3 litri, a  $25^\circ\text{C}$ ?

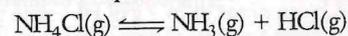
(c) Quali saranno le nuove concentrazioni all'equilibrio se il volume del sistema viene diminuito ad 1 litro, a  $25^\circ\text{C}$ ?

***K* in termini di pressioni parziali**

69. Scrivere l'espressione di  $K_p$  per ognuna delle reazioni dell'Esercizio 17.

70. Quali sono le condizioni affinché  $K_c$  e  $K_p$  di una reazione siano numericamente uguali?  $K_c$  e  $K_p$  sono numericamente uguali per ognuna delle reazioni degli Esercizi 17 e 18? Per quali lo sono?

71. In un contenitore da 2 litri, chiuso e riscaldato a  $603 \text{ K}$  vengono poste 0.0100 moli di  $\text{NH}_4\text{Cl}$  e 0.0100 moli di  $\text{NH}_3$ . A questa temperatura  $\text{NH}_4\text{Cl}$  passa completamente allo stato di vapore. Quando la reazione



ha raggiunto l'equilibrio, sono presenti  $5.8 \times 10^{-2}$  moli di HCl. Calcolare (a)  $K_c$  e (b)  $K_p$  per questa reazione a  $603 \text{ K}$ .

72. Della  $\text{CO}_2$  viene fatta passare su grafite a  $500 \text{ K}$ . Il flusso di gas che fuoriesce contiene CO al  $4.0 \times 10^{-2}$