

Quesiti e problemi (sul libro da pag. 454)
1 L'equilibrio dinamico

- 1 Spiega il significato dei seguenti termini relativi all'equilibrio chimico.
a) dinamico b) reversibile c) mobile
- 2 Dai una definizione di equilibrio dinamico.
- 3 Che cosa accade a livello microscopico una volta raggiunto l'equilibrio?
- 4 Una miscela gassosa contiene ossigeno e azoto. Le concentrazioni dei gas restano invariate nel tempo.
► La miscela è all'equilibrio chimico? *sì*
- 5 Prova a descrivere le condizioni che caratterizzano il raggiungimento dell'equilibrio nei seguenti casi.
a) La finestra e la porta di un locale vengono aperte e, dopo un po' di tempo, l'aria è cambiata.
b) Viene versato del caffè in una tazza di latte e si ottiene del caffelatte.

2 L'equilibrio chimico: anche i prodotti reagiscono

- 6 Nelle reazioni di combustione una sostanza combustibile, per esempio la benzina, viene fatta reagire con un comburente, tipicamente l'ossigeno. I prodotti delle combustioni sono diossido di carbonio e acqua.
► Il sistema benzina-ossigeno è in equilibrio? In base a quali considerazioni lo affermi?
non è in equilibrio
- 7 L'O₂ è trasportato nel sangue dall'emoglobina. Ciascuna molecola di emoglobina può reagire con quattro molecole di O₂; il legame che si stabilisce è reversibile e la quantità di O₂ legato all'emoglobina dipende dalla quantità di O₂ sciolto nel sangue.
► In quale direzione procede la reazione a livello dei polmoni? *l'ossigeno si attacca all'emoglobina*
► E a livello dei tessuti?
l'ossigeno si stacca dall'emoglobina
- 8 Spiega perché la reazione chimica diretta e quella inversa si trovano, a un certo punto, a procedere alla medesima velocità. Rispondi in otto righe.
- 9 Considera la reazione di decomposizione del perossido di idrogeno.
► Quali sono i prodotti della reazione?
H₂O e O₂
► Quando il sistema avrà raggiunto l'equilibrio quali sostanze saranno presenti?
H₂O₂; H₂O; O₂

- 10 Nella reazione tra una soluzione acquosa di FeCl₃ e una di NaOH si formano un precipitato rosso di idrossido ferrico (Fe(OH)₃) e cloruro di sodio.

► Quali specie chimiche saranno presenti all'equilibrio?



- 11 Il clorato di sodio reagisce con una soluzione di acido cloridrico trasformandosi in idrossido di sodio, cloro e ossigeno.

► Quali saranno le specie chimiche presenti in soluzione all'equilibrio?


3 La costante di equilibrio

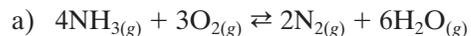
- 12 In che modo la costante di equilibrio permette di descrivere il comportamento della reazione? Rispondi in cinque righe.
- 13 Cosa si intende per K_p ? Rispondi in cinque righe.
- 14 A 1000 K la reazione $\text{N}_2 + 3\text{H}_2 \rightleftharpoons 2\text{NH}_3$ ha costante d'equilibrio $K_{\text{eq}} = 0,0024$.

► La reazione è più spostata a destra o a sinistra?
a sinistra (verso i reagenti)

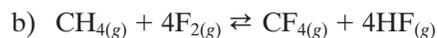
- 15 Scrivi la reazione corrispondente all'equazione:



- 16 Scrivi le equazioni per la costante d'equilibrio delle seguenti reazioni.

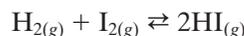


$$K_{\text{eq}} = \frac{[\text{H}_2\text{O}]^6 \cdot [\text{N}_2]^2}{[\text{NH}_3]^4 \cdot [\text{O}_2]^3}$$



$$K_{\text{eq}} = \frac{[\text{HF}]^4 \cdot [\text{CF}_4]}{[\text{CH}_4] \cdot [\text{F}_2]^4}$$

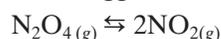
- 17 A una certa temperatura, 0,1 mol di H₂ e 0,1 mol di I₂ vengono posti in un recipiente da un litro. Dopo un certo tempo viene raggiunto un equilibrio:



Dalla diminuzione dell'intensità del colore viola dello I₂ determini che la concentrazione dello I₂ all'equilibrio si è ridotta a 0,02 mol/L. Calcola il valore di K_{eq} per questa reazione a questa temperatura.

$$K_{\text{eq}} = 64$$

- 18 Ponendo 0,0350 mol di N₂O₄ in un recipiente di capienza pari a 1 L a 25 °C, dopo un certo tempo viene raggiunto il seguente equilibrio:



All'equilibrio, le concentrazioni di N_2O_4 e NO_2 sono rispettivamente $0,0292 \text{ mol/L}$ e $0,0116 \text{ mol/L}$.

► Calcola il valore della costante di equilibrio.

$$K_{\text{eq}} = 4,61 \cdot 10^{-3}$$

19 Calcola il valore della costante d'equilibrio a 150°C per la reazione $\text{PCl}_5(\text{g}) \rightleftharpoons \text{PCl}_3(\text{g}) + \text{Cl}_2(\text{g})$ sapendo che, a 150°C , le concentrazioni all'equilibrio sono:

$$[\text{PCl}_5] = 2,4 \cdot 10^{-5} \text{ M}$$

$$[\text{PCl}_3] = 6,7 \cdot 10^{-4} \text{ M}$$

$$[\text{Cl}_2] = 1,79 \cdot 10^{-3} \text{ M}$$

$$K_{\text{eq}} = 5,0 \cdot 10^{-2}$$

20 Per la reazione $\text{H}_2(\text{g}) + \text{I}_2(\text{g}) \rightarrow 2\text{HI}(\text{g})$ a 460°C hai le seguenti concentrazioni:

$$[\text{H}_2] = 6,47 \cdot 10^{-3} \text{ M}$$

$$[\text{I}_2] = 0,594 \cdot 10^{-3} \text{ M}$$

$$[\text{HI}] = 13,7 \cdot 10^{-3} \text{ M}$$

► Calcola il valore della costante d'equilibrio.

$$K_{\text{eq}} = 48,8$$

21 Alla temperatura di 727°C la reazione $2\text{SO}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{SO}_3(\text{g})$ raggiunge l'equilibrio e il sistema presenta le seguenti concentrazioni:

$$[\text{SO}_3] = 0,0100 \text{ M}$$

$$[\text{O}_2] = 0,0050 \text{ M}$$

$$[\text{SO}_2] = 0,0033 \text{ M}$$

► Calcola il valore di K_{eq} a quella temperatura.

$$K_{\text{eq}} = 1,8 \cdot 10^{-3}$$

22 Un esperimento dimostra che mescolando O_2 e CO si ottiene la seguente reazione:

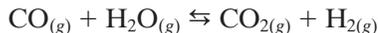


All'equilibrio la concentrazione dell'ossigeno è diminuita di $0,03 \text{ mol/L}$.

► Calcola la variazione delle concentrazioni del monossido e del diossido di carbonio.

$$\Delta[\text{CO}] = -0,06 \text{ M}; \Delta[\text{CO}_2] = +0,06 \text{ M}$$

23 La seguente reazione, utilizzata per la preparazione industriale di H_2 , raggiunge l'equilibrio a 500°C :



All'equilibrio le concentrazioni sono:

$$[\text{CO}] = 0,180 \text{ M}$$

$$[\text{H}_2\text{O}] = 0,0411 \text{ M}$$

$$[\text{CO}_2] = 0,150 \text{ M}$$

$$[\text{H}_2] = 0,200 \text{ M}$$

► Calcola il valore della costante di equilibrio alla temperatura indicata.

$$K_{\text{eq}} = 4,05$$

24 Immagina di porre in un recipiente da 1 L a 250°C $0,2 \text{ mol}$ di $\text{PCl}_3(\text{g})$ e $0,1 \text{ mol}$ di $\text{Cl}_2(\text{g})$.

Quando la reazione $\text{PCl}_3(\text{g}) + \text{Cl}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{PCl}_5(\text{g})$

raggiunge l'equilibrio, trovi che il recipiente contiene $0,12 \text{ mol}$ di PCl_3 .

Calcola:

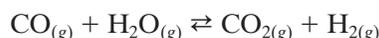
► la concentrazione iniziale del prodotto;

il prodotto passa da 0 a $0,08 \text{ mol}$

► il valore di K_{eq} per questa reazione a questa temperatura.

$$K_{\text{eq}} = 33$$

25 Vuoi dimostrare la reversibilità della seguente reazione a 600°C utilizzando la determinazione analitica della concentrazione di CO_2 :



Inizi aggiungendo $0,5 \text{ mol}$ di CO e $0,5 \text{ mol}$ di H_2O nel recipiente. Porti a 600°C , attendi il raggiungimento dell'equilibrio, quindi analizzi la concentrazione di CO_2 .

► Come proseguiresti l'esperimento?

aggiungendo $0,5 \text{ mol}$ di CO e vedendo se aumenta la concentrazione di CO_2

26 CO e NO reagiscono fra loro trasformandosi in CO_2 e N_2 .

► Scrivi la reazione bilanciata.



► La costante di equilibrio per questa reazione vale $1,54$, e all'equilibrio:

$$[\text{CO}] = 2,02 \cdot 10^{-1} \text{ M}$$

$$[\text{NO}] = 3,93 \cdot 10^{-1} \text{ M}$$

$$[\text{CO}_2] = 1,42 \cdot 10^{-1} \text{ M}$$

Calcola la concentrazione dell'azoto tra i prodotti.

$$[\text{N}_2] = 0,480 \text{ M}$$

27 Scrivi l'espressione di K_{eq} per la reazione:



► Calcola il valore di K_{eq} sapendo che, all'equilibrio, la concentrazione dei gas è:

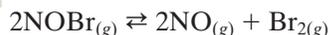
$$[\text{SO}_2\text{Cl}_2] = 1,47 \cdot 10^{-1} \text{ M}$$

$$[\text{SO}_2] = 2,17 \cdot 10^{-1} \text{ M}$$

$$[\text{Cl}_2] = 1,30 \cdot 10^{-1} \text{ M}$$

$$K_{\text{eq}} = 0,192; K_{\text{eq}} = \frac{[\text{SO}_2] \cdot [\text{Cl}_2]}{[\text{SO}_2\text{Cl}_2]}$$

28 Scrivi l'espressione di K_{eq} per la reazione:



► Calcola il valore di K_{eq} sapendo che, all'equilibrio, la concentrazione dei gas è:

$$[\text{NOBr}] = 1,64 \cdot 10^{-1} \text{ M}$$

$$[\text{NO}] = 1,36 \cdot 10^{-1} \text{ M}$$

$$[\text{Br}_2] = 2,45 \cdot 10^{-1} \text{ M}$$

$$K_{\text{eq}} = 0,168; K_{\text{eq}} = \frac{[\text{NO}]^2 \cdot [\text{Br}_2]}{[\text{NOBr}]^2}$$

29 L'ossido di azoto reagisce con l'ossigeno secondo la reazione $2\text{NO} + \text{O}_2 \rightleftharpoons \text{N}_2\text{O}_4$

► Scrivi l'espressione dell'equilibrio per questa reazione e poi, sapendo che il valore della K_{eq} è 250 , calcola il valore della concentrazione molare di N_2O_4 all'equilibrio nei casi indicati in tabella.

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

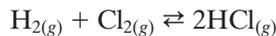
[NO]	[O ₂]	[N ₂ O ₄]
$1,57 \cdot 10^{-1}$	$1,21 \cdot 10^{-1}$	0,746
$2,03 \cdot 10^{-1}$	$0,8 \cdot 10^{-1}$	0,8
$0,4 \cdot 10^{-1}$	$0,8 \cdot 10^{-1}$	0,03
$1,2 \cdot 10^{-2}$	$3,4 \cdot 10^{-2}$	$1,2 \cdot 10^{-3}$

30 Un miscuglio gassoso a 200 atm e 400 °C, è formato da 42,90% di NH₃, 42,81% di H₂ e il volume restante da azoto. Questi gas reagiscono fra loro secondo la reazione reversibile: $N_2 + 3H_2 \rightleftharpoons 2NH_3$

► Quanto vale K_p ?

$$K_p = 4,104 \cdot 10^{-4}$$

31 A 300 K idrogeno e cloro sono in equilibrio con l'acido cloridrico secondo la reazione:



Sapendo che $K_p = 4,0 \cdot 10^{31}$, quanto vale K_c ?

$$K_c = K_p$$

32 Il fosgene è un gas (COCl₂) utilizzato soprattutto nell'industria dei polimeri. Per produrlo, si può partire da CO_(g) e Cl_{2(g)}. Operando in condizioni diverse, la reazione si stabilizza con K_{eq} diverse: $K_{eq1} = 6,97$ e $K_{eq2} = 18,48$.

► In quale delle due condizioni di reazione si ottiene il massimo della concentrazione di COCl₂?

quando si ha K_{eq2}

► Se, all'equilibrio, $[CO] = [Cl_2] = 1,2 \cdot 10^{-1}$, quanto vale la concentrazione di COCl₂ in ciascuno dei due casi?

$$[COCl_2]_1 = 0,10 \text{ M}; [COCl_2]_2 = 0,27 \text{ M}$$

► Considerando il caso più favorevole alla produzione di COCl₂, quali sono le frazioni molari dei tre gas presenti all'equilibrio?

$$X_{COCl_2} = 0,53; X_{CO} = X_{Cl_2} = 0,23$$

33 La dissociazione di Cl₂ in atomi di cloro a 1000 K ha una $K_c = 1,2 \cdot 10^{-7}$. Quale valore assume K_p ?

$$K_p = 9,8 \cdot 10^{-6}$$

4 Il quoziente di reazione

34 Per la reazione $PCl_{5(g)} \rightleftharpoons PCl_{3(g)} + Cl_{2(g)}$ a 250 °C hai $K_{eq} = 4,16 \cdot 10^{-2}$. Per ogni terna di concentrazioni, stabilisci se avverrà la reazione diretta, quella inversa o se la reazione è già all'equilibrio.

[PCl ₅]	[PCl ₃]	[Cl ₂]
$5 \cdot 10^{-2}$	$4,56 \cdot 10^{-2}$	$4,56 \cdot 10^{-2}$
$2 \cdot 10^{-2}$	$2,50 \cdot 10^{-2}$	$1,32 \cdot 10^{-2}$
$30 \cdot 10^{-2}$	$1,45 \cdot 10^{-2}$	$3,44 \cdot 10^{-2}$

a) la reazione è all'equilibrio; b) avviene la reazione diretta; c) avviene la reazione inversa

35 Le seguenti concentrazioni si riferiscono a una reazione all'equilibrio studiata da Gulberg e Waage a 100 °C:



► Trova quale di esse non rappresenta uno stato d'equilibrio.

la seconda riga

► Lo stato individuato raggiungerà l'equilibrio procedendo verso destra o verso sinistra?

verso sinistra

[alcol]	[acido]	[estere]	[H ₂ O]
3,33	3,33	6,67	6,67
0,32	1,07	2,93	2,93
13,8	1,42	8,58	8,58
0,75	5,86	4,14	4,14

36 In un recipiente che ha una capienza di 7,5 L vengono immessi 39,2 g di CO e 142 g di Cl₂.

► Sapendo che alle condizioni di temperatura a cui si sta operando il valore di K_c all'equilibrio è 15, calcolare la massa di fosgene, COCl₂, che si forma dalla sintesi dei due gas reagenti.

$$m = 94 \text{ g}$$

37 Lo iodio, I₂, si dissocia ad alta temperatura in iodio atomico, I. A 1500 K il valore della K_c per la reazione $I_{2(g)} \rightleftharpoons 2I_{(g)}$ vale 1,51.

► Considera di partire da 1 mol di iodio molecolare; quanto sarà dissociata in percentuale se il volume è: 1 L, 10 L oppure 100 L?

$$45\%; 82\%; 97\%$$

38 Il fluoro, F₂, si dissocia ad alta temperatura in fluoro atomico, F. A 1200 K il valore di K_p è 0,27.

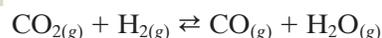
► Prevalle il fluoro molecolare o quello atomico?

il fluoro molecolare

5 La costante di equilibrio e la temperatura

39 Come varia K_{eq} in funzione della temperatura? Rispondi in cinque righe.

40 Considera la seguente reazione di equilibrio:



Verifica se, a 500 °C, la costante di equilibrio K_p vale 0,197 nel caso in cui i gas si distribuiscano secondo le percentuali in volume indicate in tabella.

%CO	%CO ₂	%H ₂	%H ₂ O
2,43	16,30	35,02	46,25

► Calcola il valore della costante di equilibrio quando il sistema viene portato a 900 °C e la distribuzione dei gas diviene la seguente.

%CO	%CO ₂	%H ₂	%H ₂ O
48,30	0,75	49,93	1,00

$$K_{eq} = 1,3$$

41 Per la reazione di dissociazione dello iodio molecolare ($I_{2(g)} \rightleftharpoons 2I_{(g)}$) si registrano a diverse temperature i seguenti valori di K_c e K_p .

Temperatura (K)	K_c	K_p
800	$3,1 \cdot 10^{-5}$	$2,1 \cdot 10^{-3}$
1000	$3,1 \cdot 10^{-3}$	0,26
1200	$5,8 \cdot 10^{-2}$	6,8

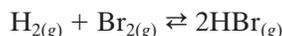
► Se si è interessati a ottenere iodio atomico a quale temperatura conviene operare?

$$T = 1200 \text{ K}$$

6 La termodinamica dell'equilibrio

42 Spiega la relazione fra equilibrio chimico e variazione di energia libera di un sistema chiuso. Rispondi in cinque righe.

43 La sintesi di HBr a partire dagli elementi procede secondo la reazione:



La K_c assume i seguente valori:

Temperatura (K)	K_c
300	$1,9 \cdot 10^{17}$
500	$1,3 \cdot 10^{10}$
1000	$3,8 \cdot 10^4$

► Per quale fra queste temperature il valore di $\Delta G = 0$ è più vicino ai prodotti della reazione?

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

7 Il principio di Le Châtelier

44 In un recipiente sono contenuti all'equilibrio i tre gas della reazione



secondo le seguenti quantità: 1,5 mol di PCl_5 , 0,3 mol di PCl_3 e 0,2 mol di Cl_2 .

► Calcola il numero di moli di ciascun componente se il volume viene quadruplicato.

$$n_{PCl_5} = 1,3; n_{PCl_3} = 0,5; n_{Cl_2} = 0,4$$

45 A un sistema all'equilibrio si aggiunge un prodotto raddoppiandone la concentrazione.

► Che cosa accadrà alla velocità delle reazioni diretta e inversa?

la velocità della reazione inversa aumenta

► Perché il sistema raggiungerà un nuovo stato di equilibrio?

perché le due velocità torneranno a eguagliarsi

46 Il catalizzatore modifica la costante di equilibrio?
no

47 Nel sistema all'equilibrio $A + B \rightleftharpoons AB + \text{calore}$, elenca tre metodi che consentano di far crescere la concentrazione di AB.

48 Se nella reazione



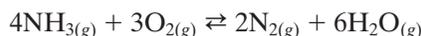
aumenti la pressione, che cosa accade al numero di moli di NO?

rimane invariato

49 Se la pressione totale cresce, in che direzione si sposta l'equilibrio $2SO_{3(g)} \rightleftharpoons 2SO_{2(g)} + O_{2(g)}$?

a sinistra verso il reagente

50 Data la seguente reazione, stabilisci in quale direzione si sposta l'equilibrio, se l'acqua viene allontanata a mano a mano che si forma:



a destra verso i prodotti

51 La reazione:



è all'equilibrio.

► In quale direzione viene spostata la posizione dell'equilibrio da ciascuno dei seguenti cambiamenti?

- a) aggiunta di CO *a destra*
- b) aggiunta di H₂ *a sinistra*
- c) rimozione di H₂O *a sinistra*
- d) aumento della temperatura *a destra*
- e) aggiunta di catalizzatore *l'equilibrio non si sposta*

52 Una soluzione satura di cromato d'argento, Ag_2CrO_4 , si dissocia secondo l'equazione:



► In quale direzione si sposta l'equilibrio, se aggiungiamo Ag_2CrO_4 solido?

l'equilibrio non si sposta

53 La reazione



a 500 K ha una $K_c = 1 \cdot 10^{-12}$.

► Calcola il corrispondente valore di K_p .

$$K_p = 4 \cdot 10^{-11}$$

► Questa reazione è favorita da un aumento della pressione? Perché?

no, è favorita la reazione inversa

8 Equilibri eterogenei ed equilibrio di solubilità

54 KMnO_4 , scaldato a secco sulla fiamma si decompone in MnO_2 , K_2O e O_2 .

► La reazione raggiunge un equilibrio in cui sono presenti tutte le specie chimiche (reagenti e prodotti)? Perché?

sì, se la reazione avviene in un sistema chiuso

55 Per la reazione endotermica ($\Delta H = 565 \text{ kJ}$)



la costante d'equilibrio è 1,6 a 1000°C .

► Alla temperatura di 850°C la costante d'equilibrio K_{eq} è maggiore o minore? *minore*

56 All'interno di un recipiente è presente una miscela di PCl_3 e di Cl_2 all'equilibrio. La concentrazione di $\text{PCl}_{3(g)}$ è pari 0,22 M e quella di $\text{Cl}_{2(g)}$ è 0,16 M. La reazione è:



► Quanto vale la K_c ?

$$K_c = 8,5 \cdot 10^{-2}$$

57 Se una soluzione che contiene ioni $\text{Fe}^{3+}_{(aq)}$ è a contatto con una lamina di argento metallico si osserva la riduzione del ferro a ione $\text{Fe}^{2+}_{(aq)}$. Ricorda che la somma delle cariche elettriche presenti nei reagenti corrisponde alla somma di quelle presenti nei prodotti.

► Sotto quale forma chimica si dissolve l'argento? Scrivi la reazione bilanciata.



► Calcola la concentrazione dell'argento tra i prodotti, sapendo che il volume della soluzione è 1 L, che la costante di equilibrio per questa reazione vale $2,46 \cdot 10^{-1}$, e che all'equilibrio sono presenti $1,65 \cdot 10^{-1}$ mol di Fe^{3+} , $3,07 \cdot 10^{-1}$ mol di $\text{Ag}_{(s)}$ e $1,32 \cdot 10^{-1}$ mol di Fe^{2+} .

$$[\text{Ag}^+] = 0,307 \text{ M}$$

58 La solubilità dell'ossigeno nell'acqua diminuisce con l'aumentare della temperatura.

► Il processo di solubilizzazione dell'ossigeno è endotermico o esotermico?

esotermico

59 In una soluzione satura di Ag_2SO_4 si è stabilito il seguente equilibrio:



► Se elimini il corpo di fondo mediante filtrazione, avrai ancora uno stato di equilibrio? *sì*

60 Come si applica il principio dell'equilibrio mobile agli equilibri di solubilità?

61 Che cosa accade se a una soluzione satura di CaS , in presenza del corpo di fondo, aggiungi un sale solubile di calcio?

precipita CaS e aumenta il corpo di fondo

62 Scrivi l'espressione del prodotto di solubilità per i seguenti composti.



63 Sapendo che la solubilità molare di PbF_2 è $2,15 \cdot 10^{-3} \text{ mol/L}$, calcola qual è il valore di K_{ps} .

$$K_{\text{ps}} = 3,97 \cdot 10^{-8}$$

64 La solubilità di CaS è di 0,2 g/L a 20°C . Qual è il suo prodotto di solubilità?

$$K_{\text{ps}} = 8 \cdot 10^{-6}$$

65 Calcola la solubilità molare di PbCl_2 in acqua, sapendo che a 25°C $K_{\text{ps}} = 1,6 \cdot 10^{-5}$.

$$s = 1,6 \cdot 10^{-2} \text{ mol/L}$$

66 Calcola la solubilità molare di AgBr in acqua, sapendo che a 25°C $K_{\text{ps}} = 5 \cdot 10^{-13}$.

$$s = 7 \cdot 10^{-7} \text{ mol/L}$$

67 Calcola la solubilità molare di Ag_2CO_3 in acqua, sapendo che a 25°C $K_{\text{ps}} = 8,1 \cdot 10^{-12}$.

$$s = 1,3 \cdot 10^{-4} \text{ mol/L}$$

68 Calcola la solubilità espressa in mol/L e in g/L di Ag_2CrO_4 in acqua, sapendo che a 25°C $K_{\text{ps}} = 1,7 \cdot 10^{-12}$.

$$s = 7,5 \cdot 10^{-5} \text{ mol/L}; s = 2,5 \cdot 10^{-2} \text{ g/L}$$

69 Calcola la solubilità espressa in mol/L e in g/L del tetrossifosfato(V) di piombo(II), sapendo che a 25°C $K_{\text{ps}} = 1,5 \cdot 10^{-32}$.

$$s = 1,7 \cdot 10^{-7} \text{ mol/L} = 1,4 \cdot 10^{-4} \text{ g/L}$$

Review (sul libro da pag. 458)

- 1** Considera la seguente reazione:
 $\text{CO}_{(g)} + 3\text{H}_{2(g)} \rightleftharpoons \text{CH}_{4(g)} + \text{H}_2\text{O}_{(g)}$
 All'equilibrio e a una data temperatura, le concentrazioni dei gas sono le seguenti:
 $[\text{CO}] = 0,5 \text{ M}$ $[\text{H}_2] = 0,26 \text{ M}$
 $[\text{CH}_4] = 0,15 \text{ M}$ $[\text{H}_2\text{O}] = 0,23 \text{ M}$
- Calcola il valore della costante di equilibrio a quella temperatura. $K_{\text{eq}} = 4$
- 2** All'equilibrio, per la reazione:
 $2\text{NH}_{3(g)} \rightleftharpoons 3\text{H}_{2(g)} + \text{N}_{2(g)}$ $K_{\text{eq}} = 128,56$.
- Determina la concentrazione all'equilibrio dell'ammoniaca sapendo che la concentrazione dell'azoto è 0,19 M e quella dell'idrogeno è 0,56 M.
 $[\text{NH}_3] = 0,016 \text{ M}$
- 3** Calcola la solubilità espressa in g/L del carbonato di bario, sapendo che $K_{\text{ps}} = 1,7 \cdot 10^{-9}$.
 $s = 8,1 \cdot 10^{-3} \text{ g/L}$
- 4** Se fai gorgogliare HCl gassoso in una soluzione satura di NaCl noti la formazione di un precipitato di NaCl.
 ► Come puoi interpretare il fenomeno?
precipita NaCl per effetto dello ione comune Cl⁻
- 5** Per prevenire la carie dentaria l'acqua potabile è addizionata di fluoro (come ione fluoruro) in concentrazione circa $5 \cdot 10^{-5} \text{ M}$. La concentrazione di ioni calcio nell'acqua è circa $2 \cdot 10^{-4} \text{ M}$.
 ► C'è la possibilità che CaF_2 ($K_{\text{ps}} = 4 \cdot 10^{-11}$) precipiti rendendo vano il trattamento?
 no
- 6** La K_{eq} della reazione $\text{N}_{2(g)} + 3\text{H}_{2(g)} \rightleftharpoons 2\text{NH}_{3(g)}$ a 500 K vale 60,7. Stabilisci se una miscela avente $[\text{N}_2] = 0,0022 \text{ M}$, $[\text{H}_2] = 0,00124 \text{ M}$ e $[\text{NH}_3] = 0,0112 \text{ M}$, tenderà a formare altra ammoniaca oppure se la quantità di ammoniaca diminuirà.
la quantità di ammoniaca diminuirà
- 7** Calcola la quantità di CO_2 che serve per far precipitare il carbonato di bario ($K_{\text{ps}} = 1,17 \cdot 10^{-9}$) da una soluzione di $\text{Ba}(\text{OH})_2$.
 $3,42 \cdot 10^{-5} \text{ mol/L}$
- 8** Il processo industriale per la sintesi dell'ammoniaca (NH_3) a partire da N_2 e H_2 si svolge a temperature comprese tra 300 °C e 550 °C e a pressioni che possono andare da 100 a 250 atm.
 ► Scrivi la reazione bilanciata e l'espressione per K_c e K_p .

$$\text{N}_2 + 3\text{H}_2 \rightleftharpoons 2\text{NH}_3$$

$$K_c = \frac{[\text{NH}_3]^2}{[\text{N}_2] \cdot [\text{H}_2]^3}; \quad K_p = \frac{P_{\text{NH}_3}^2}{P_{\text{N}_2} \cdot P_{\text{H}_2}^3}$$
- Il ΔH della reazione è -92,22 kJ/mol. La reazione sarà favorita ad alta o a bassa temperatura?
a bassa temperatura
- Il processo industriale utilizza un catalizzatore per aumentare la velocità di reazione; perché non aumenta invece la temperatura di reazione?
sì; perché la sintesi di NH_3 non è favorita da alte temperature
- Se si aumenta la pressione l'equilibrio si sposta verso i prodotti o verso i reagenti?
verso i prodotti
- 9** Il fenomeno carsico si basa su una serie di equilibri chimici che coinvolge H_2O , CO_2 , $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ (solubilità = 166 g/L) e CaCO_3 ($K_{\text{ps}} = 4,96 \cdot 10^{-9}$).
 ► Come sposta l'equilibrio un incremento di CO_2 nell'acqua che circola nel calcare?
verso la formazione di $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$
- 10**  For a certain reaction $\text{A} \rightleftharpoons \text{B}$, $K_{\text{eq}} = 1,2$. Does the reaction probably favor formation of reactants or formation of products?
at the chemical balance, there are both reactants and products at the same concentration
- 11**  Determine the equilibrium concentrations of H_3O^+ and HCO_3^- in a solution of carbonic acid at 25 °C in which $[\text{H}_2\text{CO}_3] = 0,027 \text{ M}$, $K_{\text{eq}} = 4,3 \cdot 10^{-7}$ and $\text{H}_2\text{CO}_{3(aq)} + \text{H}_2\text{O}_{(l)} \rightleftharpoons \text{H}_3\text{O}^+_{(aq)} + \text{HCO}_3^-_{(aq)}$
 $[\text{H}_3\text{O}^+] = [\text{HCO}_3^-] = 1,1 \cdot 10^{-4}$
- 12**  Calculate the solubility product constant K_{ps} of HgI_2 if the Hg^{2+} concentration in a saturated solution is $1,9 \cdot 10^{-10} \text{ M}$.
 $K_{\text{ps}} = 2,7 \cdot 10^{-29}$

1 Indica il motivo per cui ogni trasformazione chimica è accompagnata da effetti energetici.

- A I legami chimici presenti nei reagenti sono diversi da quelli presenti nei prodotti e quindi cambia l'energia chimica.
- B I nuclei degli atomi dei reagenti si trasformano in nuclei più piccoli e quindi diminuisce l'energia interna del sistema.
- C Alcune sostanze reagenti cambiano il proprio stato di aggregazione e quindi devono assorbire o cedere calore.
- D Gli atomi dei reagenti si trasformano in atomi diversi che formano tra loro legami più stabili nei prodotti.
- E I prodotti sono sempre sostanze con maggiore stabilità, quindi il sistema finale ha sempre maggiore energia.

[Prova di ammissione a Odontoiatria e Protesi Dentaria, 2008]

2 L'energia totale di un sistema isolato

- A può aumentare o diminuire a seconda della natura del sistema
- B è costante
- C tende sempre ad aumentare
- D tende sempre a diminuire
- E aumenta sempre se aumenta la pressione

[Prova di ammissione a Medicina e Chirurgia, 1998]

3 Il lavoro necessario per comprimere una mole di gas perfetto ben isolato termicamente

- A è nullo perché non c'è scambio di calore con l'esterno
- B non è mai nullo
- C viene fornito dallo stesso gas
- D non può essere espresso in Joule ma in Pascal
- E non dipende dal valore del volume finale a cui si giunge

[Prova di ammissione a Medicina Veterinaria, 2008]

4 L'entropia può essere considerata una misura del disordine di un sistema. In generale si osserva che i sistemi tendono ad assumere spontaneamente le disposizioni più probabili, e quindi meno ordinate.

Quale delle seguenti affermazioni può essere dedotta dalla lettura del brano precedente?

- A È più probabile una disposizione ordinata rispetto a una disordinata.
- B L'entropia di un sistema deve comunque rimanere costante.
- C L'entropia di un sistema tende spontaneamente a diminuire.
- D L'entropia di un sistema tende spontaneamente ad aumentare.
- E Tutti i sistemi sono estremamente disordinati.

[Prova di ammissione a Odontoiatria e Protesi Dentaria, 2003]

5 Un valore positivo della variazione di energia libera indica che la reazione è

- A esotermica
- B endotermica
- C spontanea
- D non spontanea
- E molto veloce

[Prova di ammissione a Medicina Veterinaria, 2003]

6 I calori di reazione a pressione costante vengono chiamati variazioni di entalpia; se nella reazione viene emesso calore (reazione esotermica) la variazione di entalpia viene considerata negativa; se nella reazione viene assorbito calore (reazione endotermica) la variazione di energia viene considerata positiva; le variazioni di entalpia in una reazione dipendono dalla natura della reazione stessa, oltre che da alcuni altri fattori, come ad esempio lo stato fisico dei reagenti e dei prodotti.

Quale delle seguenti affermazioni non può essere dedotta dalla lettura del brano precedente?

- A Le reazioni endotermiche avvengono sempre a pressione costante.
- B Nelle reazioni in cui viene emesso calore la variazione di entalpia viene considerata negativa.
- C La variazione di entalpia di una reazione ha valori diversi a seconda del fatto che i reagenti siano liquidi o gassosi.
- D Nelle reazioni in cui viene assorbito calore la variazione di entalpia viene considerata positiva.
- E Nelle reazioni esotermiche si ha emissione di calore.

[Prova di ammissione a Medicina Veterinaria, 2000]

7 Una reazione esotermica

- A è sempre non spontanea
- B è sempre spontanea
- C può essere spontanea o non spontanea
- D avviene sempre con diminuzione dell'energia libera
- E è favorita da un aumento della temperatura

[Prova di ammissione a Medicina e Chirurgia, 2003]

8 Al crescere della temperatura, la velocità di una reazione chimica

- A è direttamente proporzionale alla temperatura centigrada
- B è direttamente proporzionale alla temperatura assoluta
- C cresce in ogni caso al crescere della temperatura
- D cresce al crescere della temperatura nelle reazioni endotermiche, decresce al crescere della temperatura in quelle esotermiche
- E cresce al crescere della temperatura nelle reazioni esotermiche, decresce al crescere della temperatura in quelle endotermiche

[Prova di ammissione a Medicina Veterinaria, 2004]

9 I catalizzatori sono sostanze che

- A innescano le reazioni facendo aumentare il valore dell'energia di attivazione
- B innescano le reazioni facendo aumentare la velocità delle particelle dei reagenti
- C intervengono sul meccanismo diminuendo il ΔH della reazione
- D fanno reagire completamente i reagenti e quindi fanno avvenire completamente la reazione
- E innescano le reazioni facendo diminuire il valore dell'energia di attivazione

[Prova di ammissione a Medicina e Chirurgia, 2008]

10 L'energia di attivazione, cioè l'energia necessaria a formare un composto ad alta energia potenziale, intermedio della reazione (il cosiddetto complesso attivato), è una grandezza caratteristica di ciascuna reazione chimica.

Più alta è tale energia, più la reazione avviene lentamente, perché è minore il numero delle molecole con energia sufficiente a formare il complesso attivato.

Quale delle seguenti affermazioni non può essere dedotta dalla lettura del brano precedente?

- A Il valore dell'energia di attivazione è lo stesso per tutte le reazioni chimiche.
- B Le molecole dotate di energia abbastanza bassa non possono formare il complesso attivato.
- C Il complesso attivato non è il prodotto finale della reazione.
- D La velocità della reazione è condizionata dal valore dell'energia di attivazione.
- E Solo le molecole dotate di energia abbastanza alta sono in grado di formare il complesso attivato.

[Prova di ammissione a Medicina e Chirurgia, 2004]

11 Una reazione è sicuramente spontanea se

- A è esotermica
- B è endotermica
- C la variazione di energia libera a essa connessa è negativa
- D la variazione di energia libera a essa connessa è positiva
- E la variazione di entropia a essa connessa è positiva

[Prova di ammissione a Odontoiatria e Protesi Dentaria, 2000]

12 Un valore nullo della variazione di energia libera indica che la reazione è

- A esoergonica
- B all'equilibrio
- C endotermica
- D spontanea
- E esotermica

[Prova di ammissione a Medicina e Chirurgia, 2000]

13 Si dice che una reazione raggiunge lo stato di equilibrio chimico quando

- A inizia ad avvenire la reazione inversa
- B la velocità della reazione diretta inizia a diminuire
- C la velocità della reazione inversa inizia a diminuire
- D la velocità della reazione diretta è uguale alla velocità della reazione inversa
- E la velocità della reazione diretta si riduce a zero

[Prova di ammissione a Medicina Veterinaria, 2008]

14 Quale dei seguenti metodi può funzionare, nell'equilibrio tra sostanze gassose: $A + B \rightleftharpoons C + D$, per ridurre la quantità del prodotto C?

- A aumentare la pressione
- B diminuire la pressione
- C aggiungere A
- D diminuire A
- E aggiungere B

[Prova di ammissione a Medicina e Chirurgia, 2000]

15 L'azoto molecolare (N_2) e l'idrogeno molecolare (H_2) reagiscono per formare ammoniaca (NH_3), secondo la reazione: $N_2 + 3H_2 \rightleftharpoons 2NH_3$. Tutte e tre le sostanze coinvolte si trovano allo stato gassoso. In conformità con il principio di Le Chatelier-Braun, l'equilibrio è tanto più spostato verso la sintesi di NH_3 , quanto più bassa è la temperatura e quanto più alta è la pressione. La reazione implica infatti il passaggio dalle 4 moli gassose iniziali alle 2 moli gassose finali, ed è notevolmente esotermica.
Quale delle seguenti affermazioni può essere dedotta dalla lettura del brano precedente?

- A Nella sintesi di ammoniaca da azoto e idrogeno viene assorbito calore.
- B Ad alta temperatura l'azoto e l'idrogeno non formano NH_3 .
- C Il principio di Le Chatelier-Braun afferma che tutte le reazioni vengono favorite dalle basse temperature e dalle alte pressioni.
- D Per migliorare la resa in NH_3 conviene lavorare a 100 piuttosto che a 10 atmosfere.
- E Nella reazione considerata, il rapporto stechiometrico tra l'ammoniaca e l'idrogeno è 1,5.

[Prova di ammissione a Odontoiatria e Protesi Dentaria, 2004]

16 L'unità di misura della costante di equilibrio di una reazione

- A dipende dai valori dei coefficienti di reazione
- B è sempre un numero puro, cioè la costante è sempre adimensionale
- C è sempre moli/litri
- D è sempre litri/moli
- E dipende dalla temperatura

[Prova di ammissione a Medicina e Chirurgia, 2000]