

	Esercizi	Soluzioni
A) Atomi, molecole, moli	pagina 2	pagina 4
B) Nomenclatura	pagina 10	pagina 11
C) Formule di struttura	pagina 13	pagina 14
D) Bilanciamento reazioni	pagina 17	pagina 19
E) Stato gassoso	pagina 25	pagina 27
F) Termodinamica	pagina 33	pagina 34
G) Soluzioni e loro proprietà	pagina 37	pagina 39
H) Equilibri in fase gassosa	pagina 44	pagina 46
I) Equilibri acido-base	pagina 50	pagina 52
J) Equilibri di solubilità	pagina 60	pagina 61
K) Elettrochimica	pagina 65	pagina 66

A) Atomi, molecole, moli

1) Scrivere la configurazione elettronica complessiva e quella del livello di valenza per ciascuno dei seguenti atomi, indicando a quale gruppo e a quale periodo appartengono:

a) $Z=8$ b) $Z=14$ c) $Z=24$ d) $Z=33$ e) $Z=47$

2) Scrivere la configurazione elettronica esterna di ciascuno dei seguenti atomi o ioni:

a) Mn ($Z=25$) b) Br ($Z=35$) c) S ($Z=16$) d) F^- ($Z=9$) e) Pb^{2+} ($Z=82$) f) Na^+ ($Z=11$)

3) Scrivere la configurazione elettronica esterna ed indicare la terna dei numeri quantici per gli elettroni di valenza dei seguenti elementi: a) C b) Mg c) P d) K e) Cu f) I

4) Indicare il numero di protoni (Z) e neutroni (N) contenuto nel nucleo di ciascuno dei seguenti isotopi: D, ^{13}C , ^{18}O , ^{35}Cl , ^{63}Cu .

5) Il carbonio ha due isotopi stabili ^{12}C e ^{13}C :

isotopo	massa (uma)	abbondanza (%)	
^{12}C	12,000	98,89	
^{13}C	13,0034	1,11	Calcolare il peso atomico del carbonio.

6) Il cloro ha due isotopi ^{35}Cl e ^{37}Cl .

isotopo	massa (uma)	abbondanza (%)	
^{35}Cl	34,969	75,7 %	
^{37}Cl	36,966	24,2 %	Calcolare il peso atomico del cloro

7) Il silicio è composto da tre isotopi:

isotopo	massa (uma)	abbondanza (%)	
^{28}Si	27,97693	92,21	
^{29}Si	28,97649	4,70	
^{30}Si	29,97376	3,09	Calcolare il peso atomico del silicio.

8) Calcolare :

- il numero di moli di H_2O contenute in 1,00 l di acqua;
- il numero di molecole;
- il numero di grammoatomi di H e O;
- il numero di atomi di H e O;
- la percentuale in peso di H e O nell'acqua.

9) Calcolare:

- il peso molecolare dell'acido acetico (CH_3COOH);
- il numero di moli di CH_3COOH contenute in 50 g;
- il numero di molecole di CH_3COOH contenute in 50 g;
- il numero di grammoatomi di H, C, O contenuti in 50 g di CH_3COOH ;
- i grammi di H, C, O contenuti in 50 g di CH_3COOH ;
- i grammi di CH_3COOH che contengono 1,0 grammi di C;
- le percentuali in peso di H, C, O in CH_3COOH .

10) Calcolare:

- le moli di Na_2SO_4 e le moli di Na, S, O contenuti in 10 g di Na_2SO_4 .
- la percentuale in peso di tutti e tre gli elementi nel composto.

11) Calcolare la percentuale in peso di Ca, C, O in $CaCO_3$.

- 12) Calcolare i grammi di C, N, O, H contenuti in 3,0 g di urea $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$.
- 13) Calcolare:
- il numero di moli contenuto in 2,5 g di CuSO_4 ;
 - la percentuale in peso di Cu, S e O nel CuSO_4 ;
 - il numero di grammi di Cu, S e O contenuti in 2,5 g di CuSO_4 .
- 14) Calcolare la formula minima di un composto formato di Fe e O sapendo che 20,0 g di composto contengono 13,99 g di Fe.
- 15) Calcolare la formula minima di un composto formato esclusivamente da P e O sapendo che 10,00 g di composto contengono 5,63 g di P.
- 16) Calcolare formula minima e formula molecolare di un composto sapendo che per 1,0 g di C in questo composto ci sono 0,17 g di H e che il suo peso molecolare è 112 g/mol.
- 17) Calcolare formula minima e formula molecolare di un composto che presenta la seguente composizione percentuale in peso: C: 40%; H: 6,67% O:53,33%, sapendo che il suo peso molecolare è pari a 180 g/mol.
- 18) Calcolare formula minima e formula molecolare di un composto organico che ha peso molecolare $\text{PM}=88,0$ g/mol e presenta la seguente composizione percentuale in peso: C:54,55%, H:9,09%, O:36,36%.
- 19) Un elemento X forma con l'ossigeno un composto avente formula XO_2 ; sapendo che 1,35 g di XO_2 contengono 1,0 g di X calcolare il peso atomico dell'elemento.
- 20) Un composto di un elemento incognito X ha formula minima XO; sapendo che il composto contiene il 40% in peso di ossigeno determinare il peso atomico dell'elemento X.
- 21) Un ossido di un metallo (Me) ha formula MeO; sapendo che 100 g di ossido contengono 28,57 g di ossigeno, calcolare il peso atomico del metallo.
- 22) La blenda, solfuro di zinco ZnS , è un minerale dal quale si estrae lo zinco. Calcolare :
- la percentuale di Zn contenuto in una blenda al 70%;
 - la quantità di minerale per ottenere 1,0 ton di Zn.

Soluzioni A

1) Scrivere la configurazione elettronica complessiva e quella del livello di valenza per ciascuno dei seguenti atomi, indicando a quale gruppo e a quale periodo appartengono:

a) Z= 8	$1s^2 2s^2 2p^4$	$\begin{array}{ c c c } \hline \uparrow\downarrow & \uparrow\downarrow & \uparrow \\ \hline \end{array}$ 2s 2p	gruppo VI periodo II (O)
b) Z=14	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^2$	$\begin{array}{ c c c } \hline \uparrow\downarrow & \uparrow & \uparrow \\ \hline \end{array}$ 3s 3p	gruppo IV periodo III (Si)
c) Z= 24	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^1 3d^5$	$\begin{array}{ c c c c c } \hline \uparrow & \uparrow & \uparrow & \uparrow & \uparrow \\ \hline \end{array}$ 4s 3d	gruppo VIb periodo IV (Cr)
d) Z= 33	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^{10} 4p^3$	$\begin{array}{ c c c } \hline \uparrow\downarrow & \uparrow & \uparrow \\ \hline \end{array}$ 4s 4p	gruppo V periodo IV (As)
e) Z=47	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^{10} 4p^6$ $5s^1 4d^{10}$	$\begin{array}{ c c c c c c } \hline \uparrow & \uparrow\downarrow & \uparrow\downarrow & \uparrow\downarrow & \uparrow\downarrow & \uparrow\downarrow \\ \hline \end{array}$ 5s 4d	gruppo Ib periodo V (Ag)

2) Scrivere la configurazione elettronica esterna di ciascuno dei seguenti atomi o ioni:

a) Mn (Z=25)	$4s^2 3d^5$	$\begin{array}{ c c c c c } \hline \uparrow\downarrow & \uparrow & \uparrow & \uparrow & \uparrow \\ \hline \end{array}$ 4s 3d
b) Br (Z=35)	$4s^2 4p^5$	$\begin{array}{ c c c } \hline \uparrow\downarrow & \uparrow\downarrow & \uparrow \\ \hline \end{array}$ 4s 4p
c) S (Z=16)	$3s^2 3p^4$	$\begin{array}{ c c c } \hline \uparrow\downarrow & \uparrow\downarrow & \uparrow \\ \hline \end{array}$ 3s 3p
d) F ⁻ (Z=9)	$2s^2 2p^6$	$\begin{array}{ c c c } \hline \uparrow\downarrow & \uparrow\downarrow & \uparrow\downarrow \\ \hline \end{array}$ 2s 2p
e) Pb ²⁺ (Z=82)	$6s^2$	$\begin{array}{ c c c } \hline \uparrow\downarrow & & \\ \hline \end{array}$ 6s 6p
f) Na ⁺ (Z=11)	$2s^2 2p^6$	$\begin{array}{ c c c } \hline \uparrow\downarrow & \uparrow\downarrow & \uparrow\downarrow \\ \hline \end{array}$ 2s 2p

3) Scrivere la configurazione elettronica esterna ed indicare la terna dei numeri quantici per gli elettroni di valenza dei seguenti elementi:

	configurazione	orbitale	n	l	m	
a) C	$2s^2 2p^2$	$\begin{array}{ c c c } \hline \uparrow\downarrow & \uparrow & \uparrow \\ \hline \end{array}$ 2s 2p	2s	2	0	0
		2p	2	1	0, 1 (o 0, -1; o 1, -1)	
b) Mg	$3s^2$	$\begin{array}{ c } \hline \uparrow\downarrow \\ \hline \end{array}$ 3s	3s	3	0	0
c) P	$3s^2 3p^3$	$\begin{array}{ c c c } \hline \uparrow\downarrow & \uparrow & \uparrow \\ \hline \end{array}$ 3s 3p	3s	3	0	0
		3p	3	1	0, ±1	
d) K	$4s^1$	$\begin{array}{ c } \hline \uparrow \\ \hline \end{array}$ 4s	4s	4	0	0
f) Cu	$4s^1 3d^{10}$	$\begin{array}{ c c c c c c } \hline \uparrow & \uparrow\downarrow & \uparrow\downarrow & \uparrow\downarrow & \uparrow\downarrow & \uparrow\downarrow \\ \hline \end{array}$ 4s 3d	4s	4	0	0
		3d	3	2	0, ±1, ±2	
g) I	$5s^2 5p^5$	$\begin{array}{ c c c } \hline \uparrow\downarrow & \uparrow\downarrow & \uparrow \\ \hline \end{array}$ 5s 5p	5s	5	0	0
		5p	5	1	0, ±1	

4) Indicare il numero di protoni (Z) e neutroni (N) contenuto nel nucleo di ciascuno dei seguenti isotopi:

	Z	N
$D = {}^2_1\text{H}$	1	1
${}^{13}_6\text{C}$	6	7
${}^{18}_8\text{O}$	8	10
${}^{35}_{17}\text{Cl}$	17	18
${}^{63}_{29}\text{Cu}$	29	34

5) Il carbonio ha due isotopi stabili ${}^{12}\text{C}$ e ${}^{13}\text{C}$:

isotopo	massa (uma)	abbondanza (%)
${}^{12}\text{C}$	12,000	98,89
${}^{13}\text{C}$	13,0034	1,11

Calcolare il peso atomico del carbonio.

$$PA_{\text{C}} = \sum_i \frac{m_i \%_i}{100} = \frac{12 \times 98,89 + 13,0034 \times 1,11}{100} = 12,011 \text{ uma}$$

6) Il cloro ha due isotopi ${}^{35}\text{Cl}$ e ${}^{37}\text{Cl}$.

isotopo	massa (u.m.a)	abbondanza (%)
${}^{35}\text{Cl}$	34,969	75,7 %
${}^{37}\text{Cl}$	36,966	24,2 %

Calcolare il peso atomico del cloro

$$PA_{\text{Cl}} = \sum_i \frac{m_i \%_i}{100} = \frac{34,969 \times 75,7 + 36,966 \times 24,2}{100} = 35,45 \text{ uma}$$

7) Il silicio è composto da tre isotopi:

isotopo	massa (uma)	abbondanza (%)
${}^{28}_{14}\text{Si}$	27,97693	92,21
${}^{29}_{14}\text{Si}$	28,97649	4,70
${}^{30}_{14}\text{Si}$	29,97376	3,09

Calcolare il peso atomico del silicio.

$$PA_{\text{Si}} = \sum_i \frac{m_i \%_i}{100} = \frac{27,97693 \times 92,21 + 28,97649 \times 4,70 + 29,97376 \times 3,09}{100} = 28,0856 \text{ uma}$$

8) Calcolare:

a) il numero di moli di H_2O contenute in 1,00 l di acqua;

$$PM_{\text{H}_2\text{O}} = 2PA_{\text{H}} + PA_{\text{O}} = 2 \times 1 + 16 = 18 \text{ uma} = 18 \text{ g/mol}$$

$$1 \text{ litro di } \text{H}_2\text{O} \text{ pesa } 1 \text{ Kg} = 1000 \text{ g} \quad n_{\text{H}_2\text{O}} = \frac{g_{\text{H}_2\text{O}}}{PM_{\text{H}_2\text{O}}} = \frac{1000}{18} = 55,55 \text{ mol}$$

b) il numero di molecole

$$n. \text{ molecole} = n. \text{ moli} \times N = 55,55 \times 6 \times 10^{23} = 3,34 \times 10^{25}$$

c) il numero di grammoatomi di H e O

$$n_{\text{H}} = 2n_{\text{H}_2\text{O}} = 2 \times 55,55 = 111,11 \text{ mol} \quad n_{\text{O}} = n_{\text{H}_2\text{O}} = 55,55 \text{ mol}$$

d) il numero di atomi di H e O

$$n. \text{ atomi H} = 2 n. \text{ molecole H}_2\text{O} = 2 \times 3,34 \times 10^{25} = 6,69 \times 10^{25} \quad n. \text{ atomi O} = n. \text{ molecole H}_2\text{O} = 3,34 \times 10^{25}$$

e) la percentuale in peso di H e O nell'acqua

$$\%_{\text{H}} = \frac{2PA_{\text{H}}}{PM_{\text{H}_2\text{O}}} \times 100 = \frac{2}{18} \times 100 = 11,11\% \quad \%_{\text{O}} = \frac{PA_{\text{O}}}{PM_{\text{H}_2\text{O}}} \times 100 = \frac{16}{18} \times 100 = 88,89\%$$

9) Calcolare:

a) il peso molecolare dell'acido acetico (CH_3COOH);

$$PM_{\text{CH}_3\text{COOH}} = 2PA_{\text{C}} + 4PA_{\text{H}} + 2PA_{\text{O}} = 2 \times 12 + 4 \times 1 + 2 \times 16 = 60 \text{ g/mol}$$

b) il numero di moli di CH_3COOH contenute in 50 g $n_{\text{CH}_3\text{COOH}} = \frac{g_{\text{CH}_3\text{COOH}}}{PM_{\text{CH}_3\text{COOH}}} = \frac{50}{60} = 0,8333 \text{ mol}$

c) il numero di molecole di CH_3COOH contenute in 50 g;

$$N_{\text{CH}_3\text{COOH}} = n_{\text{CH}_3\text{COOH}} \times N_{\text{A}} = 0,8333 \times 6,022 \times 10^{23} = 5,02 \times 10^{23}$$

d) il numero di grammoatomi di H, C, O contenuti in 50 g di CH_3COOH

$$n_{\text{C}} = n_{\text{O}} = 2 n_{\text{CH}_3\text{COOH}} = 1,667 \text{ mol} \quad n_{\text{H}} = 4 n_{\text{CH}_3\text{COOH}} = 3,333 \text{ mol}$$

e) i grammi di H, C, O contenuti in 50 g di CH_3COOH ;

$$g_{\text{H}} = n_{\text{H}} \times PA_{\text{H}} = 3,33 \text{ g} \quad g_{\text{C}} = n_{\text{C}} \times PA_{\text{C}} = 1,667 \times 12 = 20,0 \text{ g} \quad g_{\text{O}} = n_{\text{O}} \times PA_{\text{O}} = 1,667 \times 16 = 26,67 \text{ g}$$

f) i grammi di CH_3COOH che contengono 1,0 grammi di C;

$$g_{\text{CH}_3\text{COOH}} : g_{\text{C}} = 50 : 20 \Rightarrow g_{\text{CH}_3\text{COOH}} = 2,5 \text{ g} \quad g_{\text{C}} = 2,5 \text{ g}$$

oppure : $\frac{g_{\text{CH}_3\text{COOH}}}{g_{\text{C}}} = \frac{PM_{\text{CH}_3\text{COOH}}}{PA_{\text{C}}} = \frac{2 \times 12}{60} = 2,5 \quad g_{\text{CH}_3\text{COOH}} = 2,5 \text{ g} \quad g_{\text{C}} = 2,5 \text{ g}$

g) le percentuali in peso di H, C, O in CH_3COOH .

$$\%_{\text{H}} = \frac{4PA_{\text{H}}}{PM_{\text{CH}_3\text{COOH}}} \times 100 = \frac{4}{60} \times 100 = \frac{g_{\text{H}}}{g_{\text{CH}_3\text{COOH}}} \times 100 = \frac{3,33}{50} \times 100 = 6,66\%$$

$$\%_{\text{C}} = \frac{2PA_{\text{C}}}{PM_{\text{CH}_3\text{COOH}}} \times 100 = \frac{2 \times 12}{60} \times 100 = \frac{g_{\text{C}}}{g_{\text{CH}_3\text{COOH}}} \times 100 = \frac{20}{50} \times 100 = 40,0\%$$

$$\%_{\text{O}} = \frac{2PA_{\text{O}}}{PM_{\text{CH}_3\text{COOH}}} \times 100 = \frac{2 \times 16}{60} \times 100 = \frac{g_{\text{O}}}{g_{\text{CH}_3\text{COOH}}} \times 100 = \frac{26,67}{50} \times 100 = 53,33\% \quad \sum_i \%_i = 100$$

10) Calcolare:

a) le moli di Na_2SO_4 e le moli di Na, S, O contenuti in 10 g di Na_2SO_4 .

$$PM_{\text{Na}_2\text{SO}_4} = 2PA_{\text{Na}} + PA_{\text{S}} + 4PA_{\text{O}} = 2 \times 23 + 32 + 4 \times 16 = 142 \text{ g/mol}$$

$$n_{\text{Na}_2\text{SO}_4} = \frac{g_{\text{Na}_2\text{SO}_4}}{PM_{\text{Na}_2\text{SO}_4}} = \frac{10}{142} = 0,0704 \text{ mol} \quad n_{\text{Na}} = 2 n_{\text{Na}_2\text{SO}_4} = 0,1408 \text{ mol}$$

$$n_{\text{S}} = n_{\text{Na}_2\text{SO}_4} = 0,0704 \text{ mol} \quad n_{\text{O}} = 4 n_{\text{Na}_2\text{SO}_4} = 0,2817 \text{ mol}$$

b) la percentuale in peso di tutti e tre gli elementi nel composto.

$$\%_{\text{Na}} = \frac{2PA_{\text{Na}}}{PM_{\text{Na}_2\text{SO}_4}} \times 100 = \frac{23 \times 2}{142} \times 100 = 32,4\% \quad \%_{\text{S}} = \frac{PA_{\text{S}}}{PM_{\text{Na}_2\text{SO}_4}} \times 100 = \frac{32}{142} \times 100 = 22,5\%$$

$$\%_{\text{O}} = \frac{2PA_{\text{O}}}{PM_{\text{Na}_2\text{SO}_4}} \times 100 = \frac{16 \times 4}{142} \times 100 = 45,1\% \quad \%_{\text{Na}} + \%_{\text{S}} + \%_{\text{O}} = 100$$

11) Calcolare la percentuale in peso di Ca, C, O in CaCO_3 .

$$PM_{\text{CaCO}_3} = PA_{\text{Ca}} + PA_{\text{C}} + 3 PA_{\text{O}} = 40 + 12 + 3 \times 16 = 100,0 \text{ g/mol}$$

$$\%_{\text{Ca}} = \frac{PA_{\text{Ca}}}{PM_{\text{CaCO}_3}} \times 100 = \frac{40}{100} \times 100 = 40\% \quad \%_{\text{C}} = \frac{PA_{\text{C}}}{PM_{\text{CaCO}_3}} \times 100 = \frac{12}{100} \times 100 = 12,0\%$$

$$\%_{\text{O}} = \frac{3PA_{\text{O}}}{PM_{\text{CaCO}_3}} \times 100 = \frac{3 \times 16}{100} \times 100 = 48\% \quad \%_{\text{Ca}} + \%_{\text{C}} + \%_{\text{O}} = 100$$

12) Calcolare i grammi di C, N, O, H contenuti in 3,0 g di urea $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$.

$$PM_{\text{urea}} = PA_{\text{C}} + PA_{\text{O}} + 2PA_{\text{N}} + 4PA_{\text{H}} = 12 + 16 + 2 \times 14 + 4 = 60 \text{ g/mol}$$

$$n_{\text{urea}} = \frac{g_{\text{urea}}}{PM_{\text{urea}}} = \frac{3}{60} = 0,05 \text{ mol}$$

$$n_{\text{C}} = n_{\text{O}} = n_{\text{urea}} = 0,05 \quad n_{\text{N}} = 2n_{\text{urea}} = 0,1 \quad n_{\text{H}} = 4n_{\text{urea}} = 0,2$$

$$g_{\text{C}} = n_{\text{C}} \times PA_{\text{C}} = 0,05 \times 12 = 0,6 \text{ g} \quad g_{\text{O}} = n_{\text{O}} \times PA_{\text{O}} = 0,05 \times 16 = 0,8 \text{ g}$$

$$g_{\text{N}} = n_{\text{N}} \times PA_{\text{N}} = 0,1 \times 14 = 1,4 \text{ g} \quad g_{\text{H}} = n_{\text{H}} \times PA_{\text{H}} = 0,2 \times 1 = 0,2 \text{ g}$$

13) Calcolare: a) il numero di moli contenuto in 2,5 g di CuSO_4 ;

$$PM_{\text{CuSO}_4} = PA_{\text{Cu}} + PA_{\text{S}} + 4 PA_{\text{O}} = 63,546 + 32,06 + 4 \times 16 = 159,6 \text{ g/mol}$$

$$n_{\text{CuSO}_4} = \frac{g_{\text{H}_2\text{O}}}{PM_{\text{H}_2\text{O}}} = \frac{2,5}{159,6} = 0,01566 \text{ mol}$$

b) la percentuale in peso di Cu, S e O nel CuSO_4 ;

$$\%_{\text{Cu}} = \frac{PA_{\text{Cu}}}{PM_{\text{CuSO}_4}} \times 100 = \frac{63,546}{159,6} \times 100 = 39,8\% \quad \%_{\text{S}} = \frac{PA_{\text{S}}}{PM_{\text{CuSO}_4}} \times 100 = \frac{32,06}{159,6} \times 100 = 20,1\%$$

$$\%_{\text{O}} = \frac{4 PA_{\text{O}}}{PM_{\text{CuSO}_4}} \times 100 = \frac{4 \times 16}{159,6} \times 100 = 40,1\% \quad \%_{\text{Cu}} + \%_{\text{S}} + \%_{\text{O}} = 100$$

c) il numero di grammi di Cu, S e O contenuti in 2,5 g di CuSO_4 .

$$n_{\text{Cu}} = n_{\text{S}} = n_{\text{CuSO}_4} = 0,01566 \text{ mol} \quad n_{\text{O}} = 4n_{\text{CuSO}_4} = 0,0626 \text{ mol}$$

$$g_{\text{Cu}} = n_{\text{Cu}} \times PA_{\text{Cu}} = 0,01566 \times 63,546 = 0,995 \text{ g} \quad g_{\text{S}} = n_{\text{S}} \times PA_{\text{S}} = 0,01566 \times 32,06 = 0,502 \text{ g}$$

$$g_{\text{O}} = n_{\text{O}} \times PA_{\text{O}} = 0,0626 \times 16 = 1,002 \text{ g}$$

14) Calcolare la formula minima di un composto formato di Fe e O sapendo che 20,0 g di composto contengono 13,99 g di Fe.

$$g_{\text{O}} = 20 - g_{\text{Fe}} = 6,01 \text{ g}$$

	g	PA	$\frac{g}{PA} = n$	Rapporti atomici	
Fe	13,99	55,85	$\frac{13,99}{55,85} = 0,250$	1	→ 2
O	6,01	16	$\frac{6,01}{16} = 0,3756$	$\frac{0,3756}{0,250} = 1,5$	→ 3

formula minima

Fe_2O_3

15) Calcolare la formula minima di un composto formato esclusivamente da P e O sapendo che 10,00 g di composto contengono 5,63 g di P.

$$g_O = 10 - g_P = 4,37 \text{ g}$$

	g	PA	g/PA=n	Rapporti atomici	
P	5,63	31	5,63/31=0,1817	1	2
O	4,37	16	4,37/16=0,273	1,5	3

formula minima
P₂O₃

16) Calcolare formula minima e formula molecolare di un composto sapendo che per 1,0 g di C in questo composto ci sono 0,17 g di H e che il suo peso molecolare è 112 g/mol

	g	PA	$\frac{g}{PA} = n$	Rapporti atomici
C	1,0	12	$\frac{1}{12} = 0,083\bar{3}$	1
H	0,17	1	0,17	$\frac{0,17}{0,083\bar{3}} = 2$

Formula minima: CH₂

$$PM = 112 \text{ g/mol}$$

Peso formula

$$PF = PA_C + 2PA_H = 14 \text{ uma}$$

$$\frac{PM}{PF} = \frac{112}{14} = 8$$

Formula molecolare: (CH₂)₈ C₈H₁₆

17) Calcolare formula minima e formula molecolare di un composto che presenta la seguente composizione percentuale in peso: C: 40%; H: 6,67% O:53,33% sapendo che il suo peso molecolare è pari a 180 g/mol

	%	PA	$\frac{\%}{PA}$	Rapporti atomici
C	40,0	12	3,3 $\bar{3}$	1
H	6,67	1	6,6 $\bar{6}$	2
O	55,33	16	3,3 $\bar{3}$	1

Formula minima: CH₂O

$$PF = PA_C + 2PA_H + 2PA_O = 30 \text{ uma}$$

$$\frac{PM}{PF} = \frac{180}{30} = 6$$

Formula molecolare: C₆H₁₂O₆

18) Calcolare formula minima e formula molecolare di un composto organico che ha peso molecolare PM=88,0 uma e presenta la seguente composizione in peso: C: 54,55%, H: 9,09%, O: 36,36%. Calcolare la formula minima e formula molecolare del composto.

	%	PA	$\frac{\%}{PA}$	Rapporti atomici
C	54,55	12	4,546	2
H	9,09	1	9,09	4
O	36,36	16	2,247	1

Formula minima : C₂H₄O

$$PF = 2PA_C + 4PA_H + PA_O = 2 \times 2 + 4 + 16 = 24 \text{ uma}$$

$$PM = 88 \quad PF = 24 \quad \text{Formula molecolare: C}_4\text{H}_8\text{O}_2$$

19) Un elemento X forma con l'ossigeno un composto avente formula XO₂; sapendo che 1,35 g di XO₂ contengono 1,0 g di X calcolare il peso atomico dell'elemento.

$$g_O = g_{XO_2} - g_X = 1,35 - 1,0 = 0,35 \text{ g}$$

$$n_O = \frac{g_O}{PA_O} = \frac{0,35}{16} = 0,21875$$

$$n_X = 1/2 n_O = 0,1094$$

$$PA_X = \frac{g_X}{n_X} = \frac{1,0}{0,1094} = 91,4 \text{ g/mol} \quad (\text{Zr})$$

20) Un composto di un elemento incognito X ha formula minima XO; sapendo che il composto contiene il 40% in peso di ossigeno determinare il peso atomico dell'elemento X.

$$\%_{\text{O}} = 40 \quad \%_{\text{Me}} = 100 - \%_{\text{O}} = 60 \quad n_{\text{O}} = \frac{\%_{\text{O}}}{\text{PA}_{\text{O}}} = \frac{40}{16} = 2,5 \text{ mol}$$

$$n_{\text{Me}} = n_{\text{O}} \quad \text{PA}_{\text{Me}} = \frac{g_{\text{Me}}}{n_{\text{Me}}} = \frac{60}{2,5} = 24 \text{ g/mol (Mg)}$$

21) Un ossido di un metallo (Me) ha formula MeO; sapendo che 100 g di ossido contengono 28,57 g di ossigeno, calcolare il peso atomico del metallo.

$$g_{\text{O}} = 28,57 \text{ g} \quad g_{\text{Me}} = 100 - g_{\text{O}} = 71,43 \text{ g} \quad n_{\text{O}} = \frac{g_{\text{O}}}{\text{PM}_{\text{O}}} = \frac{28,57}{16} = 1,786 \text{ mol}$$

$$n_{\text{Me}} = n_{\text{O}} \quad \text{PM}_{\text{Me}} = \frac{g_{\text{Me}}}{n_{\text{Me}}} = \frac{71,43}{1,786} = 40,0 \text{ g/mol (Ca)}$$

22) La blenda, solfuro di zinco ZnS, è un minerale dal quale si estrae lo zinco. Calcolare :

a) la percentuale di Zn contenuto in una blenda al 70%;

b) la quantità di minerale per ottenere 1,0 ton di Zn.

$$\text{a) } \text{PA}_{\text{Zn}} = 65,37 \text{ g/mol} \quad \text{PF}_{\text{ZnS}} = \text{PA}_{\text{Zn}} + \text{PA}_{\text{S}} = 65,37 + 32,064 = 97,434 \text{ g/mol}$$

In 100 g di minerale 70 g sono blenda [$(\%_{\text{ZnS}})_{\text{min}} 70 \%$]; la % di Zn nella blenda è data da:

$$(\%_{\text{Zn}})_{\text{blenda}} = \frac{g_{\text{Zn}}}{g_{\text{ZnS}}} \times 100 = \frac{\text{PA}_{\text{Zn}}}{\text{PF}_{\text{ZnS}}} \times 100 \quad \Rightarrow \quad g_{\text{Zn}} = \frac{\text{PA}_{\text{Zn}}}{\text{PF}_{\text{ZnS}}} \times g_{\text{ZnS}} = \frac{65,37}{97,434} \times 70 = 46,96 \text{ g}$$

46,96 g Zn in 100 g di minerale; nel minerale $(\%_{\text{Zn}})_{\text{min}} = 46,96\%$

b) In 100 g di minerale ci sono 46,96 g di Zn; la quantità di minerale (x) che contiene 1,0 ton di Zn

$$\text{è data da:} \quad x:1,0 = 46,96:100 \quad \Rightarrow x = \frac{1 \times 100}{46,96} = 2,13 \text{ ton}$$

B) Nomenclatura

1) Calcolare il numero di ossidazione di tutti gli elementi nei seguenti composti:

- | | |
|-----------------------------|---------------------------|
| a) NH_3 | f) K_2S |
| b) CO_2 | g) P_2O_5 |
| c) CaCl_2 | h) HClO_4 |
| d) Na_2SO_4 | i) KNO_2 |
| e) PO_4^{3-} | j) CO_3^{2-} |

2) Scrivere il nome dei seguenti composti ed indicare il numero di ossidazione di tutti gli elementi:

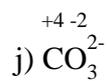
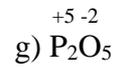
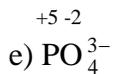
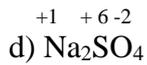
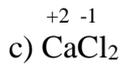
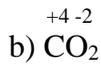
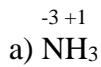
- | | |
|----------------------------|---------------------------------|
| a) KClO | i) Na_2SO_3 |
| b) H_3PO_3 | j) LiNO_3 |
| c) CaS | k) Fe_2S_3 |
| d) K_2CO_3 | l) PCl_5 |
| e) K_2SO_4 | m) NaNO_2 |
| f) NaNO_3 | n) $\text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3$ |
| g) HClO_4 | o) Na_2CO_3 |
| h) NH_4Cl | p) K_3AsO_4 |

3) Scrivere la formula bruta dei seguenti composti ed indicare il numero di ossidazione di tutti gli elementi:

- | | |
|-------------------------|---------------------------|
| a) carbonato di calcio | j) acido nitroso |
| b) nitrato di bario | k) solfuro ferroso |
| c) solfato di sodio | l) perclorato di magnesio |
| d) cloruro di alluminio | m) fosfato di calcio |
| e) acido solforico | n) nitrato rameico |
| f) idrossido di calcio | o) bicarbonato di sodio |
| g) ipoclorito di sodio | p) acido solforoso |
| h) solfito di potassio | q) clorato di potassio |
| i) acido ortofosforico | r) solfato ferrico |
| | s) arseniato di sodio |

Soluzioni B

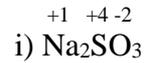
1) Calcolare il numero di ossidazione di tutti gli elementi nei seguenti composti:



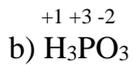
2) Scrivere il nome dei seguenti composti ed indicare il numero di ossidazione di tutti gli elementi:



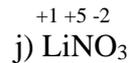
ipoclorito di potassio



solfito di sodio



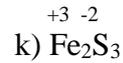
acido fosforoso



nitrate di litio



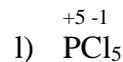
solfo di calcio



solfo ferrico



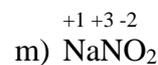
carbonato di potassio



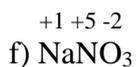
pentacloruro di fosforo



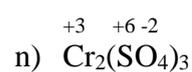
solfo di potassio



nitrite di sodio



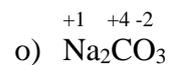
nitrate di sodio



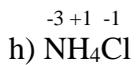
solfo di cromo



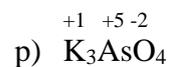
acido perclorico



carbonato di sodio



cloruro di ammonio



arseniato di potassio

3) Scrivere la formula bruta dei seguenti composti ed indicare il numero di ossidazione di tutti gli elementi:

a) carbonato di calcio	$\begin{matrix} +2 & +4 & -2 \\ \text{CaCO}_3 \end{matrix}$
b) nitrato di bario	$\begin{matrix} +2 & +5 & -2 \\ \text{Ba(NO}_3)_2 \end{matrix}$
c) solfato di sodio	$\begin{matrix} +1 & +6 & -2 \\ \text{Na}_2\text{SO}_4 \end{matrix}$
d) cloruro di alluminio	$\begin{matrix} +3 & -1 \\ \text{AlCl}_3 \end{matrix}$
e) acido solforico	$\begin{matrix} +1 & +6 & -2 \\ \text{H}_2\text{SO}_4 \end{matrix}$
f) idrossido di calcio	$\begin{matrix} +2 & -2 & +1 \\ \text{Ca(OH)}_2 \end{matrix}$
g) ipoclorito di sodio	$\begin{matrix} +1 & +1 & -2 \\ \text{NaClO} \end{matrix}$
h) solfito di potassio	$\begin{matrix} +1 & +4 & -2 \\ \text{K}_2\text{SO}_3 \end{matrix}$
i) acido ortofosforico	$\begin{matrix} +1 & +5 & -2 \\ \text{H}_3\text{PO}_4 \end{matrix}$
j) acido nitroso	$\begin{matrix} +1 & +3 & -2 \\ \text{HNO}_2 \end{matrix}$
k) solfuro ferroso	$\begin{matrix} +2 & -2 \\ \text{FeS} \end{matrix}$
l) perclorato di magnesio	$\begin{matrix} +2 & +7 & -2 \\ \text{Mg(ClO}_4)_2 \end{matrix}$
m) acido orto fosforico	$\begin{matrix} +1 & +5 & -2 \\ \text{H}_3\text{PO}_4 \end{matrix}$
n) nitrato rameico	$\begin{matrix} +2 & +5 & -2 \\ \text{Cu(NO}_3)_2 \end{matrix}$
o) bicarbonato di sodio	$\begin{matrix} +1 & +1 & +4 & -2 \\ \text{NaHCO}_3 \end{matrix}$
p) acido solforoso	$\begin{matrix} +1 & +4 & -2 \\ \text{H}_2\text{SO}_3 \end{matrix}$
q) clorato di potassio	$\begin{matrix} +1 & +5 & -2 \\ \text{KClO}_3 \end{matrix}$
r) solfato ferrico	$\begin{matrix} +3 & +6 & -2 \\ \text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 \end{matrix}$
s) arseniato di sodio	$\begin{matrix} +1 & +5 & -2 \\ \text{Na}_3\text{AsO}_4 \end{matrix}$

C) Formule di Struttura

1) Disegnare la formula di struttura dei seguenti composti, indicando la loro geometria (lineare, trigonale planare, tetraedrica):

a) NH_3 b) H_2Se , c) SO_3 , d) PH_3 , e) SO_2 , f) PCl_5 , g) BeH_2

2) Disegnare la formula di struttura dei seguenti composti, indicando il numero di legami σ e π che l'atomo di carbonio forma e la sua ibridazione:

a) CO_2 , b) CCl_4 , c) HCN , d) C_2H_2 , e) H_2CO

3) Scrivere la formula bruta e la formula di struttura dei seguenti acidi, indicando tutti gli angoli di legame presenti nella molecola.

- a) Acido carbonico
- b) Acido clorico
- c) Acido ipocloroso
- d) Acido nitrico
- e) Acido ortofosforico
- f) Acido perclorico
- g) acido solfidrico
- h) acido solforico

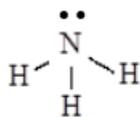
4) Scrivere la formula bruta e la formula di struttura dei seguenti ioni, indicando gli angoli di legame e le eventuali strutture di risonanza.

- a) Ione ammonio
- b) Ione carbonato
- c) Ione clorato
- d) Ione idrogenocarbonato
- e) Ione idrogenosolfito
- f) Ione nitrito
- g) Ione perclorato
- h) Ione ortofosfato
- i) Ione solfito
- j) Ione solfato

Soluzioni C

1) Disegnare la formula di struttura dei seguenti composti, indicando la loro geometria (lineare, trigonale planare, tetraedrica):

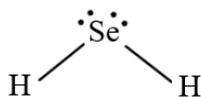
a) NH₃



tetraedro distorto (3 legami σ + 1 lone pair)

angoli di legame di poco inferiori a 109°

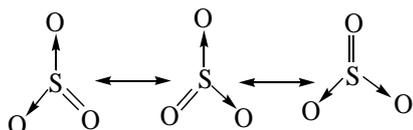
b) H₂Se



tetraedro distorto (2 legami σ + 2 lone pairs)

angoli di legame di poco inferiori a 109°

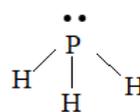
c) SO₃



Trigonale planare (3 legami)

angoli di legame 120°

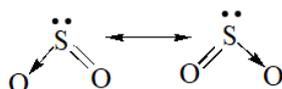
d) PH₃



tetraedro distorto (3 legami σ + 1 lone pair)

angoli di legame di poco inferiori a 109°

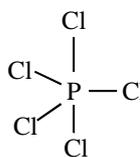
e) SO₂



Trigonale planare distorta (2 legami σ + 1 lone pair)

angoli di legame circa 120°

f) PCl₅



Bipiramide trigonale (5 legami σ)

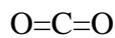
g) BeH₂



Lineare (2 legami σ)

2) Disegnare la formula di struttura dei seguenti composti, indicando il numero di legami s e p che l'atomo di carbonio forma e la sua ibridazione:

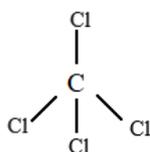
a) CO₂



2 legami σ e 2 legami π

ibridazione sp

b) CCl₄



4 legami σ

ibridazione sp³

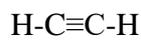
c) HCN



2 legami σ e 2 legami π

ibridazione sp

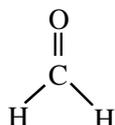
d) C₂H₂



2 legami σ e 2 legami π

ibridazione sp

e) H₂CO

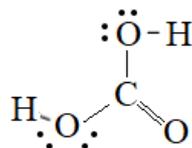


3 legami σ e 1 legame π

ibridazione sp²

3) Scrivere la formula bruta e la formula di struttura dei seguenti acidi, indicando tutti gli angoli di legame presenti nella molecola.

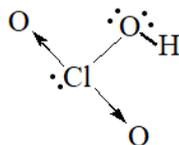
a) Acido carbonico H_2CO_3



O-C-O 120°

C-O-H di poco inferiore a 109°

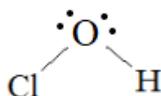
b) Acido clorico HClO_3



O-Cl-O di poco inferiore a 109°

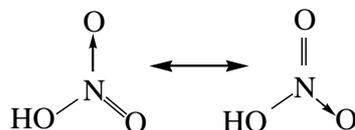
Cl-O-H di poco inferiore a 109°

c) Acido ipocloroso HClO



di poco inferiore a 109°

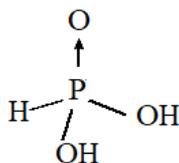
d) Acido nitrico HNO_3



O-N-O 120°

N-O-H di poco inferiore a 109°

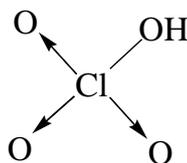
e) Acido ortofosforico H_3PO_4



O-P-O 109°

P-O-H di poco inferiore a 109°

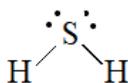
f) Acido perclorico HClO_4



O-Cl-O 109°

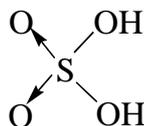
Cl-O-H di poco inferiore a 109°

g) Acido solfidrico H_2S



di poco inferiore a 109°

h) Acido solforico H_2SO_4

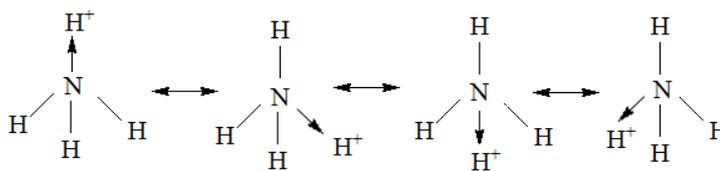


O-S-O 109°

S-O-H di poco inferiore a 109°

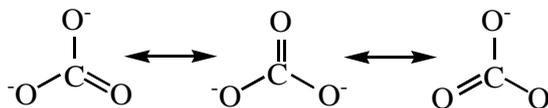
4) Scrivere la formula bruta e la formula di struttura dei seguenti ioni, indicando gli angoli di legame e le eventuali strutture di risonanza.

a) Ione ammonio



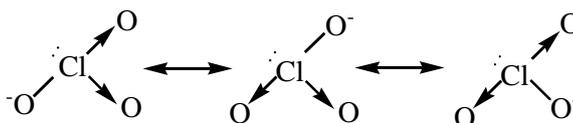
109°

b) Ione carbonato



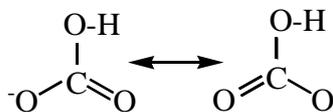
120°

c) Ione clorato



di poco <109°

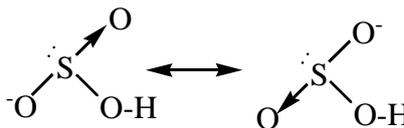
d) Ione idrogenocarbonato



O-C-O 120°

C-O-H di
poco <109°

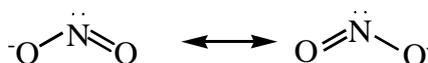
e) Ione idrogenosolfito



O-S-O e

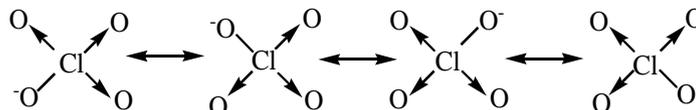
S-O-H di poco
<109°

f) Ione nitrito



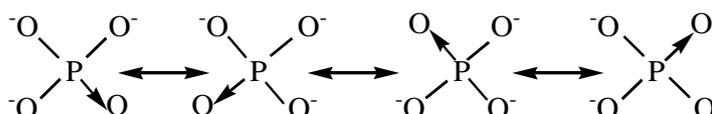
di poco <120°

g) Ione perclorato



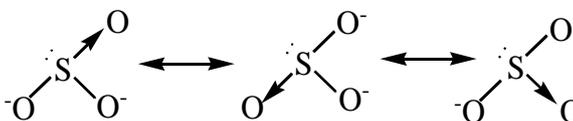
109°

h) Ione ortofosfato



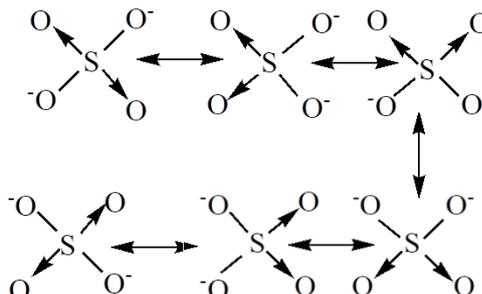
109°

i) Ione solfito



di poco <109°

j) Ione solfato



109°

D) Bilanciamento reazioni

1) Bilanciare le seguenti reazioni:

- a) $\dots\text{N}_2 + \dots\text{H}_2 \rightarrow \dots\text{NH}_3$
b) $\dots\text{Ba}(\text{OH})_2 + \dots\text{HCl} \rightarrow \dots\text{BaCl}_2 + \dots\text{H}_2\text{O}$
c) $\dots\text{Mg}(\text{OH})_2 + \dots\text{H}_3\text{AsO}_4 \rightarrow \dots\text{Mg}_3(\text{AsO}_4)_2 + \dots\text{H}_2\text{O}$
d) $\dots\text{CH}_4 + \dots\text{O}_2 \rightarrow \dots\text{CO}_2 + \dots\text{H}_2\text{O}$
e) $\dots\text{C}_6\text{H}_{12} + \dots\text{O}_2 \rightarrow \dots\text{CO}_2 + \dots\text{H}_2\text{O}$
f) $\dots\text{Ag}^+ + \dots\text{Cu} \rightarrow \dots\text{Ag} + \dots\text{Cu}^{2+}$

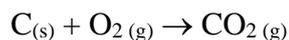
2) Bilanciare con il metodo ionico-elettronico le seguenti reazioni:

- a) $\dots\text{Mg} + \dots\text{Au}^{3+} \rightarrow \dots\text{Mg}^{2+} + \dots\text{Au}$
b) $\dots\text{MnO}_4^- + \dots\text{HNO}_2 + \dots\text{H}^+ \rightarrow \dots\text{Mn}^{2+} + \dots\text{NO}_3^- + \dots\text{H}_2\text{O}$
c) $\dots\text{Pb}^{2+} + \dots\text{IO}_3^- + \dots\text{H}^+ \rightarrow \dots\text{Pb}^{4+} + \dots\text{HI} + \dots\text{H}_2\text{O}$
d) $\dots\text{Cu} + \dots\text{NO}_3^- + \dots\text{H}^+ \rightarrow \dots\text{Cu}^{2+} + \dots\text{NO} + \dots\text{H}_2\text{O}$
e) $\dots\text{Cl}_2 + \dots\text{OH}^- \rightarrow \dots\text{Cl}^- + \dots\text{ClO}_3^- + \dots\text{H}_2\text{O}$
f) $\dots\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-} + \dots\text{SO}_3^{2-} + \dots\text{H}^+ \rightarrow \dots\text{Cr}^{3+} + \dots\text{SO}_4^{2-} + \dots\text{H}_2\text{O}$
g) $\dots\text{S} + \dots\text{NO}_3^- + \dots\text{H}^+ \rightarrow \dots\text{SO}_4^{2-} + \dots\text{NO}_2 + \dots\text{H}_2\text{O}$
h) $\dots\text{MnO}_4^- + \dots\text{I}^- + \dots\text{H}_2\text{O} \rightarrow \dots\text{MnO}_2 + \dots\text{IO}_3^- + \dots\text{OH}^-$
i) $\dots\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-} + \dots\text{Fe}^{2+} + \dots\text{H}^+ \rightarrow \dots\text{Cr}^{3+} + \dots\text{Fe}^{3+} + \dots\text{H}_2\text{O}$
j) $\dots\text{S} + \dots\text{OH}^- \rightarrow \dots\text{S}^{2-} + \dots\text{S}_2\text{O}_3^{2-} + \dots\text{H}_2\text{O}$

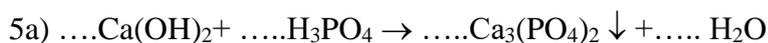
3) Bilanciare le seguenti reazioni in forma ionica ed in forma molecolare:

- a) $\dots\text{Zn} + \dots\text{H}^+ \rightarrow \dots\text{Zn}^{2+} + \dots\text{H}_2$ f. ionica
 $\dots\text{Zn} + \dots\text{HCl} \rightarrow \dots\text{ZnCl}_2 + \dots\text{H}_2$ f. molecolare
b) $\dots\text{MnO}_4^- + \dots\text{H}_2\text{S} + \dots\text{H}^+ \rightarrow \dots\text{Mn}^{2+} + \dots\text{S} + \dots\text{H}_2\text{O}$ f. ionica
 $\dots\text{KMnO}_4 + \dots\text{H}_2\text{S} + \dots\text{HCl} \rightarrow \dots\text{MnCl}_2 + \dots\text{S} + \dots\text{H}_2\text{O} + \dots\text{KCl}$ f. molecolare
c) $\dots\text{ClO}^- + \dots\text{I}_2 + \dots\text{OH}^- \rightarrow \dots\text{Cl}^- + \dots\text{IO}_3^- + \dots\text{H}_2\text{O}$ f. ionica
 $\dots\text{NaClO} + \dots\text{I}_2 + \dots\text{NaOH} \rightarrow \dots\text{NaCl} + \dots\text{NaIO}_3 + \dots\text{H}_2\text{O}$ f. molecolare

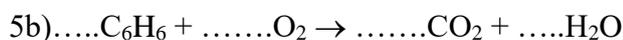
4) Calcolare quanti grammi di ossigeno reagiscono con 6,0 grammi di carbonio e quanti grammi di anidride carbonica si formano nella reazione:



5) Bilanciare le seguenti reazioni:



e calcolare: a) i grammi di H_3PO_4 che reagiscono con 3,7 g di $\text{Ca}(\text{OH})_2$;
b) i grammi di $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ che si formano.

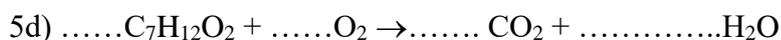


e calcolare: a) i grammi di O_2 che reagiscono con 7,8 g di C_6H_6 ;
b) i grammi di CO_2 e di H_2O prodotti nella reazione.



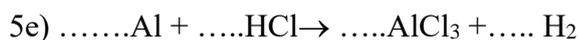
e calcolare: a) i grammi di C che reagiscono con 50 g di BaSO₄;

b) i grammi di CO e di BaS prodotti nella reazione.



e calcolare: a) i grammi di O₂ che reagiscono con 10 g di C₇H₁₂O₂;

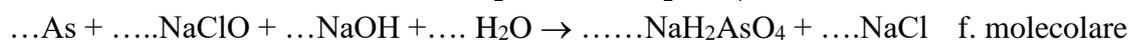
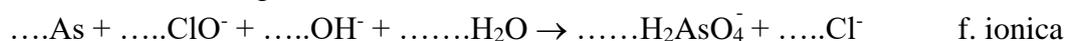
b) i grammi di CO₂ e H₂O che si formano;



e calcolare: a) i grammi di HCl che reagiscono con 10 g di Al;

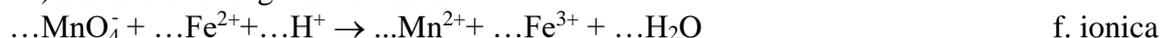
b) i grammi di AlCl₃ e H₂ che si formano.

6a) Bilanciare la seguente reazione:



e calcolare i grammi di NaClO che reagiscono con 5,0 g di As e i grammi di NaH₂AsO₄ che si formano.

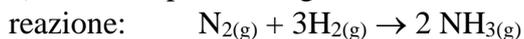
6b) Bilanciare la seguente reazione:



e calcolare i grammi di FeSO₄ che reagiscono con 5,0 g di KMnO₄ e i grammi di MnSO₄ che si formano.

7) Calcolare i grammi di AgCl che si ottengono dalla reazione di 10,0 g di AgNO₃ con 10,0 g di NaCl in base alla reazione: AgNO₃ + NaCl → NaNO₃ + AgCl↓

8) In un recipiente vengono introdotti 2,0 g di H₂ e 7,0 g di N₂; ad alta temperatura avviene la reazione:



Calcolare i grammi di NH₃ che si formano.

9) Scrivere la reazione di combustione dell'ottano (C₈H₁₈) e calcolare i grammi di ossigeno consumato e i grammi di anidride carbonica e acqua prodotti dalla combustione di 200 ml di ottano (d=0,8 g/ml).

10) La combustione di un 5,8 g di composto organico avente peso molecolare 116 g/mol e contenente C, H, O produce 13,2 g di anidride carbonica e 5,4 g di acqua; calcolare la formula bruta del composto.

11) In soluzione acquosa acida per acido solforico, il permanganato di potassio reagisce con acido ossalico (H₂C₂O₄) per dare solfato di manganese, anidride carbonica e solfato di potassio, come prodotto secondario. Scrivere e bilanciare la reazione e calcolare quanti grammi di permanganato di potassio reagiscono con 10,0 grammi di acido ossalico diidrato (H₂C₂O₄·2H₂O) e quanti grammi di solfato di manganese si formano.

12) In un recipiente vengono introdotti 10,0 grammi di idrogeno e 10,0 grammi di fluoro; facendo aumentare la temperatura, si ha la formazione di acido fluoridrico; supponendo la reazione quantitativa, calcolare quali sostanze ed in quali quantità (grammi) sono presenti nel recipiente dopo la reazione.

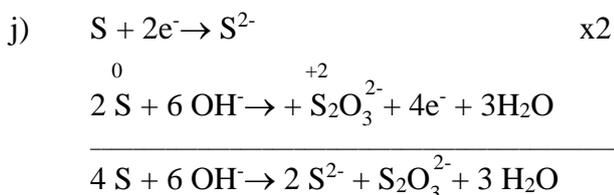
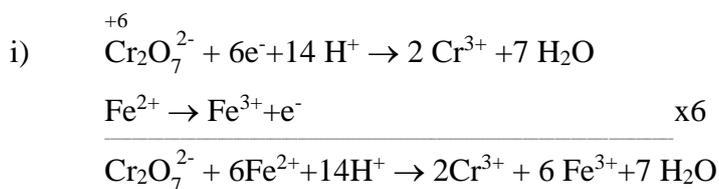
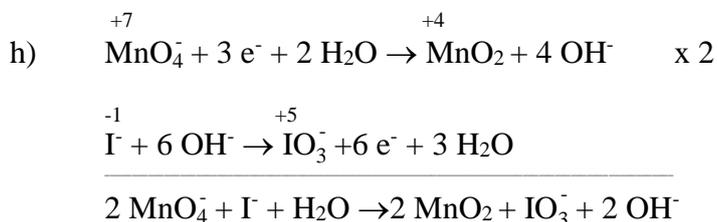
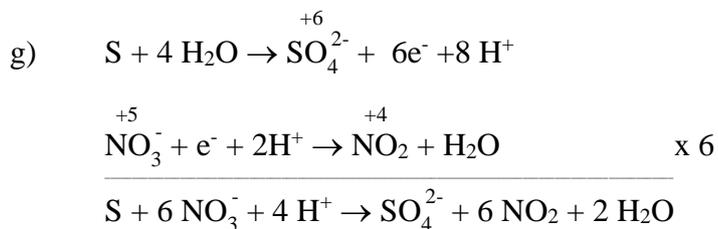
Soluzioni D

1) Bilanciare le seguenti reazioni:

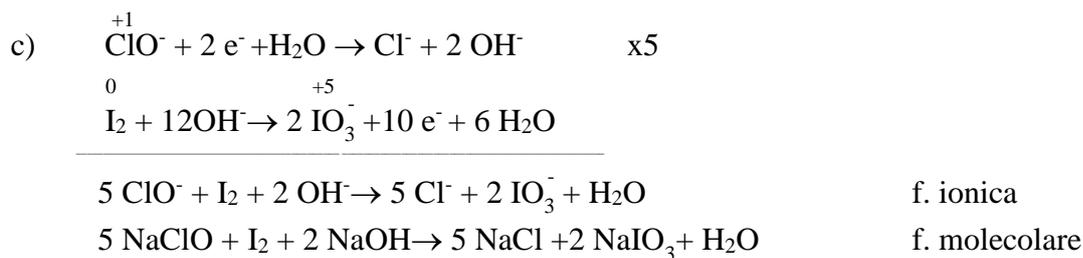
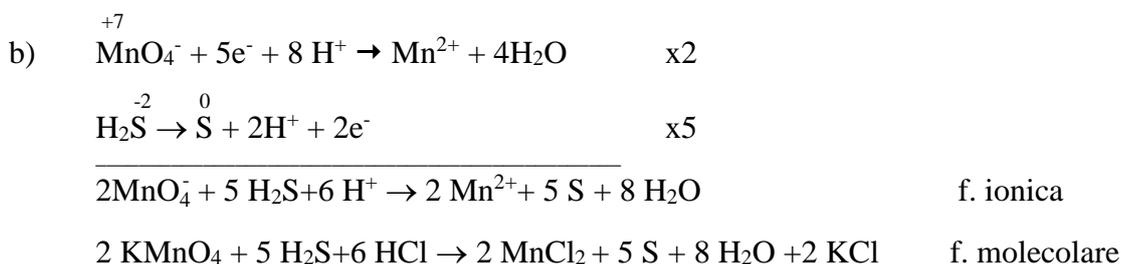
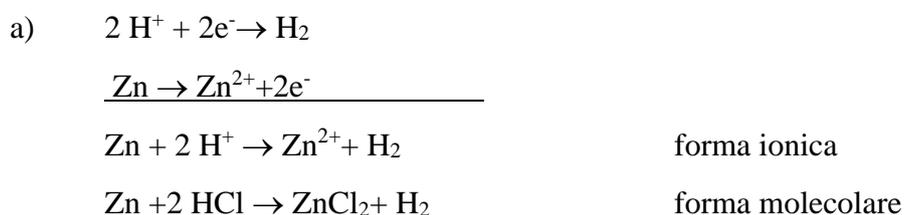
- a) $\text{N}_2 + 3 \text{H}_2 \rightarrow 2 \text{NH}_3$
 b) $\text{Ba}(\text{OH})_2 + 2 \text{HCl} \rightarrow \text{BaCl}_2 + 2 \text{H}_2\text{O}$
 c) $3 \text{Mg}(\text{OH})_2 + 2 \text{H}_3\text{AsO}_4 \rightarrow \text{Mg}_3(\text{AsO}_4)_2 + 6 \text{H}_2\text{O}$
 d) $\text{CH}_4 + 2 \text{O}_2 \rightarrow \text{CO}_2 + 2 \text{H}_2\text{O}$
 e) $\text{C}_6\text{H}_{12} + 9 \text{O}_2 \rightarrow 6 \text{CO}_2 + 6 \text{H}_2\text{O}$
 f) $2 \text{Ag}^+ + \text{Cu} \rightarrow 2 \text{Ag} + \text{Cu}^{2+}$

2) Bilanciare con il metodo ionico-elettronico le seguenti reazioni:

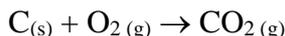
- a) $\text{Mg} \rightarrow \text{Mg}^{2+} + 2\text{e}^- \quad \times 3$
 $\text{Au}^{3+} + 3\text{e}^- \rightarrow \text{Au} \quad \times 2$
 $\hline 3 \text{Mg} + 2 \text{Au}^{3+} \rightarrow 3 \text{Mg}^{2+} + 2 \text{Au}$
- b) $\text{MnO}_4^- + 5\text{e}^- + 8 \text{H}^+ \rightarrow \text{Mn}^{2+} + 4\text{H}_2\text{O} \quad \times 2$
 $\text{HNO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{NO}_3^- + 2\text{e}^- + 3 \text{H}^+ \quad \times 5$
 $\hline 2 \text{MnO}_4^- + 5 \text{HNO}_2 + \text{H}^+ \rightarrow 2 \text{Mn}^{2+} + 5 \text{NO}_3^- + 3 \text{H}_2\text{O}$
- c) $\text{Pb}^{2+} \rightarrow \text{Pb}^{4+} + 2\text{e}^- \quad \times 3$
 $\text{IO}_3^- + 6 \text{e}^- + 7 \text{H}^+ \rightarrow \text{I}^- + 3 \text{H}_2\text{O}$
 $\hline 3 \text{Pb}^{2+} + \text{IO}_3^- + 7 \text{H}^+ \rightarrow 3 \text{Pb}^{4+} + \text{I}^- + 3 \text{H}_2\text{O}$
- d) $\text{Cu} \rightarrow \text{Cu}^{2+} + 2\text{e}^- \quad \times 3$
 $\text{NO}_3^- + 3\text{e}^- + 4 \text{H}^+ \rightarrow \text{NO} + 2 \text{H}_2\text{O} \quad \times 2$
 $\hline 3 \text{Cu} + 2 \text{NO}_3^- + 8 \text{H}^+ \rightarrow 3 \text{Cu}^{2+} + 2\text{NO} + 4 \text{H}_2\text{O}$
- e) $\text{Cl}_2 + 2 \text{e}^- \rightarrow 2 \text{Cl}^- \quad \times 5$
 $\text{Cl}_2 + 12 \text{OH}^- \rightarrow 2 \text{ClO}_3^- + 10 \text{e}^- + 6 \text{H}_2\text{O}$
 $\hline 6 \text{Cl}_2 + 12 \text{OH}^- \rightarrow 10 \text{Cl}^- + 2 \text{ClO}_3^- + 6 \text{H}_2\text{O}$
 $3 \text{Cl}_2 + 6 \text{OH}^- \rightarrow 5 \text{Cl}^- + \text{ClO}_3^- + 3 \text{H}_2\text{O}$
- f) $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-} + 6\text{e}^- + 14 \text{H}^+ \rightarrow 2 \text{Cr}^{3+} + 7 \text{H}_2\text{O}$
 $\text{SO}_3^{2-} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{SO}_4^{2-} + 2 \text{e}^- + 2 \text{H}^+ \quad \times 3$
 $\hline \text{Cr}_2\text{O}_7^{2-} + 3 \text{SO}_3^{2-} + 8 \text{H}^+ \rightarrow 2 \text{Cr}^{3+} + 3 \text{SO}_4^{2-} + 4 \text{H}_2\text{O}$



3) Bilanciare le seguenti reazioni in forma ionica ed in forma molecolare:



4) Calcolare quanti grammi di ossigeno reagiscono con 6,0 grammi di carbonio e quanti grammi di anidride carbonica si formano nella reazione:

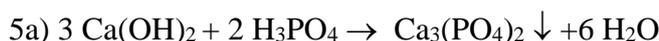


$$g_C = 6,0 \text{ g} \quad n_C = \frac{g_C}{P_{A_C}} = \frac{6}{12} = 0,5 \text{ mol}$$

$$a) \quad n_{O_2} = n_C = 0,5 \quad P_{M_{O_2}} = 2P_{A_O} = 32 \text{ g/mol} \quad g_{O_2} = n_{O_2} \times P_{M_{O_2}} = 0,5 \times 32 = 16 \text{ g}$$

$$b) \quad n_{CO_2} = n_C = 0,5 \quad P_{M_{CO_2}} = P_{A_C} + 2P_{A_O} = 44 \text{ g/mol} \quad g_{CO_2} = n_{CO_2} \times P_{M_{CO_2}} = 0,5 \times 44 = 22 \text{ g}$$

5) Bilanciare le seguenti reazioni:



e calcolare: a) i grammi di H_3PO_4 che reagiscono con 3,7 g di $Ca(OH)_2$;

$$P_{M_{Ca(OH)_2}} = P_{A_{Ca}} + 2P_{A_O} + 2P_{A_H} = 74 \text{ g/mol} \quad n_{Ca(OH)_2} = \frac{g_{Ca(OH)_2}}{P_{M_{Ca(OH)_2}}} = \frac{3,7}{74} = 0,05 \text{ mol}$$

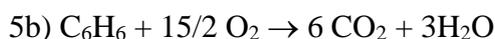
$$a) \quad n_{H_3PO_4} = \frac{2}{3} n_{Ca(OH)_2} = 0,0333 \text{ mol} \quad P_{M_{H_3PO_4}} = 3P_{A_H} + P_{A_P} + 4P_{A_O} = 98 \text{ g/mol}$$

$$g_{H_3PO_4} = n_{H_3PO_4} \times P_{M_{H_3PO_4}} = 0,0333 \times 98 = 3,267 \text{ g}$$

b) i grammi di $Ca_3(PO_4)_2$ che si formano.

$$n_{Ca_3(PO_4)_2} = \frac{1}{3} n_{Ca(OH)_2} = 0,0167 \text{ mol} \quad P_{M_{Ca_3(PO_4)_2}} = 3P_{A_{Ca}} + 2P_{A_P} + 8P_{A_O} = 310 \text{ g/mol}$$

$$g_{Ca_3(PO_4)_2} = n_{Ca_3(PO_4)_2} \times P_{M_{Ca_3(PO_4)_2}} = 0,0167 \times 310 = 5,17 \text{ g}$$



E calcolare: a) i grammi di O_2 che reagiscono con 7,8 g di C_6H_6 ;

$$P_{M_{C_6H_6}} = 6P_{A_H} + 6P_{A_C} = 6 \times 12 + 6 = 78 \text{ g/mol} \quad n_{C_6H_6} = \frac{g_{C_6H_6}}{P_{M_{C_6H_6}}} = \frac{7,8}{78} = 0,1 \text{ mol}$$

$$n_{O_2} = 15/2 n_{C_6H_6} = 0,75 \text{ mol} \quad P_{M_{O_2}} = 2P_{A_O} = 32 \text{ g/mol} \quad g_{O_2} = n_{O_2} \times P_{M_{O_2}} = 0,75 \times 32 = 24 \text{ g}$$

b) i grammi di CO_2 e di H_2O prodotti nella reazione.

$$n_{CO_2} = 6 n_{C_6H_6} = 0,6 \text{ mol} \quad P_{M_{CO_2}} = P_{A_C} + 2P_{A_O} = 44 \text{ g/mol} \quad g_{CO_2} = n_{CO_2} \times P_{M_{CO_2}} = 0,6 \times 44 = 26,4 \text{ g}$$

$$n_{H_2O} = 3 n_{C_6H_6} = 0,3 \text{ mol} \quad P_{M_{H_2O}} = 2P_{A_H} + P_{A_O} = 18 \text{ g/mol} \quad g_{H_2O} = n_{H_2O} \times P_{M_{H_2O}} = 0,3 \times 18 = 5,4 \text{ g}$$



E calcolare: a) i grammi di C che reagiscono con 50 g di $BaSO_4$;

$$P_{M_{BaSO_4}} = P_{A_{Ba}} + P_{A_S} + 4P_{A_O} = 137,33 + 32,06 + 4 \times 16 = 233,4 \text{ g/mol}$$

$$n_{BaSO_4} = \frac{g_{BaSO_4}}{P_{M_{BaSO_4}}} = \frac{50}{233,4} = 0,214 \text{ mol} \quad n_C = 4 n_{BaSO_4} = 0,857 \text{ mol} \quad g_C = n_C \times P_{A_C} = 0,857 \times 12 = 10,3 \text{ g}$$

b) i grammi di CO e di BaS prodotti nella reazione.

$$n_{CO} = n_C = 4 n_{BaSO_4} = 0,857 \text{ mol} \quad P_{M_{CO}} = P_{A_C} + P_{A_O} = 28 \text{ g/mol} \quad g_{CO} = n_{CO} \times P_{M_{CO}} = 0,857 \times 28 = 24 \text{ g}$$

$$n_{BaS} = n_{BaSO_4} = 0,214 \text{ mol} \quad P_{M_{BaS}} = P_{A_{Ba}} + P_{A_S} = 169,4 \text{ g/mol} \quad g_{BaS} = n_{BaS} \times P_{M_{BaS}} = 0,214 \times 169,4 = 36,3 \text{ g}$$



Calcolare: a) i grammi di O_2 che reagiscono con 10 g di $C_7H_{12}O_2$

$$PM_{C_7H_{12}O_2} = 7PA_C + 12PA_H + 2PA_O = 128 \text{ g/mol} \quad n_{C_7H_{12}O_2} = \frac{g_{C_7H_{12}O_2}}{PM_{C_7H_{12}O_2}} = \frac{10}{128} = 0,0781 \text{ mol}$$

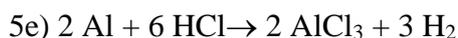
$$PM_{O_2} = 2PA_O = 32 \text{ g/mol} \quad n_{O_2} = 9 n_{C_7H_{12}O_2} = 0,703 \text{ mol} \quad g_{O_2} = n_{O_2} \times PM_{O_2} = 22,5 \text{ g}$$

b) i grammi di CO_2 e H_2O che si formano.

$$PM_{CO_2} = PA_C + 2PA_O = 44 \text{ g/mol} \quad n_{CO_2} = 7 n_{C_7H_{12}O_2} = 0,547 \text{ mol} \quad g_{CO_2} = n_{CO_2} \times PM_{CO_2} = 24,06 \text{ g}$$

$$PM_{H_2O} = 2PA_H + PA_O = 18 \text{ g/mol} \quad n_{H_2O} = 6 n_{C_7H_{12}O_2} = 0,469 \text{ mol} \quad g_{H_2O} = n_{H_2O} \times PM_{H_2O} = 8,44 \text{ g}$$

$$g_{C_7H_{12}O_2} + g_{O_2} = g_{CO_2} + g_{H_2O}$$



calcolare i grammi di HCl che reagiscono con 10 g di Al ed

$$PA_{Al} = 27 \text{ g/mol} \quad n_{Al} = \frac{g_{Al}}{PA_{Al}} = \frac{10}{27} = 0,37$$

$$PM_{HCl} = PA_H + PA_{Cl} = 36,45 \text{ g/mol} \quad n_{HCl} = 3 n_{Al} = 1,11 \text{ mol} \quad g_{HCl} = n_{HCl} \times PM_{HCl} = 40,5 \text{ g}$$

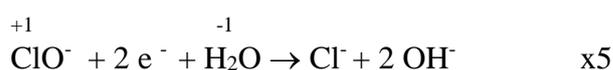
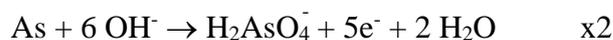
i grammi di $AlCl_3$ e H_2 che si formano.

$$PM_{AlCl_3} = PA_{Al} + 3PA_{Cl} = 133,35 \text{ g/mol} \quad n_{AlCl_3} = n_{Al} = 0,37 \text{ mol} \quad g_{AlCl_3} = n_{AlCl_3} \times PM_{AlCl_3} = 49,4 \text{ g}$$

$$PM_{H_2} = 2PA_H = 2 \text{ g/mol} \quad n_{H_2} = \frac{3}{2} n_{Al} = 0,555 \text{ mol} \quad g_{H_2} = n_{H_2} \times PM_{H_2} = 1,11 \text{ g}$$

$$g_{Al} + g_{HCl} = g_{AlCl_3} + g_{H_2}$$

6a) Bilanciare la seguente reazione:



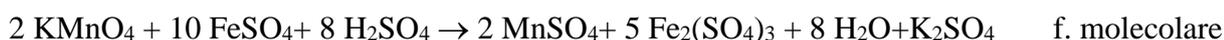
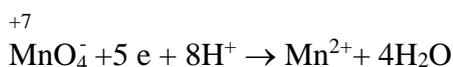
e calcolare i grammi di $NaClO$ che reagiscono con 5,0 g di As e i grammi di NaH_2AsO_4 che si formano.

$$n_{AS} = \frac{g_{AS}}{PA_{AS}} = \frac{5}{74,92} = 0,0667 \text{ mol} \quad n_{NaClO} = \frac{5}{2} n_{AS} = 0,1667 \text{ mol} \quad n_{NaH_2AsO_4} = n_{AS} = 0,0667 \text{ mol}$$

$$PM_{NaClO} = PA_{Na} + PA_{Cl} + PA_O = 75,45 \text{ g/mol} \quad g_{NaClO} = n_{NaClO} \times PM_{NaClO} = 12,59 \text{ g}$$

$$PM_{NaH_2AsO_4} = PA_{Na} + 2PA_H + PA_{As} + 4PA_O = 163,92 \text{ g/mol} \quad g_{NaH_2AsO_4} = n_{NaH_2AsO_4} \times PM_{NaH_2AsO_4} = 10,94$$

6b) Bilanciare la seguente reazione:



e calcolare i grammi di FeSO_4 che reagiscono con 5,0 g di KMnO_4 e i grammi di MnSO_4 che si formano.

$$\text{PM}_{\text{KMnO}_4} = \text{PA}_K + \text{PA}_{\text{Mn}} + 4\text{PA}_O = 158 \text{ g/mol} \quad n_{\text{KMnO}_4} = \frac{g_{\text{KMnO}_4}}{\text{PM}_{\text{KMnO}_4}} = \frac{5}{158} = 0,0316 \text{ mol}$$

$$\text{PM}_{\text{FeSO}_4} = \text{PA}_{\text{Fe}} + \text{PA}_S + 4\text{PA}_O = 152 \text{ g/mol} \quad n_{\text{FeSO}_4} = 5n_{\text{KMnO}_4} = 0,158 \text{ mol} \quad g_{\text{FeSO}_4} = n_{\text{FeSO}_4} \times \text{PM}_{\text{FeSO}_4} = 24,0 \text{ g}$$

7) Calcolare i grammi di AgCl che si ottengono dalla reazione di 10,0 g di AgNO_3 con 10,0 g di NaCl in base alla reazione: $\text{AgNO}_3 + \text{NaCl} \rightarrow \text{NaNO}_3 + \text{AgCl} \downarrow$

$$\text{PM}_{\text{NaCl}} = \text{PA}_{\text{Na}} + \text{PA}_{\text{Cl}} = 58,45 \text{ g/mol} \quad n_{\text{NaCl}} = \frac{g_{\text{NaCl}}}{\text{PM}_{\text{NaCl}}} = \frac{10}{58,45} = 0,171 \text{ mol}$$

$$\text{PM}_{\text{AgNO}_3} = \text{PA}_{\text{Ag}} + \text{PA}_N + 3\text{PA}_O = 169,87 \text{ g/mol} \quad n_{\text{AgNO}_3} = \frac{g_{\text{AgNO}_3}}{\text{PM}_{\text{AgNO}_3}} = \frac{10}{169,87} = 0,0589 \text{ mol}$$

AgNO_3 reagente in difetto; NaCl reagente in eccesso; la reazione procede fino a scomparsa del componente in difetto

$\text{AgNO}_3 + \text{NaCl} \rightarrow \text{NaNO}_3 + \text{AgCl} \downarrow$	
0,0589 0,171 / /	moli iniziali
<u>-0,0589 -0,0589 +0,0589 +0,0589</u>	reazione
/ 0,112 0,0589 0,0589	moli finali

$$\text{PM}_{\text{AgCl}} = \text{PA}_{\text{Ag}} + \text{PA}_{\text{Cl}} = 143,32 \text{ g/mol} \quad g_{\text{AgCl}} = n_{\text{AgCl}} \times \text{PM}_{\text{AgCl}} = 0,0589 \times 143,32 = 8,44 \text{ g}$$

8) In un recipiente vengono introdotti 2,0 g di H_2 e 7,0 g di N_2 ; ad alta temperatura avviene la reazione: $\text{N}_{2(\text{g})} + 3\text{H}_{2(\text{g})} \rightarrow 2\text{NH}_{3(\text{g})}$ Calcolare i grammi di NH_3 che si formano.

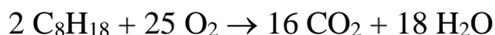
$$\text{PM}_{\text{H}_2} = 2 \text{ g/mol} \quad n_{\text{H}_2} = \frac{g_{\text{H}_2}}{\text{PM}_{\text{H}_2}} = \frac{2}{2} = 1 \text{ mol} \quad \text{PM}_{\text{N}_2} = 28 \text{ g/mol} \quad n_{\text{N}_2} = \frac{g_{\text{N}_2}}{\text{PM}_{\text{N}_2}} = \frac{7}{28} = 0,25 \text{ mol}$$

$$\left(\frac{n_{\text{H}_2}}{n_{\text{N}_2}} \right)_{\text{stechiom}} = 3 \quad \left(\frac{n_{\text{H}_2}}{n_{\text{N}_2}} \right)_{\text{reale}} = \frac{1}{0,25} = 4 > 3 \quad \text{N}_2 \text{ reagente in difetto; H}_2 \text{ reagente in eccesso}$$

$\text{N}_{2(\text{g})} + 3\text{H}_{2(\text{g})} \rightarrow 2\text{NH}_{3(\text{g})}$		
0,25 1 / moli iniziali	Per ogni molecola di N_2 che reagisce ne reagiscono 3 di H_2 ($3 \times 0,25 = 0,75$) e se ne formano 2 di NH_3 ($2 \times 0,25 = 0,5$)	
<u>-0,25 -0,75 +0,5</u>		reazione
/ 0,25 0,5		moli finali

$$\text{PM}_{\text{NH}_3} = \text{PA}_N + 3\text{PA}_H = 17 \text{ g/mol} \quad g_{\text{NH}_3} = n_{\text{NH}_3} \times \text{PM}_{\text{NH}_3} = 0,5 \times 17 = 8,5 \text{ g}$$

9) Scrivere la reazione di combustione dell'ottano (C_8H_{18}) e calcolare i grammi di ossigeno consumato e i grammi di anidride carbonica e acqua prodotti dalla combustione di 200 ml di ottano ($d=0,8 \text{ g/ml}$).



$$g_{\text{C}_8\text{H}_{18}} = V_{\text{C}_8\text{H}_{18}} \times d_{\text{C}_8\text{H}_{18}} = 200 \times 0,8 = 160 \text{ g} \quad \text{PM}_{\text{C}_8\text{H}_{18}} = 18\text{PA}_H + 8\text{PA}_C = 114 \text{ g/mol}$$

$$n_{\text{C}_8\text{H}_{18}} = \frac{g_{\text{C}_8\text{H}_{18}}}{\text{PM}_{\text{C}_8\text{H}_{18}}} = \frac{160}{114} = 1,403 \text{ mol}$$

$$n_{\text{O}_2} = 25/2 n_{\text{C}_8\text{H}_{18}} = 17,5 \text{ mol} \quad \text{PM}_{\text{O}_2} = 2\text{PA}_O = 32 \text{ g/mol} \quad g_{\text{O}_2} = n_{\text{O}_2} \times \text{PM}_{\text{O}_2} = 17,5 \times 32 = 561 \text{ g}$$

$$n_{\text{CO}_2} = 8 n_{\text{C}_8\text{H}_{18}} = 11,23 \text{ mol} \quad \text{PM}_{\text{CO}_2} = \text{PA}_C + 2\text{PA}_O = 44 \text{ g/mol} \quad g_{\text{CO}_2} = n_{\text{CO}_2} \times \text{PM}_{\text{CO}_2} = 11,23 \times 44 = 494 \text{ g}$$

$$n_{\text{H}_2\text{O}} = 9 n_{\text{C}_8\text{H}_{18}} = 12,6 \text{ mol} \quad \text{PM}_{\text{H}_2\text{O}} = 2\text{PA}_H + \text{PA}_O = 18 \text{ g/mol} \quad g_{\text{H}_2\text{O}} = n_{\text{H}_2\text{O}} \times \text{PM}_{\text{H}_2\text{O}} = 12,6 \times 18 = 227,4 \text{ g}$$

10) La combustione di un 5,8 g di composto organico avente peso molecolare 116 g/mol e contenente C, H, O produce 13,2 g di anidride carbonica e 5,4 g di acqua; calcolare la formula bruta del composto.



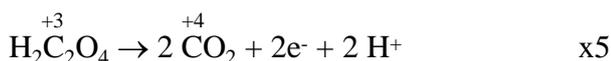
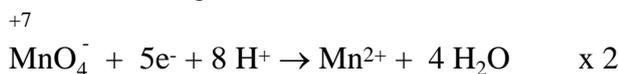
$$n_{C_xH_yO_z} = \frac{g_{C_xH_yO_z}}{PM_{C_xH_yO_z}} = \frac{5,8}{116} = 0,05 \text{ mol} \quad n_{H_2O} = \frac{g_{H_2O}}{PM_{H_2O}} = \frac{5,4}{18} = 0,3 \text{ mol} \quad n_{CO_2} = \frac{g_{CO_2}}{PM_{CO_2}} = \frac{13,2}{44} = 0,3 \text{ mol}$$

$$x = \frac{n_{CO_2}}{n_{C_xH_yO_z}} = \frac{0,3}{0,05} = 6 \quad \frac{y}{2} = \frac{n_{H_2O}}{n_{C_xH_yO_z}} = \frac{0,3}{0,05} = 6 \Rightarrow y=12 \quad C_6H_{12}O_z$$

$$PM_{C_6H_{12}O_z} = 12PA_H + 6PA_C + zPA_O = 116 \text{ g/mol}$$

$$z = \frac{PM_{C_xH_yO_z} - 6PA_C - 12PA_H}{PA_O} = \frac{116 - 12 \times 6 - 12}{16} = 2 \quad C_6H_{12}O_2$$

11) In soluzione acquosa acida per acido solforico, il permanganato di potassio reagisce con acido ossalico ($H_2C_2O_4$) per dare solfato di manganese, anidride carbonica e solfato di potassio, come prodotto secondario. Scrivere e bilanciare la reazione e calcolare quanti grammi di permanganato di potassio reagiscono con 10,0 grammi di acido ossalico diidrato ($H_2C_2O_4 \cdot 2H_2O$) e quanti grammi di solfato di manganese si formano.



$$PM_{H_2C_2O_4 \cdot 2H_2O} = 2PA_H + 2PA_C + 4PA_O + 2PM_{H_2O} = 126 \text{ g/mol}$$

$$PM_{KMnO_4} = PA_K + PA_{Mn} + 4PA_O = 158 \text{ g/mol} \quad PM_{MnSO_4} = PA_{Mn} + PA_S + 4PA_O = 150,9 \text{ g/mol}$$

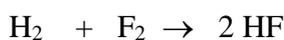
$$n_{H_2C_2O_4 \cdot 2H_2O} = \frac{g}{PM} = \frac{10}{126} = 0,0794 \text{ mol} \quad n_{KMnO_4} = 5/2 n_{H_2C_2O_4 \cdot 2H_2O} = 0,198 \text{ mol} \quad n_{MnSO_4} = n_{KMnO_4}$$

$$g_{KMnO_4} = n_{KMnO_4} \times PM_{KMnO_4} = 0,198 \times 158 = 31,3 \text{ g} \quad g_{MnSO_4} = n_{MnSO_4} \times PM_{MnSO_4} = 0,198 \times 150,9 = 29,9 \text{ g}$$

12) In un recipiente vengono introdotti 10,0 grammi di idrogeno e 10,0 grammi di fluoro; facendo aumentare la temperatura, si ha la formazione di acido fluoridrico; supponendo la reazione quantitativa, calcolare quali sostanze ed in quali quantità (grammi) sono presenti nel recipiente dopo la reazione.

$$PM_{H_2} = 2,0 \text{ g/mol} \quad n_{H_2} = \frac{g_{H_2}}{PM_{H_2}} = \frac{10}{2} = 5 \text{ mol} \quad PM_{F_2} = 2PA_F = 38,0 \text{ g/mol} \quad n_{F_2} = \frac{g_{F_2}}{PM_{F_2}} = \frac{10}{38} = 0,263 \text{ mol}$$

$$n_{H_2} > n_{F_2} \quad H_2 = \text{reagente in eccesso} \quad F_2 = \text{reagente in difetto}$$



$$5,0 \quad 0,263 \quad / \quad \text{moli iniziali}$$

$$-0,263 \quad -0,263 \quad +0,526 \quad \text{reazione}$$

$$4,737 \quad / \quad 0,526 \quad \text{moli finali}$$

Il n. di moli di H_2 che reagiscono è uguale al n. di moli di F_2 ; il n. di moli di HF che si formano è pari al doppio del n. di moli di F_2 che reagiscono ($2 \times 0,263 = 0,526$).

$$PM_{HF} = PA_H + PA_F = 20 \text{ g/mol} \quad g_{HF} = n_{HF} \times PM_{HF} = 0,526 \times 20 = 10,526 \text{ g}$$

$$g_{H_2} = n_{H_2} \times PM_{H_2} = 4,737 \times 2 = 9,474 \text{ g} \quad g_{H_2} + g_{HF} = 9,474 + 10,526 = 20 \text{ g}$$

E) Stato gassoso

1) La camera d'aria di uno pneumatico viene riempita fino alla pressione di 2,5 atmosfere alla temperatura di 25°C; in movimento, la temperatura nella camera d'aria sale fino a 65°C ed il volume aumenta del 5%. Determinare la variazione di pressione.

2) Un recipiente del volume di 20,0 l contiene 8,0 g di O₂ e 14,0 g di N₂ a 25 °C. Calcolare frazioni molari di O₂ e N₂, pressioni parziali e pressione totale nel recipiente.

3) In un recipiente vuoto del volume di 5,0 litri vengono introdotte 0,4 moli di elio ed un certo numero di moli di neon; a 27 °C si misura nel recipiente una pressione pari a 2,5 atm. Calcolare:

a) il numero di moli di neon inserite nel recipiente;

b) le pressioni parziali dell'elio e del neon.

4) Un composto gassoso alla pressione di 700 torr e alla temperatura di 27 °C ha una densità pari a 0,60 g/l. Calcolare il peso molecolare del composto.

5) Un gas è costituito per il 20% in volume di ossigeno e per il restante 80% di azoto; calcolare la sua densità in grammi/litro a 25°C e alla pressione di 1,0 atm.

6) Un idrocarburo ha la seguente composizione percentuale in peso: C: 85,7%, H: 14,3%; alla pressione di 1,0 atm e alla temperatura di 30 °C l'idrocarburo si trova allo stato gassoso e la sua densità è 1,13 g/l. Determinare formula minima, peso molecolare e formula molecolare dell'idrocarburo.

7) Un composto organico contiene C (24,27% in peso), H (4,04%), Cl (71,69%). 5,0 g di questo composto vengono riscaldati fino a 100°C alla pressione di 1,0 atm. In queste condizioni il composto si trova allo stato gassoso ed occupa un volume di 1,55 l. Calcolare formula minima e formula molecolare del composto.

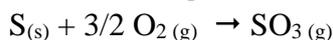
8) Calcolare il volume in litri di O₂ (misurato a 20°C e alla pressione di 1,0 atm) che si ottiene dalla decomposizione di 12,25 g di KClO₃ secondo la reazione:



9) Si chiede quanti litri complessivi di gas, a 200° C e 0,95 atm di pressione, si ottengono dalla decomposizione completa di 0,115 g di bicarbonato di ammonio in base alla reazione:



10) Ad alta temperatura lo zolfo reagisce con l'ossigeno secondo la reazione:



Calcolare:

a) il volume di O₂ misurato a 100 °C e alla pressione di 1,2 atm che reagisce con 2,0 grammi di S;

b) il volume di SO₃ prodotto misurato nelle stesse condizioni.

11) Ad alta temperatura l'ossalato di magnesio (MgC₂O₄) si decompone secondo la reazione:

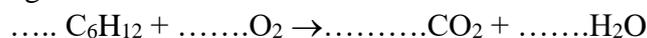


Calcolare:

a) il volume di gas che si ottiene dalla decomposizione di 3,0 g di ossalato di magnesio misurato a 40°C e alla pressione di 1,1 atm;

b) il peso del residuo solido (MgO).

12) 60,0 ml di un idrocarburo liquido avente formula bruta C₆H₁₂ e densità d=0,779 g/ml vengono bruciati in presenza di ossigeno. Bilanciare la reazione:

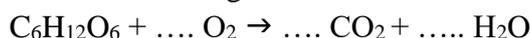


e calcolare:

a) il volume in litri di O₂ consumato nella reazione di combustione, misurato a 30 °C e alla pressione di 1,0 atmosfere;

b) il volume in litri di CO₂ prodotto, misurato nelle stesse condizioni.

13) 3,0 g di glucosio vengono bruciati con ossigeno secondo la reazione (da bilanciare):



Calcolare:

- il volume di O_2 consumato nella reazione, misurato a 25°C e alla pressione di 1,0 atmosfere;
- il volume di CO_2 che si sviluppa misurato nelle stesse condizioni.

14) Alla temperatura di 150°C e alla pressione $P=1,2$ atm, 4,4 g di un composto organico contenente carbonio, idrogeno e ossigeno occupano un volume pari a 1,447 l. Dalla combustione di g 4,4 di composto si ottengono 5,79 l di CO_2 e altrettanti di H_2O , misurati nelle stesse condizioni. Calcolare peso molecolare e formula molecolare del composto.

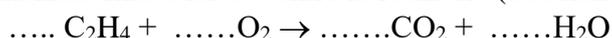
15) In un recipiente vuoto del volume di 5,0 l vengono introdotti 1,6 g di O_2 e 0,40 g di H_2 a $T=30^\circ\text{C}$.

- Determinare la pressione totale nel recipiente e le pressioni parziali di O_2 e H_2 .
- Aumentando la temperatura nel recipiente, avviene la reazione: $\text{O}_2 + 2 \text{H}_2 \rightarrow 2 \text{H}_2\text{O}$

La temperatura viene quindi portata a 150°C . Determinare le pressioni parziali e la pressione totale.

16) In un recipiente vuoto del volume di 8,00 l alla temperatura di 30°C vengono introdotti 2,8 g di C_2H_4 e 12,0 g di O_2 .

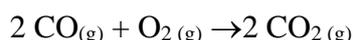
- Calcolare le pressioni parziali di tutti i componenti della miscela e la pressione totale a 30°C .
- La temperatura viene innalzata fino a far avvenire la reazione (da bilanciare):



Dopo la reazione la temperatura viene portata a 150°C . Calcolare le nuove pressioni parziali di tutti i componenti della miscela e la pressione totale.

17) La combustione 2,44 l, misurati a 25°C e 1,0 atm, di un composto organico gassoso contenente C, H, O produce 4,88 l di CO_2 misurati nelle stesse condizioni e 5,4 g di H_2O . Sapendo che la densità rispetto all'idrogeno del composto in esame è pari a 23, determinare peso molecolare e formula bruta del composto.

18) 15,0 ml di CO , misurati a $T=25^\circ\text{C}$ e $P=1,0$ atm vengono mescolati con 5,0 ml di O_2 misurati nelle stesse condizioni di pressione e temperatura. Quando la miscela viene fatta esplodere, avviene la reazione:



Successivamente la miscela di reazione viene riportata a pressione e temperatura ambiente; calcolare la nuova composizione in volume della miscela ed il suo volume totale.

19) Dalla decomposizione termica di 20,0 grammi del carbonato di un metallo bivalente si ottengono 5,8 litri di CO_2 misurati a 25°C e alla pressione di 1,0 atm secondo la reazione:



Calcolare il peso atomico del metallo M.

20) Determinare il peso molecolare di un gas che, nelle stesse condizioni, ha una velocità di diffusione pari esattamente a metà di quella dell'elio.

Soluzioni E

1) La camera d'aria di uno pneumatico viene riempita fino alla pressione di 2,5 atmosfere alla temperatura di 25°C; in movimento, la temperatura nella camera d'aria sale fino a 65°C ed il volume aumenta del 5%. Determinare la variazione di pressione.

$$P_i V_i = nRT_i \quad P_f V_f = nRT_f \quad \frac{P_i V_i}{T_i} = \frac{P_f V_f}{T_f} \quad T_i = 298 \text{ K} \quad T_f = 338 \text{ K}$$

$$V_f = V_i + \Delta V \quad \Delta V = 5\% V_i = 0,05 V_i \quad V_f = V_i + 0,05 V_i = 1,05 V_i$$

$$\frac{P_i V_i}{T_i} = \frac{P_f 1,05 V_i}{T_f} \quad \frac{P_i}{T_i} = \frac{P_f 1,05}{T_f} \quad P_f = \frac{P_i T_f}{1,05 T_i} = \frac{2,5 \times 338}{1,05 \times 298} = 2,7 \text{ atm} \quad \Delta P = P_f - P_i = 0,2 \text{ atm}$$

2) Un recipiente del volume di 20,0 l contiene 8,0 g di O₂ e 14,0 g di N₂ a 25 °C. Calcolare frazioni molari di O₂ e N₂, pressioni parziali e pressione totale nel recipiente.

$$PM_{O_2} = 2 \text{ PA}_O = 32 \text{ g/mol} \quad n_{O_2} = \frac{g_{O_2}}{PM_{O_2}} = \frac{8}{32} = 0,25 \text{ mol}$$

$$PM_{N_2} = 2 \text{ PA}_N = 28 \text{ g/mol} \quad n_{N_2} = \frac{g_{N_2}}{PM_{N_2}} = \frac{14}{28} = 0,5 \text{ mol} \quad n_{tot} = n_{O_2} + n_{N_2} = 0,25 + 0,5 = 0,75 \text{ mol}$$

$$x_{O_2} = \frac{n_{O_2}}{n_{tot}} = \frac{0,25}{0,75} = 0,333 \quad x_{N_2} = \frac{n_{N_2}}{n_{tot}} = \frac{0,5}{0,75} = 0,666 = 1 - x_{O_2}$$

$$25^\circ\text{C} = 298 \text{ K} \quad P_{tot} = n_{tot} \frac{RT}{V} = \frac{0,75 \times 0,0821 \times 298}{20} = 0,92 \text{ atm}$$

$$P_{O_2} = x_{O_2} P_{tot} = 0,333 \times 0,92 = 0,31 \text{ atm} \quad P_{N_2} = x_{N_2} P_{tot} = 0,666 \times 0,92 = 0,61 \text{ atm}$$

3) In un recipiente vuoto del volume di 5,0 litri vengono introdotte 0,4 moli di elio ed un certo numero di moli di neon; a 27 °C si misura nel recipiente una pressione pari a 2,5 atm. Calcolare:

a) il numero di moli di neon inserite nel recipiente;

$$T = 300 \text{ K} \quad n_{tot} = \frac{P_{tot} V}{RT} = \frac{2,5 \times 5}{0,0821 \times 300} = 0,507 \text{ mol}$$

$$n_{tot} = n_{He} + n_{Ne} \quad n_{Ne} = n_{tot} - n_{He} = 0,507 - 0,4 = 0,107 \text{ mol}$$

b) le pressioni parziali dell'elio e del neon.

$$P_{He} = P_{tot} x_{He} = P_{tot} \frac{n_{He}}{n_{tot}} = 2,5 \frac{0,4}{0,507} = 1,97 \text{ atm} \quad P_{Ne} = P_{tot} - P_{He} = 2,5 - 1,97 = 0,53 \text{ atm}$$

4) Un composto gassoso alla pressione di 700 torr e alla temperatura di 27 °C ha una densità pari a 0,60 g/l. Calcolare il peso molecolare del composto.

$$P = 700 \text{ torr} = 0,92 \text{ atm} \quad T = 27^\circ\text{C} = 300 \text{ K}$$

$$PV = nRT = \frac{g}{PM} RT \quad \Rightarrow \quad PM = \frac{g}{V} \frac{RT}{P} = d \frac{RT}{P} = \frac{0,6 \times 0,0821 \times 300}{0,92} = 16,0 \text{ g/mol}$$

5) Un gas è costituito per il 20% in volume di ossigeno e per il restante 80% di azoto; calcolare la sua densità in grammi/litro a 25°C e alla pressione di 1,0 atm.

Per un gas ideale i rapporti in volume sono uguali ai rapporti in moli (principio di Avogadro)

$$x_{N_2} = 80/100 = 0,8 \quad x_{O_2} = 20/100 = 0,2 \quad \text{per 1 mole di gas} \quad V = RT/P = 0,0821 \times 298/1 = 24,4 \text{ l}$$

in una mole di gas ci sono: $g_{N_2} = x_{N_2} \times PM_{N_2} = 0,8 \times 28 = 22,4 \text{ g}$ $g_{O_2} = x_{O_2} \times PM_{O_2} = 0,2 \times 32 = 6,4 \text{ g}$

$$g_{TOT} = g_{N_2} + g_{O_2} = 22,4 + 6,4 = 28,8 \quad d = g_{TOT}/V = 28,8/24,4 = 1,18 \text{ g/l}$$

6) Un idrocarburo ha la seguente composizione percentuale in peso: C: 85,7%, H: 14,3%; alla pressione di 1,0 atm e alla temperatura di 30 °C l'idrocarburo si trova allo stato gassoso e la sua densità è 1,13 g/l. Determinare formula minima, peso molecolare e formula molecolare dell'idrocarburo.

$$T = 303 \text{ K} \quad PV = nRT = \frac{g}{PM} RT \quad PM = \frac{g}{V} \frac{RT}{P} = d \frac{RT}{P} = 1,13 \times 0,0821 \times 303 = 28 \text{ g/mol}$$

	%	PA	%/PA	
C	85,7	12	7,4	1
H	14,3	1	14,3	2

Formula minima: CH₂

$$PF = PA_C + 2PA_H = 14 \text{ g/mol} \quad PM = 2PF$$

Formula molecolare C₂H₄

7) Un composto organico contiene C (24,27% in peso), H (4,04%), Cl (71,69%). 5,0 g di questo composto vengono riscaldati fino a 100°C alla pressione di 1,0 atm. In queste condizioni il composto si trova allo stato gassoso ed occupa un volume di 1,55 l. Calcolare formula minima e formula molecolare del composto.

	%	PA	%/PA		
C	24,27	12	2,02	1	Formula minima: CH ₂ Cl
H	4,04	1	4,04	2	peso formula: PF= 49,4 g/mol
Cl	71,69	35,4	2,02	1	

$$T = 373 \text{ K} \quad PM = \frac{g}{V} \frac{RT}{P} = \frac{5 \times 0,0821 \times 373}{1,55 \times 1} = 98,8 \text{ g/mol} = 2PF \quad \text{Formula molecolare: C}_2\text{H}_4\text{Cl}_2$$

8) Calcolare il volume in litri di O₂ (misurato a 20°C e alla pressione di 1,0 atm) che si ottiene dalla decomposizione di 12,25 g di KClO₃ secondo la reazione:



$$PM_{\text{KClO}_3} = PA_K + PA_{Cl} + 3PA_O = 39,1 + 35,45 + 3 \times 16 = 122,55 \text{ g/mol}$$

$$n_{\text{KClO}_3} = g_{\text{KClO}_3} / PM_{\text{KClO}_3} = 12,25 / 122,55 = 0,1 \text{ mol} \quad n_{\text{O}_2} = 3/2 n_{\text{KClO}_3} = 0,15 \text{ mol} \quad T = 293 \text{ K}$$

$$V_{\text{O}_2} = \frac{nRT}{P} = \frac{0,15 \times 0,0821 \times 293}{1} = 3,6 \text{ l}$$

9) Si chiede quanti litri complessivi di gas, a 200° C e 0,95 atm di pressione, si ottengono dalla decomposizione completa di 0,115 g di bicarbonato di ammonio in base alla reazione:

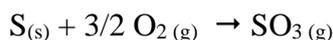


$$PM_{\text{NH}_4\text{HCO}_3} = PA_N + PA_C + 4PA_H + 3PA_O = 79 \text{ g/mol} \quad n_{\text{NH}_4\text{HCO}_3} = \frac{g_{\text{NH}_4\text{HCO}_3}}{PM_{\text{NH}_4\text{HCO}_3}} = \frac{0,115}{79} = 0,00145 \text{ mol}$$

$$n_{\text{CO}_2} = n_{\text{NH}_3} = n_{\text{H}_2\text{O}} = n_{\text{NH}_4\text{HCO}_3} = 0,00145 \text{ mol} \quad n_{\text{gas}} = n_{\text{CO}_2} + n_{\text{NH}_3} + n_{\text{H}_2\text{O}} = 3n_{\text{NH}_4\text{HCO}_3} = 0,00437 \text{ mol}$$

$$T = 473 \text{ K} \quad R = 0,082 \text{ atm} \times \text{l} \times \text{K}^{-1} \quad V_{\text{gas}} = \frac{n_{\text{gas}} RT}{P} = \frac{0,00437 \times 0,082 \times 473}{0,95} = 0,178 \text{ l}$$

10) Ad alta temperatura lo zolfo reagisce con l'ossigeno secondo la reazione:



Calcolare:

a) il volume di O₂ misurato a 100 °C e alla pressione di 1,2 atm che reagisce con 2,0 grammi di S;

b) il volume di SO₃ prodotto misurato nelle stesse condizioni.

$$PA_S = 32 \text{ g/mol} \quad n_S = g_S / PA_S = 2 / 32 = 0,0625 \text{ mol} \quad T = 373 \text{ K}$$

$$a) n_{\text{O}_2} = 3/2 n_S = 3/2 \times 0,0625 = 0,09375 \text{ mol} \quad V_{\text{O}_2} = n_{\text{O}_2} \frac{RT}{P} = \frac{0,09375 \times 0,0821 \times 373}{1,2} = 2,39 \text{ l}$$

$$b) n_{\text{SO}_3} = n_S = 2/3 n_{\text{O}_2} = 0,0625 \text{ mol} \quad V_{\text{SO}_3} = n_{\text{SO}_3} \frac{RT}{P} = \frac{0,0625 \times 0,0821 \times 373}{1,2} = 1,6 \text{ l} \quad V_{\text{SO}_3} = 2/3 V_{\text{O}_2}$$

11) Ad alta temperatura l'ossalato di magnesio (MgC_2O_4) si decompone secondo la reazione:



Calcolare:

a) il volume di gas che si ottiene dalla decomposizione di 3,0 g di ossalato di magnesio misurato a 40°C e alla pressione di 1,1 atm;

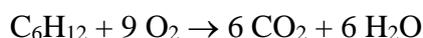
$$T = 313 \text{ K} \quad \text{PM}_{\text{ossalato}} = \text{PMg} + 2 \text{PAc} + 4\text{PAO} = 112,3 \text{ g/mol} \quad n_{\text{ossalato}} = \frac{g_{\text{ossalato}}}{\text{PM}_{\text{ossalato}}} = \frac{3}{112,3} = 0,0267 \text{ mol}$$

$$n_{\text{CO}} = n_{\text{CO}_2} = n_{\text{ossalato}} \quad n_{\text{gas}} = n_{\text{CO}} + n_{\text{CO}_2} = 0,0534 \text{ mol} \quad V_{\text{gas}} = n_{\text{gas}} \frac{RT}{P} = \frac{0,0534 \times 313 \times 0,0821}{1,1} = 1,24 \text{ l}$$

b) il peso del residuo solido (MgO).

$$n_{\text{MgO}} = n_{\text{ossalato}} \quad \text{PM}_{\text{MgO}} = 24,3 + 16 = 40,3 \text{ g/mol} \quad g_{\text{MgO}} = n_{\text{MgO}} \times \text{PM}_{\text{MgO}} = 0,0267 \times 40,3 = 1,08 \text{ g}$$

12) 60,0 ml di un idrocarburo liquido avente formula bruta C_6H_{12} e densità $d=0,779 \text{ g/ml}$ vengono bruciati in presenza di ossigeno. Bilanciare la reazione:



e calcolare: a) il volume in litri di O_2 consumato nella reazione di combustione, misurato a 30°C e alla pressione di 1,0 atmosfere.

$$g_{\text{C}_6\text{H}_{12}} = V_{\text{C}_6\text{H}_{12}} \times d_{\text{C}_6\text{H}_{12}} = 60 \times 0,779 = 46,74 \text{ g}$$

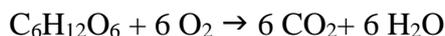
$$\text{PM}_{\text{C}_6\text{H}_{12}} = 6 \text{PAc} + 12 \text{PAH} = 84 \text{ g/mol} \quad n_{\text{C}_6\text{H}_{12}} = \frac{g_{\text{C}_6\text{H}_{12}}}{\text{PM}_{\text{C}_6\text{H}_{12}}} = \frac{46,74}{84} = 0,556 \text{ mol}$$

$$n_{\text{O}_2} = 9 \times n_{\text{C}_6\text{H}_{12}} = 9 \times 0,556 = 5,00 \text{ mol} \quad V_{\text{O}_2} = n_{\text{O}_2} \times \frac{RT}{P} = 5,00 \times 0,0821 \times 303 = 124 \text{ l}$$

b) il volume in litri di CO_2 prodotto, misurato nelle stesse condizioni.

$$n_{\text{CO}_2} = 6 \times n_{\text{C}_6\text{H}_{12}} = 6 \times 0,556 = 3,338 \text{ mol} \quad V_{\text{CO}_2} = n_{\text{CO}_2} \times \frac{RT}{P} = 3,338 \times 0,0821 \times 303 = 83 \text{ l}$$

13) 3,0 g di glucosio vengono bruciati con ossigeno secondo la reazione (da bilanciare):



Calcolare:

a) il volume di O_2 consumato nella reazione, misurato a 25°C e alla pressione di 1,0 atmosfere

$$\text{PM}_{\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6} = 6 \text{PAc} + 12 \text{PAH} + 6\text{PAO} = 180 \text{ g/mol} \quad n_{\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6} = \frac{g_{\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6}}{\text{PM}_{\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6}} = \frac{3}{180} = 0,0167 \text{ mol}$$

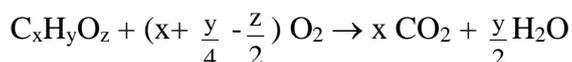
$$n_{\text{O}_2} = 6 \times n_{\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6} = 0,1 \text{ mol} \quad V_{\text{O}_2} = n_{\text{O}_2} \frac{RT}{P} = 0,1 \times 298 \times 0,0821 = 2,45 \text{ l}$$

b) il volume di CO_2 che si sviluppa misurato nelle stesse condizioni.

$$n_{\text{CO}_2} = 6 \times n_{\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6} = n_{\text{O}_2} = 0,1 \text{ mol} \quad V_{\text{CO}_2} = n_{\text{CO}_2} \frac{RT}{P} = 0,1 \times 298 \times 0,0821 = 2,45 \text{ l}$$

14) Alla temperatura di 150°C e alla pressione $P = 1,2 \text{ atm}$, 4,4 g di un composto organico contenente carbonio, idrogeno e ossigeno occupano un volume pari a 1,447 l. Dalla combustione di g 4,4 di composto si ottengono 5,79 l di CO_2 e altrettanti di H_2O , misurati nelle stesse condizioni. Calcolare peso molecolare e formula molecolare del composto.

$$T = 423 \text{ K} \quad \text{PM}_{\text{C}_x\text{H}_y\text{O}_z} = \frac{g}{V} \frac{RT}{P} = \frac{4,4 \times 0,0821 \times 423}{1,447 \times 1,2} = 88 \text{ g/mol} \quad n_{\text{C}_x\text{H}_y\text{O}_z} = \frac{g_{\text{C}_x\text{H}_y\text{O}_z}}{\text{PM}_{\text{C}_x\text{H}_y\text{O}_z}} = \frac{4,4}{88} = 0,05 \text{ mol}$$



A parità di pressione e temperatura, volumi uguali di gas contengono un ugual numero di moli; perciò:

$$\frac{V_{\text{CO}_2}}{V_{\text{C}_x\text{H}_y\text{O}_z}} = \frac{V_{\text{H}_2\text{O}}}{V_{\text{C}_x\text{H}_y\text{O}_z}} = \frac{n_{\text{H}_2\text{O}}}{n_{\text{C}_x\text{H}_y\text{O}_z}} = \frac{n_{\text{CO}_2}}{n_{\text{C}_x\text{H}_y\text{O}_z}} = \frac{5,79}{1,447} = 4 \quad \Rightarrow x=4 \quad \frac{y}{2}=4 \quad \Rightarrow y=8 \quad \text{C}_4\text{H}_8\text{O}_z$$

$$PM_{\text{C}_4\text{H}_8\text{O}_z} = 4PA_{\text{C}} + 8PA_{\text{H}} + zPA_{\text{O}} = 4 \times 12 + 8 + 16z = 88 \quad \Rightarrow 56 + 16z = 88 \quad \Rightarrow z = 2 \quad \text{C}_4\text{H}_8\text{O}_2$$

15) In un recipiente vuoto del volume di 5,0 l vengono introdotti 1,6 g di O₂ e 0,40 g di H₂ a T = 30 °C.

a) Determinare la pressione totale nel recipiente e le pressioni parziali di O₂ e H₂.

$$T = 303 \text{ K} \quad n_{\text{O}_2} = \frac{g_{\text{O}_2}}{PM_{\text{O}_2}} = \frac{1,6}{32} = 0,05 \text{ mol} \quad P_{\text{O}_2} = \frac{n_{\text{O}_2} RT}{V} = \frac{0,05 \times 0,82 \times 303}{5} = 0,248 \text{ atm}$$

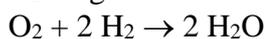
$$n_{\text{H}_2} = \frac{g_{\text{H}_2}}{PM_{\text{H}_2}} = \frac{0,4}{2} = 0,2 \text{ mol} \quad P_{\text{H}_2} = \frac{n_{\text{H}_2} RT}{V} = \frac{0,2 \times 0,82 \times 303}{5} = 0,994 \text{ atm} \quad P_{\text{tot}} = P_{\text{H}_2} + P_{\text{O}_2} = 1,24 \text{ atm}$$

b) Aumentando la temperatura nel recipiente, avviene la reazione: O₂ + 2 H₂ → 2 H₂O

La temperatura viene quindi portata a 150 °C. Determinare le pressioni parziali e la pressione totale.

$$\text{O}_2 + 2 \text{H}_2 \rightarrow 2 \text{H}_2\text{O} \quad \left(\frac{n_{\text{H}_2}}{n_{\text{O}_2}} \right)_{\text{stechiom}} = 2 \quad \left(\frac{n_{\text{H}_2}}{n_{\text{O}_2}} \right)_{\text{reale}} = \frac{0,2}{0,05} = 4 > 2$$

O₂ reagente in difetto; H₂ reagente in eccesso



0,05 0,2 moli iniziali

$$\Delta n_{\text{H}_2} = 2 \quad \Delta n_{\text{O}_2} = -0,1 \text{ mol}$$

-0,05 -0,1 +0,1 reazione

$$\Delta n_{\text{H}_2\text{O}} = |\Delta n_{\text{H}_2}| = 2|\Delta n_{\text{O}_2}| = +0,1 \text{ mol}$$

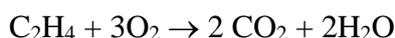
/ 0,1 0,1 moli finali

$$T = 423 \text{ K} \quad P_{\text{H}_2} = P_{\text{H}_2\text{O}} = \frac{n_{\text{H}_2} RT}{V} = \frac{0,1 \times 0,82 \times 423}{5} = 0,693 \text{ atm} \quad P_{\text{tot}} = P_{\text{H}_2} + P_{\text{H}_2\text{O}} = 1,40 \text{ atm}$$

16) In un recipiente vuoto del volume di 8,00 l alla temperatura di 30 °C vengono introdotti 2,8 g di C₂H₄ e 12,0 g di O₂.

a) Calcolare le pressioni parziali di tutti i componenti della miscela e la pressione totale a 30°C.

b) La temperatura viene innalzata fino a far avvenire la reazione:



Dopo la reazione la temperatura viene portata a 150 °C. Calcolare le nuove pressioni parziali di tutti i componenti della miscela e la pressione totale.

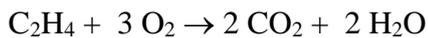
$$T^\circ = 303 \text{ K} \quad PM_{\text{C}_2\text{H}_4} = 2PA_{\text{C}} + 4PA_{\text{H}} = 28 \text{ g/mol} \quad PM_{\text{O}_2} = 2PA_{\text{O}} = 32 \text{ g/mol}$$

$$\text{a) } n_{\text{C}_2\text{H}_4}^0 = \frac{g_{\text{C}_2\text{H}_4}}{PM_{\text{C}_2\text{H}_4}} = \frac{2,8}{28} = 0,1 \text{ mol} \quad P_{\text{C}_2\text{H}_4}^0 = \frac{n_{\text{C}_2\text{H}_4}^0 RT}{V} = \frac{0,1 \times 0,0821 \times 303}{8} = 0,31 \text{ atm}$$

$$n_{\text{O}_2}^0 = \frac{g_{\text{O}_2}}{PM_{\text{O}_2}} = \frac{12}{32} = 0,375 \text{ mol} \quad P_{\text{O}_2}^0 = \frac{n_{\text{O}_2}^0 RT}{V} = \frac{0,375 \times 0,0821 \times 303}{8} = 1,16 \text{ atm}$$

$$P_{\text{tot}}^\circ = P_{\text{O}_2}^\circ + P_{\text{C}_2\text{H}_4}^\circ = 1,16 + 0,31 = 1,47 \text{ atm}$$

b) $(n^{\circ}_{O_2}/n^{\circ}_{C_2H_4})_{\text{stechiom}} = 3$ $(n^{\circ}_{O_2}/n^{\circ}_{C_2H_4})_{\text{reale}} = 0,375/0,1 = 3,75 > 3$ C_2H_4 è il reagente in difetto



0,1	0,375	/	/	moli iniziali	$\Delta n_{O_2} = 3 \Delta n_{C_2H_4} = -0,3 \text{ mol}$
-0,1	-0,3	+0,2	+0,2	reazione	$\Delta n_{CO_2} = \Delta n_{H_2O} = 2 \Delta n_{C_2H_4} = 0,2 \text{ mol}$
-	0,075	0,2	0,2	moli finali	

$$T = 423 \text{ K} \quad P_{O_2} = \frac{n_{O_2} RT}{V} = \frac{0,075 \times 0,0821 \times 423}{8} = 0,323 \text{ atm}$$

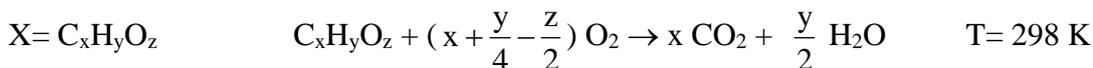
$$P_{CO_2} = \frac{n_{CO_2} RT}{V} = \frac{0,2 \times 0,0821 \times 393}{8} = 0,68 \text{ atm} \quad P_{H_2O} = P_{CO_2} = 0,68 \text{ atm}$$

$$P_{\text{tot}} = P_{O_2} + P_{CO_2} + P_{H_2O} = 0,323 + 0,68 + 0,68 = 2,06 \text{ atm}$$

17) La combustione 2,44 l, misurati a 25°C e 1,0 atm, di un composto organico gassoso contenente C, H, O produce 4,88 l di CO₂ misurati nelle stesse condizioni e 5,4 g di H₂O. Sapendo che la densità rispetto all'idrogeno del composto in esame è pari a 23, determinare peso molecolare e formula bruta del composto.

$$d = \frac{g}{V} = \frac{n \times PM}{V} \quad V = \frac{nRT}{P} \quad d = \frac{g}{V} = \frac{n \times PM \times P}{nRT} = PM \frac{P}{RT}$$

A parità di P e T $\frac{d_X}{d_{H_2}} = \frac{PM_X}{PM_{H_2}} \Rightarrow PM_X \frac{d_X}{d_{H_2}} = PM_{H_2} \times 23 = 46 \text{ g/mol}$

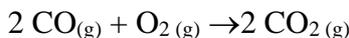


$$n_X = \frac{V_X P}{RT} = \frac{2,44}{0,0821 \times 298} = 0,1 \text{ mol} \quad n_{CO_2} = \frac{V_{CO_2} P}{RT} = \frac{4,88}{0,0821 \times 298} = 0,2 \text{ mol} \quad x = \frac{n_{CO_2}}{n_X} = 2 \quad X = C_2 H_y O_z$$

$$PM_{H_2O} = 18 \quad n_{H_2O} = \frac{g_{H_2O}}{PM_{H_2O}} = \frac{5,4}{18} = 0,3 \text{ mol} \quad \frac{y}{2} = \frac{n_{H_2O}}{n_X} = 3 \quad y = 6 \quad X = C_2 H_6 O_z$$

$$PM_{C_2 H_6 O_z} = 2PA_C + 6PA_H + zPA_O = 2 \times 12 + 6 + z \times 16 = 46 \text{ g/mol} \Rightarrow z = 1 \quad X = C_2 H_6 O$$

18) 15,0 ml di CO, misurati a T=25°C e P=1,0 atm vengono mescolati con 5,0 ml di O₂ misurati nelle stesse condizioni di pressione e temperatura. Quando la miscela viene fatta esplodere avviene la reazione:



Successivamente la miscela di reazione viene riportata a pressione e temperatura ambiente; calcolare la nuova composizione in volume della miscela ed il suo volume totale.

Uguali volumi di gas, a parità di P e T contengono un ugual numero di moli.

1 mole di O₂ reagisce con 2 moli di CO per dare 2 moli di CO₂; il rapporto tra i volumi che reagiscono e si formano è V_{O₂}:V_{CO}:V_{CO₂}=1:2:2; nella miscela V_{O₂}:V_{CO}=5:15=1:3 ⇒ O₂ è il reagente in difetto.

2	1	/	/	ml iniziali
-10	-5	+10	/	reazione
5	/	10	/	ml finali

alla fine V_{CO}= 5,0 ml V_{CO₂}= 10,0 ml V_{tot}= 15,0 ml

19) Dalla decomposizione termica di 20,0 grammi del carbonato di un metallo bivalente si ottengono 5,8 litri di CO₂ misurati a 25°C e alla pressione di 1,0 atm secondo la reazione:



Calcolare il peso atomico del metallo M.

$$T = 298 \text{ K} \quad n_{\text{CO}_2} = \frac{PV_{\text{CO}_2}}{RT} = \frac{1,0 \times 5,8}{0,0821 \times 298} = 0,237 \text{ mol} = n_{\text{MCO}_3} \quad \text{PM}_{\text{MCO}_3} = \frac{g_{\text{MCO}_3}}{n_{\text{MCO}_3}} = \frac{20}{0,237} = 84,38 \text{ g/mol}$$

$$\text{PA}_M = \text{PM}_{\text{MCO}_3} - \text{PA}_C - 3\text{PA}_O = 84,38 - 12 - 16 \times 3 = 24,3 \text{ g/mol} \rightarrow \text{M è il magnesio}$$

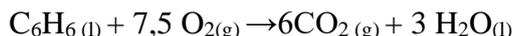
20) Determinare il peso molecolare di un gas che, nelle stesse condizioni, ha una velocità di diffusione pari esattamente a metà di quella dell'elio.

$$\text{PA}_{\text{He}} = 4 \text{ g/mol} \quad \Rightarrow \quad \sqrt{\frac{\text{PA}_{\text{He}}}{\text{PM}_X}} = \frac{v_X}{v_{\text{He}}} = 1/2 \quad \Rightarrow \quad \text{PA}_X = 4 \text{ PA}_{\text{He}} = 16 \text{ g/mol}$$

F) Termodinamica

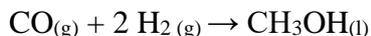
- 1) La fusione di 1 mole di ghiaccio a $T=0^{\circ}\text{C}$ ed alla pressione costante di 1 atm assorbe 1,440 kcal. Calcolare ΔU e ΔH , sapendo che il volume molare del ghiaccio è 0,0196 l, quello dell'acqua liquida 0,018 l.
- 2) Quando 1 mole di acido malonico ($\text{CH}_2(\text{COOH})_2$) viene bruciata completamente con ossigeno in un contenitore a volume costante, si sviluppano 207,1 kcal a 25°C . Calcolare l'entalpia di combustione di una mole di acido malonico a pressione costante ed alla temperatura di 25°C .

- 3) La combustione del benzene avviene secondo la reazione:



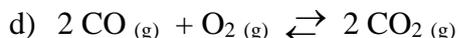
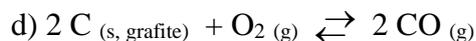
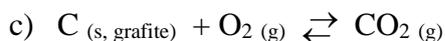
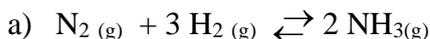
Si calcoli la quantità di calore prodotta dalla combustione di 1,0 l di C_6H_6 ($d=0,88\text{g/ml}$) in base ai seguenti dati: $H_f^{\circ}\text{C}_6\text{H}_6(\text{l}) = 49,09 \text{ kJ/mol}$ $H_f^{\circ}\text{H}_2\text{O}(\text{l}) = -285,85 \text{ kJ/mol}$ $H_f^{\circ}\text{CO}_2(\text{g}) = -393,50 \text{ kJ/mol}$

- 4) Si calcoli l'entalpia standard della reazione di sintesi del metanolo



in base alle entalpie standard di combustione del CO ($\Delta H_1^{\circ} = -283,3\text{kJ/mol}$), dell'idrogeno ($\Delta H_2^{\circ} = -285,85 \text{ kJ/mol}$) e del metanolo stesso ($\Delta H_3^{\circ} = -713,8 \text{ kJ/mol}$).

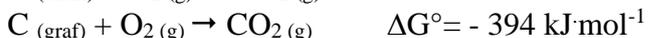
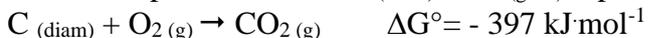
- 5) In base ai dati termodinamici, calcolare ΔH° , ΔS° e ΔG° a 25°C per le seguenti reazioni:



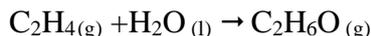
Sostanza	$S^{\circ}(\text{cal}\cdot\text{mol}^{-1}\cdot\text{K}^{-1})$
$\text{H}_2(\text{g})$	31,2
$\text{C}(\text{s, grafite})$	1,36
$\text{N}_2(\text{g})$	45,8
$\text{O}_2(\text{g})$	49,0
$\text{P}(\text{s, bianco})$	10,6
$\text{S}(\text{s, rombico})$	7,62

Sostanza	$H_f^{\circ}(\text{Kcal}\cdot\text{mol}^{-1})$	$S^{\circ}(\text{cal}\cdot\text{mol}^{-1}\cdot\text{K}^{-1})$
$\text{CO}(\text{g})$	-26,42	47,3
$\text{CO}_2(\text{g})$	-94,05	51,1
$\text{SO}_2(\text{g})$	-70,08	59,4
$\text{NH}_3(\text{g})$	-11,04	46,0
$\text{PH}_3(\text{g})$	2,21	50,2

- 6) Calcolare ΔG° per la reazione $\text{C}(\text{diam}) \rightarrow \text{C}(\text{graf})$ sapendo che:



- 7) Per la reazione:



$\Delta H^{\circ} = -41,3 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$, $\Delta S^{\circ} = -125 \text{ J}\cdot\text{mol}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$. Assumendo che ΔH° e ΔS° restino costanti in tale intervallo di temperatura, indicare se la reazione è spontanea a 25°C e a 100°C .

- 8) A 25°C e alla pressione di 1,0 atm, $\Delta G^{\circ} = 31,7 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$ per la trasformazione: $\text{Hg}(\text{l}) \rightarrow \text{Hg}(\text{g})$. Calcolare la tensione di vapore del mercurio gassoso in equilibrio con il liquido a 25°C .

SOLUZIONI F

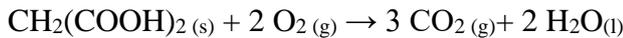
- 1) La fusione di 1 mole di ghiaccio a $T=0^{\circ}\text{C}$ ed alla pressione costante di 1 atm assorbe 1,440 kcal. Calcolare ΔU e ΔH , sapendo che il volume molare del ghiaccio è 0,0196 l, quello dell'acqua liquida 0,018 l.

$$\Delta H = Q_p = 1,440 \text{ kcal} = 6,0192 \text{ kJ} = 6019,2 \text{ J} \quad \Delta U = Q_v = \Delta H - P\Delta V \quad P = 101325 \text{ Pa}$$

$$\Delta V = V_{(l)} - V_{(s)} = 0,018 - 0,0196 = -0,0016 \text{ l} = -1,6 \times 10^{-6} \text{ m}^3$$

$$\Delta U = \Delta H - P\Delta V = 6019,2 - (-1,6 \times 10^{-6} \times 101325) = 6019 \text{ J}$$

- 2) Quando 1 mole di acido malonico ($\text{CH}_2(\text{COOH})_2$) viene bruciata completamente con ossigeno in un contenitore a volume costante, si sviluppano 207,1 kcal a 25°C . Calcolare l'entalpia di combustione di una mole di acido malonico a pressione costante ed alla temperatura di 25°C .

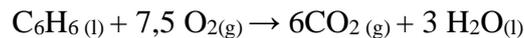


$$\Delta U = Q_v \quad \Delta H = \Delta U + P\Delta V = \Delta U + P\Delta V_{(gas)} = \Delta U + \Delta n_{(gas)}RT \quad \Delta n_{(gas)} = n_{\text{CO}_2} - n_{\text{O}_2} = 1$$

$$R = 8,31 \text{ J}\cdot\text{K}^{-1} \quad T = 298 \text{ K} \quad \Delta U = 207,1 \text{ kcal} = 865678 \text{ J}$$

$$\Delta H = \Delta U + P\Delta V = 865678 + 8,31 \times 298 = 868155 \text{ J}$$

- 3) La combustione del benzene avviene secondo la reazione:



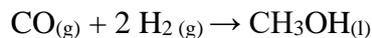
Si calcoli la quantità di calore prodotta dalla combustione di 1,0 l di C_6H_6 ($d = 0,88 \text{ g/ml}$) in base ai seguenti dati: $H_f^{\circ} \text{C}_6\text{H}_6 (l) = 49,09 \text{ kJ/mol}$ $H_f^{\circ} \text{H}_2\text{O} (l) = -285,85 \text{ kJ/mol}$ $H_f^{\circ} \text{CO}_2 (g) = -393,50 \text{ kJ/mol}$

$$\Delta H^{\circ}_{\text{comb}} = 6H_f^{\circ} \text{CO}_2 (g) + 3H_f^{\circ} \text{H}_2\text{O} (l) - H_f^{\circ} \text{C}_6\text{H}_6 (l) = 6(-393,50) + 3(-285,85) - 49,09 = -3267,64 \text{ kJ/mol}$$

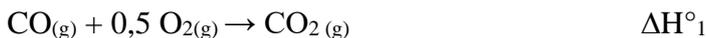
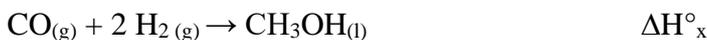
$$g_{\text{C}_6\text{H}_6} = V_{\text{C}_6\text{H}_6} \times d_{\text{C}_6\text{H}_6} = 1000 \times 0,8 = 880 \text{ g} \quad PM_{\text{C}_6\text{H}_6} = 6PA_C + 6PA_H = 78 \text{ u,m,a,}$$

$$n_{\text{C}_6\text{H}_6} = \frac{g_{\text{C}_6\text{H}_6}}{PM_{\text{C}_6\text{H}_6}} = \frac{880}{78} = 11,28 \quad \Delta H_{\text{comb}} = n_{\text{C}_6\text{H}_6} \times \Delta H^{\circ}_{\text{comb}} = 11,28 \times (-3267,64) = -36855,6 \text{ kJ/mol}$$

- 4) Si calcoli l'entalpia standard della reazione di sintesi del metanolo



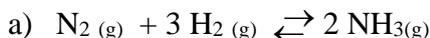
in base alle entalpie standard di combustione del CO ($\Delta H^{\circ}_1 = -283,3 \text{ kJ/mol}$), dell'idrogeno ($\Delta H^{\circ}_2 = -285,85 \text{ kJ/mol}$) e del metanolo stesso ($\Delta H^{\circ}_3 = -713,8 \text{ kJ/mol}$).



$$\Delta H^{\circ}_x + \Delta H^{\circ}_3 = \Delta H^{\circ}_1 + 2\Delta H^{\circ}_2 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \Delta H^{\circ}_x = \Delta H^{\circ}_1 + 2\Delta H^{\circ}_2 - \Delta H^{\circ}_3 = -283,3 + 2 \times (-285,85) - (-713,8) = -141,2 \text{ kJ/mol}$$

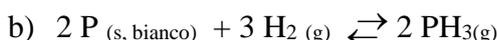
5) In base ai dati termodinamici, calcolare ΔH° , ΔS° e ΔG° a 25° C per le seguenti reazioni:



$$\Delta H^\circ = 2 H_{\text{F NH}_3}^\circ = 2 \times (-11,04) = -22,08 \text{ Kcal} \cdot \text{mol}^{-1}$$

$$\Delta S^\circ = 2 S_{\text{NH}_3}^\circ - S_{\text{N}_2}^\circ - 3 S_{\text{H}_2}^\circ = 2 \times 46 - 45,8 - 31,2 \times 3 = -47,4 \text{ cal} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$$

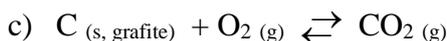
$$T = 298 \text{ K} \quad \Delta G^\circ = \Delta H^\circ - T \Delta S^\circ = -22,08 - 298 \times (-47,4/1000) = -7,95 \text{ Kcal} \cdot \text{mol}^{-1}$$



$$\Delta H^\circ = 2 H_{\text{F PH}_3}^\circ = 2 \times 2,21 = 4,42 \text{ Kcal} \cdot \text{mol}^{-1}$$

$$\Delta S^\circ = 2 S_{\text{PH}_3}^\circ - 2 S_{\text{P}}^\circ - 3 S_{\text{H}_2}^\circ = 2(50,2) - 2(10,6) - 3(31,2) = -14,8 \text{ cal} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$$

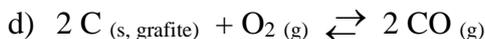
$$\Delta G^\circ = \Delta H^\circ - T \Delta S^\circ = 4,42 - 298 \times (-14,8/1000) = 8,83 \text{ Kcal} \cdot \text{mol}^{-1}$$



$$\Delta H^\circ = H_{\text{F CO}_2}^\circ = -94,05 \text{ Kcal} \cdot \text{mol}^{-1}$$

$$\Delta S^\circ = S_{\text{CO}_2}^\circ - S_{\text{C}}^\circ - S_{\text{O}_2}^\circ = 51,1 - 1,36 - 49,0 = 0,74 \text{ cal} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$$

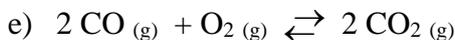
$$\Delta G^\circ = \Delta H^\circ - T \Delta S^\circ = -94,05 - 298 \times (0,74/1000) = -94,27 \text{ Kcal} \cdot \text{mol}^{-1}$$



$$\Delta H^\circ = 2 H_{\text{F CO}}^\circ = 2(-26,42) = -52,84 \text{ Kcal} \cdot \text{mol}^{-1}$$

$$\Delta S^\circ = 2 S_{\text{CO}}^\circ - 2 S_{\text{C}}^\circ - S_{\text{O}_2}^\circ = 2(47,3) - 2(-1,36) - 49,0 = 42,88 \text{ cal} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$$

$$\Delta G^\circ = \Delta H^\circ - T \Delta S^\circ = -52,84 - 298 \times (42,88/1000) = -65,62 \text{ Kcal} \cdot \text{mol}^{-1}$$



$$\Delta H^\circ = 2 H_{\text{F CO}_2}^\circ - 2 H_{\text{F CO}}^\circ = 2(-94,05) - 2(-26,42) = -135,26 \text{ Kcal} \cdot \text{mol}^{-1}$$

$$\Delta S^\circ = 2 S_{\text{CO}_2}^\circ - S_{\text{O}_2}^\circ - 2 S_{\text{CO}}^\circ = 2(51,1) - 49,0 - 2(47,3) = -41,4 \text{ cal} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$$

$$\Delta G^\circ = \Delta H^\circ - T \Delta S^\circ = -135,26 - 298 \times (-41,4/1000) = -122,92 \text{ Kcal} \cdot \text{mol}^{-1}$$

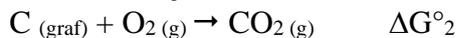
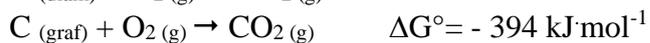
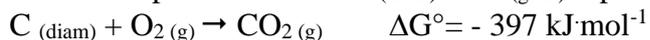


$$\Delta H^\circ = H_{\text{F SO}_2}^\circ = -70,08 \text{ Kcal} \cdot \text{mol}^{-1}$$

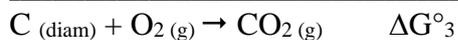
$$\Delta S^\circ = S_{\text{SO}_2}^\circ - S_{\text{S}}^\circ - S_{\text{O}_2}^\circ = 59,4 - 7,62 - 49,0 = 2,78 \text{ cal} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$$

$$\Delta G^\circ = \Delta H^\circ - T \Delta S^\circ = -70,08 - 298 \times (2,78/1000) = -70,90 \text{ Kcal} \cdot \text{mol}^{-1}$$

6) Calcolare ΔG° per la reazione $C_{(diam)} \rightarrow C_{(graf)}$ sapendo che:

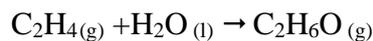


$$\Delta G^\circ_1 + \Delta G^\circ_2 = \Delta G^\circ_3$$



$$\Delta G^\circ_1 = \Delta G^\circ_3 - \Delta G^\circ_2 = 3 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$$

7) Per la reazione:



$\Delta H^\circ = -41,3 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$, $\Delta S^\circ = -125 \text{ J}\cdot\text{mol}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$. Assumendo che ΔH° e ΔS° restino costanti in tale intervallo di temperatura, indicare se la reazione è spontanea a 25°C e a 100°C .

$$25^\circ = 298 \text{ K} \quad \Delta G^\circ = \Delta H^\circ - T\Delta S^\circ = -41,3 + 298 \times (125/1000) = -4,05 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1} < 0 \quad \text{spontanea}$$

$$100^\circ = 373 \text{ K} \quad \Delta G^\circ = \Delta H^\circ - T\Delta S^\circ = -41,3 + 373 \times (125/1000) = -5,325 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1} > 0 \quad \text{non spontanea}$$

8) A 25°C e alla pressione di 1,0 atm, $\Delta G^\circ = 31,7 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$ per la trasformazione: $Hg_{(l)} \rightarrow Hg_{(g)}$. Calcolare la tensione di vapore del mercurio gassoso in equilibrio con il liquido a 25°C .

$$\text{All'equilibrio } \Delta G = 0 \Rightarrow G_{(l)} = G_{(g)}$$

$$G_{(l)} = G^\circ_{(l)} \quad G_{(g)} = G^\circ_{(g)} + RT \ln P$$

$$G^\circ_{(l)} = G^\circ_{(g)} + RT \ln P \Rightarrow \Delta G^\circ = G^\circ_{(g)} - G^\circ_{(l)} = -RT \ln P \quad \Delta G^\circ = 31700 \text{ J}\cdot\text{mol}^{-1}$$

$$P = \exp(-\Delta G^\circ/RT) = \exp-[31700/(8,31 \times 298)] = 2,7 \times 10^{-6} \text{ atm} = 2 \times 10^{-3} \text{ torr}$$

G) Soluzioni e loro proprietà

1) Calcolare:

- la molarità di una soluzione preparata sciogliendo 20 g di CuCl_2 in H_2O fino ad un volume di 200 ml;
- i grammi di Na_2SO_4 che è necessario pesare per preparare 250 ml di soluzione 0,15 M;
- il volume di acqua che è necessario aggiungere a 10 ml di soluzione 0,15 M di HCl per ottenere una soluzione 0,050 M;
- la molarità di una soluzione ottenuta mescolando 10 ml di soluzione 0,80 M e 40 ml di soluzione 0,10 M di HCl .

2) Calcolare molalità, percentuale in peso e frazione molare di una soluzione acquosa contenente 20 g di urea $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ disciolti in 180 g di acqua.

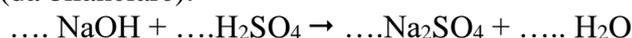
3) Una soluzione acquosa di CH_3COOH al 25% in peso ha densità $d=1,18$ g/ml; calcolare la molarità della soluzione.

4) Una soluzione acquosa di H_2SO_4 ha densità 1,21 g/ml ed è 3,0 M; calcolare molalità, percentuale in peso e frazione molare.

5) Una soluzione 7,37 M di HCl in acqua ha densità $d=1,12$ g/ml; calcolare la percentuale in peso dell'acido nella soluzione.

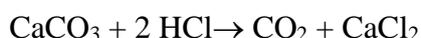
6) L'acido solforico viene venduto come soluzione al 98% in peso avente densità $d = 1,84$ g/ml. Che volume di questa soluzione è necessario prelevare per preparare 500 ml di una soluzione 0,20 M di acido solforico?

7) Calcolare il volume (ml) di soluzione 0,20 M di NaOH che reagisce con 50 ml di soluzione 0,10 M di H_2SO_4 secondo la reazione (da bilanciare):



8) Calcolare il volume di soluzione 0,20 M di HCl che reagisce con 10 ml di $\text{Ba}(\text{OH})_2$ 0,50 M ed i grammi di BaCl_2 che si formano.

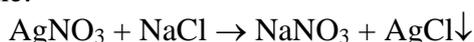
9) Il carbonato di calcio reagisce con l'acido cloridrico secondo la reazione:



Calcolare: a) il volume di soluzione di HCl 0,1 M che reagisce con 1,0 g di CaCO_3 ;

b) il volume di CO_2 prodotto misurato a 30°C e alla pressione di 1,05 atm.

10) Una soluzione viene preparata mescolando 60 ml di soluzione 0,10 M di AgNO_3 e 40 ml di soluzione 0,2 M di NaCl . Avviene la reazione:



Calcolare: a) quale reagente è in eccesso e di quanto è in eccesso (in numero di moli);

b) il peso del precipitato che si forma (AgCl).

11) Calcolare il punto di ebollizione di una soluzione contenente 10,0 g di $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ in 100 g di H_2O . ($K_{\text{eb H}_2\text{O}} = 0,52$ °C/mole).

- 12) Calcolare la pressione osmotica a 25°C di una soluzione acquosa del volume di 500 ml contenente 2,0 g di NaOH.
- 13) Calcolare la concentrazione molare di una soluzione preparata sciogliendo 1,06 g di Na₂CO₃ in acqua fino ad un volume di 200 ml e la sua pressione osmotica a 25°C.
- 14) Calcolare la concentrazione, in moli/l e grammi/l di una soluzione acquosa di glucosio (C₆H₁₂O₆) che ha una pressione osmotica pari a 0,245 atm a 25°C.
- 15) La pressione osmotica di una soluzione di solfato di sodio è 1,47 atm a 26 °C; determinare la concentrazione della soluzione espressa in moli/litro e in grammi/litro.
- 16) La soluzione ottenuta sciogliendo 7,42 g di sostanza in 100 g di acqua bolle a 100,42°. Calcolare il peso molecolare della sostanza, sapendo che $K_{eb\ H_2O} = 0,52\ ^\circ\text{C}/\text{mole}$.
- 17) Una soluzione di NaCl è isotonica (ha la stessa pressione osmotica) con una soluzione 0,20 M di glucosio (soluti non elettroliti); calcolare la concentrazione molare della soluzione di NaCl.
- 18) Una soluzione acquosa contenente 3,85 grammi di zucchero per litro è isotonica con un'altra soluzione contenente 1,0 grammi di urea [formula: CO(NH₂)₂] in 649 ml di acqua; calcolare il peso molecolare dello zucchero.
- 19) Un composto organico contiene C, H, O; in 6,0 grammi di questo composto ci sono 2,4 grammi di carbonio e 0,4 grammi di idrogeno, e i grammi rimanenti sono ossigeno. La soluzione preparata sciogliendo 6,0 grammi di composto in acqua fino ad un volume di 500 ml esercita a 25 °C una pressione osmotica pari a 1,63 atm. Calcolare a) il peso molecolare e b) la formula bruta del composto.
- 20) Un acido debole HA presenta un grado di dissociazione $\alpha = 0,20$ in una soluzione 0,015 M a 25° C; calcolare la pressione osmotica della soluzione
- 21) Un acido debole monoprotico HA avente peso molecolare 80 g/mol in acqua si dissocia secondo la reazione:
- $$\text{HA} \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{A}^-$$
- 0,2 g di acido vengono disciolti in H₂O fino ad ottenere un volume di soluzione pari a 100 ml. La soluzione risultante ha una pressione osmotica pari a 0,85 atm alla temperatura di 25 °C. Calcolare il grado di dissociazione α dell'acido HA.
- 22) Un elettrolita forte A in acqua si dissocia secondo la reazione:
- $$\text{A} \rightarrow \nu\text{B}$$
- dove ν è il numero di moli di particelle B prodotto dalla dissociazione di una mole di elettrolita A. La soluzione preparata sciogliendo $5,0 \times 10^{-3}$ moli di elettrolita in H₂O fino ad ottenere un volume di soluzione pari a 500 ml ha una pressione osmotica pari a 1,22 atm alla temperatura di 25 °C. Calcolare ν .

Soluzioni G

1) Calcolare:

a) la molarità di una soluzione preparata sciogliendo 20 g di CuCl_2 in H_2O fino ad un volume di 200 ml;

$$PM_{\text{CuCl}_2} = PA_{\text{Cu}} + 2PA_{\text{Cl}} = 63,546 + 2 \times 35,453 = 134,362 \text{ g/mol} \quad V = 200 \text{ ml} = 0,2 \text{ l}$$

$$n_{\text{CuCl}_2} = \frac{g_{\text{CuCl}_2}}{PM_{\text{CuCl}_2}} = \frac{20}{134,362} = 0,1488 \text{ mol} \quad M_{\text{CuCl}_2} = \frac{n_{\text{CuCl}_2}}{V} = \frac{0,1488}{0,2} = 0,744 \text{ M}$$

b) i grammi di Na_2SO_4 che è necessario pesare per preparare 250 ml di soluzione 0,15 M;

$$PM_{\text{Na}_2\text{SO}_4} = 2PA_{\text{Na}} + PA_{\text{S}} + 4PA_{\text{O}} = 2 \times 23 + 32 + 4 \times 16 = 142 \text{ g/mol} \quad 250 \text{ ml} = 0,25 \text{ l}$$

$$g_{\text{Na}_2\text{SO}_4} = n_{\text{Na}_2\text{SO}_4} \times PM_{\text{Na}_2\text{SO}_4} = M \times V \times PM_{\text{Na}_2\text{SO}_4} = 0,15 \times 0,25 \times 142 = 5,325 \text{ g}$$

c) il volume di acqua che è necessario aggiungere a 10 ml di soluzione 0,15 M di HCl per ottenere una soluzione 0,05 M;

$$M_1V_1 = M_2V_2 \quad V_2 = \frac{M_1V_1}{M_2} = \frac{0,15 \times 10}{0,05} = 30 \text{ ml} \quad \Delta V = V_2 - V_1 = 30 - 10 = 20 \text{ ml}$$

d) la molarità di una soluzione ottenuta mescolando 10 ml di soluzione 0,80 M e 40 ml di soluzione 0,10 M di HCl.

$$n_{\text{tot}} = n_a + n_b \quad n_a = M_a \times V_a \quad n_b = M_b \times V_b \quad n_{\text{tot}} = M_{\text{tot}} \times V_{\text{tot}}$$

$$M_aV_a + M_bV_b = M_{\text{tot}}V_{\text{tot}} \quad M_{\text{tot}} = \frac{M_aV_a + M_bV_b}{V_{\text{tot}}} = \frac{0,8 \times 10 + 0,1 \times 40}{50} = 0,24 \text{ M}$$

2) Calcolare molalità, percentuale in peso e frazione molare di una soluzione acquosa contenente 20 g di urea $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ disciolti in 180 g di acqua.

$$PM_{\text{CO}(\text{NH}_2)_2} = PA_{\text{C}} + PA_{\text{O}} + 2PA_{\text{N}} + 4PA_{\text{H}} = 60 \text{ g/mol} \quad PM_{\text{H}_2\text{O}} = PA_{\text{O}} + 2PA_{\text{H}} = 18 \text{ g/mol}$$

$$n_{\text{CO}(\text{NH}_2)_2} = \frac{g_{\text{CO}(\text{NH}_2)_2}}{PM_{\text{CO}(\text{NH}_2)_2}} = \frac{20}{60} = 0,333 \text{ m} \quad n_{\text{H}_2\text{O}} = \frac{g_{\text{H}_2\text{O}}}{PM_{\text{H}_2\text{O}}} = \frac{180}{18} = 10$$

$$180 \text{ g} = 0,18 \text{ kg} \quad m_{\text{CO}(\text{NH}_2)_2} = \frac{n_{\text{CO}(\text{NH}_2)_2}}{\text{kg}_{\text{H}_2\text{O}}} = \frac{0,333}{0,18} = 1,852 \text{ m}$$

$$g_{\text{tot}} = g_{\text{CO}(\text{NH}_2)_2} + g_{\text{H}_2\text{O}} = 200 \text{ g} \quad \%_{\text{CO}(\text{NH}_2)_2} = \frac{g_{\text{CO}(\text{NH}_2)_2}}{g_{\text{tot}}} \times 100 = \frac{20}{200} \times 100 = 10\%$$

$$x_{\text{CO}(\text{NH}_2)_2} = \frac{n_{\text{CO}(\text{NH}_2)_2}}{n_{\text{H}_2\text{O}} + n_{\text{CO}(\text{NH}_2)_2}} = \frac{0,333}{10 + 0,333} = 0,0322$$

3) Una soluzione acquosa di CH_3COOH al 25% in peso ha densità $d = 1,18 \text{ g/ml}$; calcolare la molarità della soluzione.

$$1,0 \text{ l} = 1000 \text{ ml} \quad g_{\text{soluz}} = V_{\text{soluz}} \times d_{\text{soluz}} = 1000 \times 1,18 = 1180 \text{ g}$$

$$\%_{\text{CH}_3\text{COOH}} = \frac{g_{\text{CH}_3\text{COOH}}}{g_{\text{soluz}}} \times 100 \Rightarrow g_{\text{CH}_3\text{COOH}} = \frac{\%_{\text{CH}_3\text{COOH}} \times g_{\text{soluz}}}{100} = \frac{1180 \times 25}{100} = 295 \text{ g}$$

$$PM_{\text{CH}_3\text{COOH}} = 2PA_{\text{C}} + 2PA_{\text{O}} + 4PA_{\text{H}} = 60 \text{ g/mol}$$

$$n_{\text{CH}_3\text{COOH}} = \frac{g_{\text{CH}_3\text{COOH}}}{PM_{\text{CH}_3\text{COOH}}} = \frac{295}{60} = 4,9 \text{ mol in 1 litro} \rightarrow 4,9 \text{ M}$$

4) Una soluzione acquosa di H_2SO_4 ha densità 1,21 g/ml ed è 3,0 M; calcolare molalità, percentuale in peso e frazione molare.

$$\text{PM}_{\text{H}_2\text{SO}_4} = 2\text{PA}_\text{H} + \text{PA}_\text{S} + 4\text{PA}_\text{O} = 2 \times 32 + 4 \times 16 = 98 \text{ g/mol} \quad \text{g}_{\text{H}_2\text{SO}_4} = \text{PM}_{\text{H}_2\text{SO}_4} \times n_{\text{H}_2\text{SO}_4} = 3 \times 98 = 294 \text{ g}$$

$$g_{\text{soluz}} = V_{\text{soluz}} \times d_{\text{soluz}} = 1000 \times 1,21 = 1210 \text{ g} = 1,21 \text{ kg}$$

$$g_{\text{H}_2\text{O}} = g_{\text{soluz}} - g_{\text{H}_2\text{SO}_4} = 1210 - 294 = 916 \text{ g} = 0,916 \text{ kg}$$

$$m_{\text{H}_2\text{SO}_4} = \frac{n_{\text{H}_2\text{SO}_4}}{\text{kg}_{\text{H}_2\text{O}}} = \frac{3}{0,916} = 3,27 \text{ m} \quad \% \text{H}_2\text{SO}_4 = \frac{g_{\text{H}_2\text{SO}_4}}{g_{\text{soluz}}} \times 100 = \frac{294}{1210} \times 100 = 24,3\%$$

$$n_{\text{H}_2\text{O}} = \frac{g_{\text{H}_2\text{O}}}{\text{PM}_{\text{H}_2\text{O}}} = \frac{916}{18} = 50,9 \quad x_{\text{H}_2\text{SO}_4} = \frac{n_{\text{H}_2\text{SO}_4}}{n_{\text{H}_2\text{O}} + n_{\text{H}_2\text{SO}_4}} = \frac{3}{50,9 + 3} = 0,0556$$

5) Una soluzione 7,37 M di HCl in acqua ha densità $d=1,12$ g/ml; calcolare la percentuale in peso dell'acido nella soluzione.

$$1,0 \text{ l} = 1000 \text{ ml} \quad V_{\text{soluz}} \times d_{\text{soluz}} = 1000 \times 1,12 = 1120 \text{ g}$$

$$\text{in un litro di soluzione: } 7,37 \text{ M HCl} \quad \text{PM}_{\text{HCl}} = 36,45 \text{ g/mol}$$

$$g_{\text{HCl}} = n_{\text{HCl}} \times \text{PM}_{\text{HCl}} = 7,37 \times 36,45 = 268,6 \text{ g} \quad \% \text{HCl} = \frac{g_{\text{HCl}}}{g_{\text{soluz}}} \times 100 = \frac{268,6}{1120} \times 100 = 24\%$$

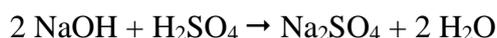
6) L'acido solforico viene venduto come soluzione al 98% in peso avente densità $d = 1,84$ g/ml. Che volume di questa soluzione è necessario prelevare per preparare 500 ml di una soluzione 0,20 M di acido solforico?

$$n_{\text{H}_2\text{SO}_4} = M_{\text{H}_2\text{SO}_4} \times V = 0,21 \times 0,5 = 0,10 \text{ mol}$$

$$\text{PM}_{\text{H}_2\text{SO}_4} = 98 \text{ g/mol} \quad g_{\text{H}_2\text{SO}_4} = n_{\text{H}_2\text{SO}_4} \times \text{PM}_{\text{H}_2\text{SO}_4} = 0,105 \times 98 = 9,8 \text{ g}$$

$$g_{\text{soluz}} : g_{\text{H}_2\text{SO}_4} = 100 : 98 \quad g_{\text{soluz}} = \frac{9,8 \times 100}{98} = 10,0 \text{ g} \quad V_{\text{soluz}} = \frac{g_{\text{soluz}}}{d} = \frac{10}{1,84} = 5,4 \text{ ml}$$

7) Calcolare il volume (ml) di soluzione 0,20 M di NaOH che reagisce con 50 ml di soluzione 0,10 M di H_2SO_4 secondo la reazione:



$$V_{\text{H}_2\text{SO}_4} = 50 \text{ ml} = 0,05 \text{ l}$$

$$n_{\text{H}_2\text{SO}_4} = M_{\text{H}_2\text{SO}_4} \times V_{\text{H}_2\text{SO}_4} = 0,1 \times 0,05 = 5 \times 10^{-3} \text{ mol}$$

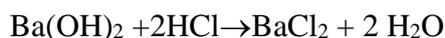
$$n_{\text{NaOH}} = 2 n_{\text{H}_2\text{SO}_4} = 2 \times 5 \times 10^{-3} = 0,01 \text{ mol}$$

$$V_{\text{NaOH}} = \frac{n_{\text{NaOH}}}{M_{\text{NaOH}}} = 0,01 / 0,2 = 0,05 \text{ l} = 50 \text{ ml}$$

8) Calcolare il volume di soluzione 0,20 M di HCl che reagisce con 10 ml di $\text{Ba}(\text{OH})_2$ 0,50 M ed i grammi di BaCl_2 che si formano.

$$10 \text{ ml} = 0,01 \text{ l}$$

$$n_{\text{Ba}(\text{OH})_2} = M_{\text{Ba}(\text{OH})_2} \times V_{\text{Ba}(\text{OH})_2} = 0,5 \times 0,01 = 5 \times 10^{-3} \text{ mol}$$



$$n_{\text{HCl}} = 2 n_{\text{Ba}(\text{OH})_2} = 10^{-2} \text{ mol} \quad V_{\text{HCl}} = \frac{n_{\text{HCl}}}{M_{\text{HCl}}} = \frac{10^{-2}}{0,2} = 0,05 \text{ l} = 50 \text{ ml}$$

$$n_{\text{BaCl}_2} = n_{\text{Ba}(\text{OH})_2} = 5 \times 10^{-3} \text{ mol} \quad \text{PM}_{\text{BaCl}_2} = \text{PA}_{\text{Ba}} + 2\text{PA}_{\text{Cl}} = 137,34 + 2 \times 35,45 = 207,9 \text{ g/mol}$$

$$g_{\text{BaCl}_2} = n_{\text{BaCl}_2} \times \text{PM}_{\text{BaCl}_2} = 5 \times 10^{-3} \times 207,9 = 1,04 \text{ g}$$

9) Il carbonato di calcio reagisce con l'acido cloridrico secondo la reazione:



Calcolare: a) il volume di soluzione di HCl 0,1 M che reagisce con 1,0 g di CaCO_3 ;

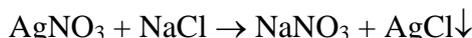
$$PM_{\text{CaCO}_3} = PA_{\text{Ca}} + PA_{\text{C}} + 3PA_{\text{O}} = 100 \text{ g/mol} \quad n_{\text{CaCO}_3} = \frac{g_{\text{CaCO}_3}}{PM_{\text{CaCO}_3}} = \frac{1,0}{100} = 0,010 \text{ mol}$$

$$n_{\text{HCl}} = 2 n_{\text{CaCO}_3} = 0,02 \quad V_{\text{HCl}} = \frac{n_{\text{HCl}}}{M_{\text{HCl}}} = \frac{0,02}{0,1} = 0,2 \text{ l} = 200 \text{ ml}$$

b) il volume di CO_2 prodotto misurato a 30°C e alla pressione di 1,05 atm.

$$n_{\text{CO}_2} = n_{\text{CaCO}_3} = 0,01 \quad V_{\text{CO}_2} = \frac{nRT}{P} = \frac{0,01 \times 0,0821 \times 303}{1,05} = 0,237 \text{ l}$$

10) Una soluzione viene preparata mescolando 60 ml di soluzione 0,10 M di AgNO_3 e 40 ml di soluzione 0,2 M di NaCl . Avviene la reazione:



Calcolare: a) quale reagente è in eccesso e di quanto è in eccesso (in numero di moli);

$$60 \text{ ml} = 0,06 \text{ l} \quad n_{\text{AgNO}_3} = M_{\text{AgNO}_3} V_{\text{AgNO}_3} = 0,10 \times 0,06 = 6 \times 10^{-3} \text{ mol}$$

$$40 \text{ ml} = 0,04 \text{ l} \quad n_{\text{NaCl}} = M_{\text{NaCl}} V_{\text{NaCl}} = 0,2 \times 0,04 = 8 \times 10^{-3} \text{ mol} \rightarrow \text{in eccesso di } 2 \times 10^{-3} \text{ mol}$$

b) il peso del precipitato che si forma (AgCl).



$$6 \times 10^{-3} \quad 8 \times 10^{-3} \quad / \quad / \quad \text{moli iniziali}$$

$$-6 \times 10^{-3} \quad -6 \times 10^{-3} \quad +6 \times 10^{-3} \quad +6 \times 10^{-3} \quad \text{reazione}$$

$$/ \quad 2 \times 10^{-3} \quad 6 \times 10^{-3} \quad 6 \times 10^{-3} \quad \text{moli finali}$$

$$PM_{\text{AgCl}} = PA_{\text{Ag}} + PA_{\text{Cl}} = 107,87 + 35,45 = 143,32 \text{ g/mol}$$

$$g_{\text{AgCl}} = n_{\text{AgCl}} \times PM_{\text{AgCl}} = 6 \times 10^{-3} \times 143,32 = 0,86 \text{ g}$$

11) Calcolare il punto di ebollizione di una soluzione contenente 1,0 g di $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ in 100 g di H_2O . ($K_{\text{eb H}_2\text{O}} = 0,52 \text{ }^\circ\text{C/mole}$).

$$b) PM_{\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6} = 6PA_{\text{C}} + 12PA_{\text{H}} + 6PA_{\text{O}} = 180 \text{ g/mol} \quad n_{\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6} = \frac{g_{\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6}}{PM_{\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6}} = \frac{1,0}{180} = 0,005555$$

$$m = \frac{n_{\text{SOLUTO}}}{Kg_{\text{SOLVENTE}}} = \frac{n_{\text{SOLUTO}}}{g_{\text{SOLVENTE}}} \times 1000 = \frac{0,005555 \times 1000}{100} = 0,05555 \text{ mol Kg}^{-1}$$

$$\Delta T_{\text{eb}} = k_{\text{eb}} \times m = 0,52 \times 0,05555 = 0,029 \quad T_{\text{eb}} = T_{\text{eb}}^\circ + \Delta T_{\text{eb}} = 100 + 0,029 = 100,029 \text{ }^\circ\text{C}$$

12) Calcolare la pressione osmotica a 25°C di una soluzione acquosa del volume di 500 ml contenente 2,0 g di NaOH .

$$PM_{\text{NaOH}} = PA_{\text{Na}} + PA_{\text{O}} + PA_{\text{H}} = 40 \text{ g/mol} \quad V = 0,5 \text{ l} \quad M_{\text{NaOH}} = \frac{n}{V} = \frac{g}{V \times PM} = \frac{2}{0,5 \times 40} = 0,1 \text{ M}$$

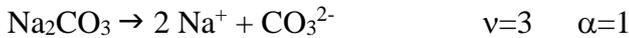


$$\Pi = [1 + \alpha(v-1)]MRT = 2MRT = 2 \times 0,1 \times 0,0821 \times 298 = 4,9 \text{ atm}$$

13) Calcolare la concentrazione molare di una soluzione preparata sciogliendo 1,06 g di Na_2CO_3 in acqua fino ad un volume di 200 ml e la sua pressione osmotica a 25°C .

$$PM_{\text{Na}_2\text{CO}_3} = 2 PA_{\text{Na}} + PA_{\text{C}} + 3 PA_{\text{O}} = 2 \times 23 + 12 + 3 \times 16 = 106 \text{ g/mol}$$

$$n_{\text{Na}_2\text{CO}_3} = \frac{g_{\text{Na}_2\text{CO}_3}}{PM_{\text{Na}_2\text{CO}_3}} = \frac{1,06}{106} = 0,01 \text{ mol} \quad V = 200 \text{ ml} = 0,2 \text{ l} \quad M = \frac{n}{V} = \frac{0,01}{0,2} = 0,05 \text{ M}$$



$$T = 298 \text{ K} \quad \pi = 3MRT = 3 \times 0,05 \times 0,0821 \times 298 = 3,67 \text{ atm}$$

14) Calcolare la concentrazione, in moli/l e grammi/l di una soluzione acquosa di glucosio ($\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$) che ha una pressione osmotica pari a 0,245 atm a 25°C .

$$T = 298 \text{ K} \quad \pi = MRT \quad \Rightarrow \quad M_{\text{glu}} = \frac{\pi}{RT} = \frac{0,245}{0,0821 \times 298} = 0,010 \text{ M}$$

$$PM_{\text{Glu}} = 6PA_{\text{C}} + 6PA_{\text{O}} + 12 PA_{\text{H}} = 180 \text{ g/mol} \quad (g/l)_{\text{Glu}} = M_{\text{Glu}} \times PM_{\text{Glu}} = 0,01 \times 180 = 1,8 \text{ g/l}$$

15) La pressione osmotica di una soluzione di solfato di sodio è 1,47 atm a 26°C ; determinare la concentrazione della soluzione espressa in moli/litro e in grammi/litro.

$$\text{Na}_2\text{SO}_4 \rightarrow 2 \text{Na}^+ + \text{SO}_4^{2-} \quad v=3 \quad T = 298 \text{ K} \quad \pi = 3MRT \quad \Rightarrow \quad M = \frac{\pi}{3RT} = \frac{1,47}{3 \times 0,082 \times 298} = 0,02 \text{ M}$$

$$PM_{\text{Na}_2\text{SO}_4} = 2 PA_{\text{Na}} + PA_{\text{S}} + 4 PA_{\text{O}} = 142 \text{ g/mol} \quad (g/l)_{\text{Na}_2\text{SO}_4} = M \times PM_{\text{Na}_2\text{SO}_4} = 0,02 \times 142 = 2,84 \text{ g/l}$$

16) La soluzione ottenuta sciogliendo 7,43 g di sostanza in 100 g di acqua bolle a $100,42^\circ$. Calcolare il peso molecolare della sostanza, sapendo che $K_{\text{eb H}_2\text{O}} = 0,52^\circ\text{C/mole}$.

$$\Delta T = K_{\text{eb}} m = 100,42 - 100 = 0,42^\circ\text{C} \quad m = \frac{\Delta T}{K_{\text{eb}}} = \frac{0,42}{0,52} = 0,807 \quad 100 \text{ g} = 0,1 \text{ Kg}$$

$$m = \frac{n_{\text{soluto}}}{\text{kg}_{\text{solvente}}} \quad n_{\text{soluto}} = m \text{ kg}_{\text{solvente}} = 0,807 \times 0,1 = 0,0807 \quad PM = \frac{g}{n} = \frac{7,43}{0,0807} = 92 \text{ g/mol}$$

17) Una soluzione di NaCl è isotonica con una soluzione 0,20 M di glucosio (soluti non elettroliti); calcolare la concentrazione molare della soluzione di NaCl.

$$\text{NaCl: elettrolita} \quad \text{NaCl} \rightarrow \text{Na}^+ + \text{Cl}^- \quad v=2 \quad \pi_{\text{NaCl}} = 2M_{\text{NaCl}}RT$$

$$\text{Glucosio: non elettrolita} \quad \pi_{\text{Glu}} = M_{\text{Glu}}RT$$

$$\text{Soluzione isotonica: } \pi_{\text{NaCl}} = \pi_{\text{Glu}} \quad 2M_{\text{NaCl}}RT = M_{\text{Glu}}RT \quad M_{\text{NaCl}} = 1/2 M_{\text{Glu}} = 1/2 \times 0,20 = 0,10 \text{ M}$$

18) Una soluzione acquosa contenente 3,85 grammi di zucchero per litro è isotonica con un'altra soluzione contenente 1,0 grammi di urea [formula: $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$] in 649 ml di acqua; calcolare il peso molecolare dello zucchero.

$$\pi_{\text{UR}} = \pi_{\text{Z}} \quad M_{\text{UR}}RT = M_{\text{Z}}RT \quad \Rightarrow \quad M_{\text{UR}} = M_{\text{Z}} \quad (\text{UR}=\text{urea}; \text{Z}=\text{zucchero})$$

$$M = \frac{n}{V} = \frac{g}{PM \times V} \quad PM_{\text{UR}} = PA_{\text{C}} + PA_{\text{O}} + 2PA_{\text{N}} + 4PA_{\text{H}} = 60 \text{ g/mol}$$

$$\frac{g_{\text{Z}}}{PM_{\text{Z}} \times V_{\text{Z}}} = \frac{g_{\text{UR}}}{PM_{\text{UR}} \times V_{\text{UR}}} \quad PM_{\text{Z}} = \frac{g_{\text{Z}}}{V_{\text{Z}}} \frac{PM_{\text{UR}} \times V_{\text{UR}}}{g_{\text{UR}}} = \frac{3,85 \times 60 \times 0,649}{1 \times 1} = 150 \text{ g/mol}$$

19) Un composto organico contiene C, H, O; in 6,0 grammi di questo composto ci sono 2,4 grammi di carbonio e 0,4 grammi di idrogeno, e i grammi rimanenti sono ossigeno. La soluzione preparata sciogliendo 6,0 grammi di composto in acqua fino ad un volume di 500 ml esercita a 25 °C una pressione osmotica pari a 1,63 atm. Calcolare:

- a) il peso molecolare del composto;
 b) la formula bruta del composto.

$$a) \pi = MRT = \frac{g \times RT}{PM \times V} \quad PM = \frac{gRT}{\pi V} = \frac{6 \times 0,0821 \times 298}{0,5 \times 1,63} = 180 \text{ g/mol}$$

b)

	Grammi	PA	g/PA	
C	2,4	12	0,2	1
H	0,4	1	0,4	2
O	3,2	16	0,2	1

$g_O = g_{tot} - g_C - g_H = 6 - 2,4 - 0,4 = 3,2 \text{ g}$
 formula minima CH_2O
 peso formula = PF = 30 g/mol
 $PM/PF = 180/30 = 6$ formula molecolare = $C_6H_{12}O_6$

20) Un acido debole HA presenta un grado di dissociazione $\alpha = 0,20$ in una soluzione 0,015 M a 25° C; calcolare la pressione osmotica della soluzione.



$$(1-\alpha) \alpha \quad \alpha \quad \text{totale } i = (1+\alpha)$$

$$\Pi = [1 + \alpha(v-1)]MRT = M(1+\alpha)RT = 1,2MRT = 1,2 \times 0,015 \times 0,0821 \times 298 = 0,044 \text{ atm}$$

21) Un acido debole monoprotico HA avente peso molecolare 80 g/mol in acqua si dissocia secondo la reazione:



0,2 g di acido vengono disciolti in H_2O fino ad ottenere un volume di soluzione pari a 100 ml. La soluzione risultante ha una pressione osmotica pari a 0,85 atm alla temperatura di 25 °C. Calcolare il grado di dissociazione α dell'acido HA.

$$100 \text{ ml} = 0,1 \text{ l} \quad T = 298 \text{ K} \quad M = \frac{n}{V} = \frac{g}{PM \times V} = \frac{0,2}{80 \times 0,1} = 0,025 \text{ M}$$



$$(1-\alpha) \alpha \quad \alpha \quad \text{totale } i = (1+\alpha)$$

$$\pi = M(1+\alpha)RT \rightarrow (1+\alpha) = \frac{\pi}{MRT} \rightarrow \alpha = \frac{\pi}{MRT} - 1 = \frac{0,85}{0,025 \times 0,0821 \times 298} - 1 = 0,39$$

22) Un elettrolita forte A in acqua si dissocia secondo la reazione:



dove v è il numero di moli di particelle B prodotto dalla dissociazione di una mole di elettrolita A. La soluzione preparata sciogliendo $5,0 \times 10^{-3}$ moli di elettrolita in H_2O fino ad ottenere un volume di soluzione pari a 500 ml ha una pressione osmotica pari a 1,22 atm alla temperatura di 25 °C. Calcolare v .

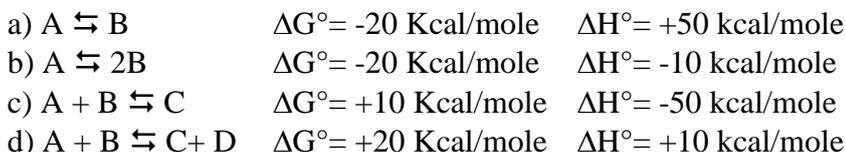
$$500 \text{ ml} = 0,50 \text{ l} \quad M = n/V = 5,0 \times 10^{-3} / 0,5 = 0,010 \text{ M} \quad T = 298 \text{ K}$$

$$\pi = vMRT \rightarrow v = \frac{\pi}{MRT} = \frac{1,22}{0,01 \times 0,0821 \times 298} = 4,99 \approx 5$$

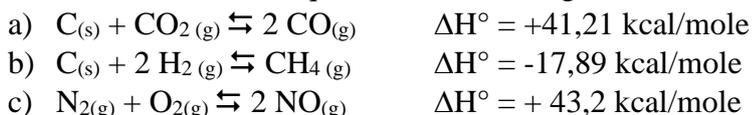
H) Equilibri in fase gassosa

1) Le seguenti reazioni hanno luogo in fase gassosa; scrivere la costante di equilibrio K_P ed indicare:

- se sono spontanee o no a condizioni standard;
- se sono favorite o sfavorite da un aumento di pressione;
- se sono favorite o sfavorite da un aumento di temperatura.



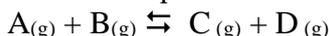
2) Scrivere la costante di equilibrio K_P delle seguenti reazioni:



ed indicare se sono termodinamicamente favorite o sfavorite:

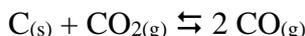
- A) da un aumento di pressione;
- B) da un aumento di temperatura.

3) In un recipiente vuoto del volume di 10,0 litri vengono introdotte 0,30 moli di A e 0,30 moli di B. La temperatura viene portata a 500 K e si stabilisce l'equilibrio:



Calcolare la costante di equilibrio K_P a 500 K, sapendo che all'equilibrio nel recipiente sono presenti 0,10 moli di C.

4) A 1000°C e alla pressione di 30 atmosfere le frazioni molari all'equilibrio per la reazione:



Sono $x_{CO_2} = 0,17$ e $x_{CO} = 0,83$; calcolare K_P alla temperatura di esperienza.

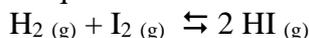
5) In un recipiente del volume di un litro viene introdotta 1 mole di PCl_5 ; alla temperatura di 250° C il composto si dissocia secondo la reazione:



e all'equilibrio si trova che sono presenti 0,467 moli di Cl_2 .

Calcolare le costanti di equilibrio della reazione K_c e K_P a 250° C.

6) In un recipiente del volume di 20 l vengono introdotte 2,7 moli di H_2 e 1,0 moli di I_2 ; la miscela viene riscaldata fino ad una data temperatura, alla quale avviene la reazione:



Sapendo che all'equilibrio si ottengono 1,9 moli di HI, calcolare la costante di equilibrio della reazione.

7) 2,0 grammi di NH_4Cl vengono introdotti in un recipiente vuoto del volume di 10 litri; alla temperatura di 250 °C, si misura nel recipiente una pressione di 0,053 atm dovuta alla reazione:



Calcolare: a) la costante di equilibrio della reazione K_P ;

b) il numero di moli di NH_3 e HCl prodotte;

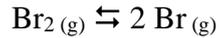
c) il peso del residuo solido (NH_4Cl).

8) In un recipiente del volume di 6,0 l vengono introdotte 0,20 moli di CO_2 e 0,030 moli di H_2 ; ad una data temperatura si stabilisce l'equilibrio:



All'equilibrio sono presenti nel recipiente 0,020 moli di CO. Calcolare K_c .

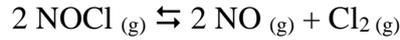
9) $6,3 \times 10^{-3}$ moli di Br_2 vengono introdotte in un recipiente del volume di 2,8 litri e la temperatura viene portata a 1978 K. Ad alta temperatura Br_2 si dissocia in Br monoatomico secondo la reazione:



Sapendo che all'equilibrio nel recipiente si misura una pressione totale pari a 0,449 atm, calcolare la costante di equilibrio K_p .

10) Calcolare K_p in atmosfere per la reazione $\text{N}_2\text{O}_4 (\text{g}) \rightleftharpoons 2 \text{NO}_2 (\text{g})$ sapendo che, a 50°C e $P = 334,4$, torr $\alpha = 0,577$.

11) In un recipiente inizialmente vuoto alla temperatura di 377°C vengono introdotti 519,6 torr di NOCl e 192,3 torr di NO . Quando la reazione



raggiunge l'equilibrio si misura una pressione $P_{\text{tot}} = 867,1$ torr; calcolare K_p e K_c .

12) A 1000 K la reazione



ha $K_p = 2,0 \times 10^{-3}$. Calcolare il grado di dissociazione e le pressioni parziali all'equilibrio quando si riscalda C_2H_4 a $T = 1000$ K e $P_{\text{tot}} = 10,0$ atm.

13) Un sistema gassoso contenente CO_2 , CO e O_2 si trova all'equilibrio a 3000 K quando le pressioni parziali sono $P_{\text{O}_2} = 0,20$ atm, $P_{\text{CO}} = 0,4$ atm e $P_{\text{CO}_2} = 0,60$ atm. Calcolare ΔG° a 3000 K per la reazione:



Soluzioni H

- 1) Le seguenti reazioni hanno luogo in fase gassosa; scrivere la costante di equilibrio K_P ed indicare:
- se sono spontanee o no a condizioni standard
 - se sono favorite o sfavorite da un aumento di pressione
 - se sono favorite o sfavorite da un aumento di temperatura

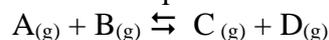
	reazione	K_P	Spontaneità	Aumento pressione	Aumento temperatura
a	$A \rightleftharpoons B$	$K_P = \frac{P_B}{P_A}$	$\Delta G^\circ = -20$ Kcal/mole <0 spontanea	$\Delta v=0$ indifferente	$\Delta H^\circ = +50$ Kcal/mole >0 favorita
b	$A \rightleftharpoons 2B$	$K_P = \frac{P_B^2}{P_A}$	$\Delta G^\circ = -20$ Kcal/mole <0 spontanea	$\Delta v=1 > 0$ sfavorita	$\Delta H^\circ = -10$ Kcal/mole <0 sfavorita
c	$A + B \rightleftharpoons C$	$K_P = \frac{P_C}{P_A P_B}$	$\Delta G^\circ = +10$ Kcal/mole >0 non spontanea	$\Delta v= -1 < 0$ favorita	$\Delta H^\circ = -50$ Kcal/mole >0 sfavorita
d	$A + B \rightleftharpoons C + D$	$K_P = \frac{P_C P_D}{P_A P_B}$	$\Delta G^\circ = +20$ Kcal/mole >0 non spontanea	$\Delta v=0$ indifferente	$\Delta H^\circ = +10$ Kcal/mole >0 favorita

- 2) Scrivere la costante di equilibrio K_P delle seguenti reazioni ed indicare se sono termodinamicamente favorite o sfavorite:

- A) da un aumento di pressione;
B) da un aumento di temperatura.

	reazione	K_P	Aumento pressione	Aumento temperatura
a	$C_{(s)} + CO_{2(g)} \rightleftharpoons 2 CO_{(g)}$	$K_P = \frac{P_{CO}^2}{P_{CO_2}}$	$\Delta v=2-1=1 > 0$ sfavorita	$\Delta H^\circ = +41,21$ kcal/mole >0 Endotermica \rightarrow favorita
b	$C_{(s)} + 2 H_{2(g)} \rightleftharpoons CH_{4(g)}$	$K_P = \frac{P_{CH_4}}{P_{H_2}^2}$	$\Delta v=1-2= -1 < 0$ favorita	$\Delta H^\circ = -17,89$ kcal/mole <0 Esotermica \rightarrow sfavorita
c	$N_{2(g)} + O_{2(g)} \rightleftharpoons 2 NO_{(g)}$	$K_P = \frac{P_{NO}^2}{P_{N_2} P_{O_2}}$	$\Delta v=1-1=0$ indifferente	$\Delta H^\circ = + 43,2$ kcal/mole >0 Endotermica \rightarrow favorita

- 3) In un recipiente vuoto del volume di 10,0 litri vengono introdotte 0,30 moli di A e 0,30 moli di B. La temperatura viene portata a 500 K e si stabilisce l'equilibrio:



Calcolare la costante di equilibrio K_P a 500 K, sapendo che all'equilibrio nel recipiente sono presenti 0,10 moli di C.



0,3 0,3 / / moli iniziali

-0,1 -0,1 +0,1 +0,1 reazione

0,2 0,2 0,1 0,1 situaz. finale

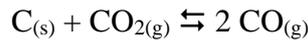
$$\Delta n_D = \Delta n_C = -\Delta n_A = -\Delta n_B$$

$$P_A = P_B = \frac{n_A RT}{V} = \frac{0,2 \times 500 \times 0,0821}{10} = 0,821 \text{ atm}$$

$$P_C = P_D = \frac{n_C RT}{V} = \frac{0,1 \times 500 \times 0,0821}{10} = 0,41 \text{ atm}$$

$$K_P = \frac{P_C}{P_A \times P_B} = \frac{(0,41)^2}{(0,821)^2} = 0,25$$

4) A 1000°C e alla pressione di 30 atmosfere, le frazioni molari all'equilibrio per la reazione:



Sono $x_{CO_2} = 0,17$ e $x_{CO} = 0,83$; calcolare K_p alla temperatura di esperienza.

$$P_{CO_2} = x_{CO_2} P_{tot} = 0,17 \times 30 = 5,1 \text{ atm} \quad P_{CO} = x_{CO} P_{tot} = 0,83 \times 30 = 24,9 \text{ atm}$$

$$K_p = \frac{P_{CO}^2}{P_{CO_2}} = \frac{(24,9)^2}{5,1} = 121,5$$

5) In un recipiente del volume di un litro viene introdotta 1 mole di PCl_5 ; alla temperatura di 250° C il composto si dissocia secondo la reazione: $PCl_5(g) \rightleftharpoons PCl_3(g) + Cl_2(g)$ e all'equilibrio si trova che sono presenti 0,467 moli di Cl_2 . Calcolare le costanti di equilibrio della reazione K_c e K_p a 250° C.



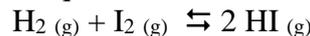
1	/	/	moli iniziali	$n_{PCl_3} = n_{Cl_2} = x = 0,467$
1-x	x	x	moli all'equilibrio	$n_{PCl_5} = 1-x = 1-0,467 = 0,533$

$$c_{PCl_3} = c_{Cl_2} = n_{Cl_2} / V = 0,467 \quad c_{PCl_5} = n_{PCl_5} / V = 0,533$$

$$K_c = \frac{c_{PCl_3} c_{Cl_2}}{c_{PCl_5}} = \frac{(0,467)^2}{0,533} = 0,409$$

$$\Delta v = 1 \quad T = 523 \text{ K} \quad K_p = K_c(RT) = 0,409 \times 0,0821 \times 523 = 17,6$$

6) In un recipiente del volume di 20 l vengono introdotte 2,7 moli di H_2 e 1,0 moli di I_2 ; la miscela viene riscaldata fino ad una data temperatura, alla quale avviene la reazione:



Sapendo che all'equilibrio si ottengono 1,9 moli di HI, calcolare la costante di equilibrio della reazione.

$H_2(g)$	+	$I_2(g)$	\rightleftharpoons	$2 HI(g)$	all'equilibrio
2,7		1,0	/		$n_{HI} = 2x = 1,9 \quad x = n_{HI}/2 = 0,95$
-x		-x		+2x	$n_{H_2} = 2,7-x = 2,7-0,95 = 1,75$
<hr/>					
2,7-x		1,0-x		+2x	$n_{I_2} = 1,0-x = 1,0-0,95 = 0,05$
					moli all'equilibrio

$$K_c = \frac{c_{HI}^2}{c_{H_2} c_{I_2}} = \frac{(n/V)_{HI}^2}{(n/V)_{H_2} (n/V)_{I_2}} = \frac{n_{HI}^2}{n_{H_2} n_{I_2}} = \frac{(1,9)^2}{0,05 \times 1,75} = 41,3 \quad \Delta v = 0 \quad K_c = K_p$$

7) 2,0 grammi di NH_4Cl vengono introdotti in un recipiente vuoto del volume di 10 litri; alla temperatura di 250 °C, si misura nel recipiente una pressione di 0,053 atm dovuta alla reazione:



Calcolare: a) la costante di equilibrio della reazione K_p ;



$$n^0 - x \quad \quad \quad x \quad \quad \quad x \quad \quad \quad n_{NH_3} = n_{HCl} \quad P_{NH_3} = P_{HCl}$$

$$P_{tot} = P_{NH_3} + P_{HCl} \quad P_{NH_3} = P_{HCl} = P_{tot}/2 = 0,053/2 = 0,0265 \text{ atm}$$

$$K_p = P_{NH_3} \cdot P_{HCl} = (0,0265)^2 = 7,02 \times 10^{-4}$$

b) il numero di moli di NH_3 e HCl prodotte;

$$PV = nRT \quad T = 523 \text{ K} \quad n_{NH_3} = n_{HCl} = \frac{P_{HCl} V}{RT} = \frac{0,0265 \times 10}{0,0821 \times 523} = 0,0062$$

c) il peso del residuo solido (NH_4Cl).

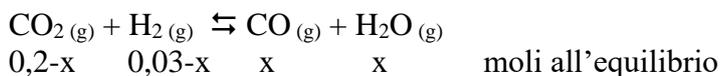
$$PM_{NH_4Cl} = P_{AN} + 4P_{AH} + P_{ACl} = 53,45 \text{ g/mol} \quad n_{NH_4Cl}^0 = \frac{g_{NH_4Cl}^0}{PM_{NH_4Cl}} = \frac{2}{53,45} = 0,0374 = n^0$$

$$n_{NH_4Cl} = n^0 - x = 0,0374 - 0,0062 = 0,0312 \quad g_{NH_4Cl} = n_{NH_4Cl} \cdot PM_{NH_4Cl} = 0,0312 \times 53,45 = 1,67 \text{ g}$$

8) In un recipiente del volume di 6,0 l vengono introdotte 0,20 moli di CO₂ e 0,030 moli di H₂; ad una data temperatura si stabilisce l'equilibrio:



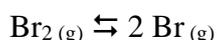
All'equilibrio sono presenti nel recipiente 0,020 moli di CO. Calcolare K_c.



$$n_{\text{CO}} = 0,02 = x \quad n_{\text{H}_2\text{O}} = n_{\text{CO}} = 0,02 \quad n_{\text{CO}_2} = 0,2 - x = 0,18 \quad n_{\text{H}_2} = 0,03 - x = 0,01$$

$$K_c = \frac{c_{\text{CO}} c_{\text{H}_2\text{O}}}{c_{\text{CO}_2} c_{\text{H}_2}} = \frac{(n_{\text{CO}} / V)(n_{\text{H}_2\text{O}} / V)}{(n_{\text{CO}_2} / V)(n_{\text{H}_2} / V)} = \frac{n_{\text{CO}} n_{\text{H}_2\text{O}}}{n_{\text{CO}_2} n_{\text{H}_2}} = \frac{(0,02)^2}{0,18 \times 0,01} = 0,22$$

9) $6,3 \times 10^{-3}$ moli di Br₂ vengono introdotte in un recipiente del volume di 2,8 litri e la temperatura viene portata a 1978 K. Ad alta temperatura Br₂ si dissocia in Br monoatomico secondo la reazione:



Sapendo che all'equilibrio nel recipiente si misura una pressione totale pari a 0,449 atm, calcolare la costante di equilibrio K_p.

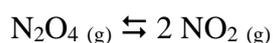
$$P_{\text{Br}_2}^0 = n_{\text{Br}_2}^0 \times \frac{RT}{V} = \frac{6,3 \times 10^{-3} \times 1978 \times 0,0821}{2,8} = 0,365 \text{ atm} = P^0$$

$$\begin{array}{ccc} \text{Br}_2 & \rightleftharpoons & 2 \text{Br} \\ P^0 - x & & 2x \end{array} \quad \begin{array}{l} P_{\text{tot}} = P^0 - x + 2x = P^0 + x = 0,449 \text{ atm} \\ x = P_{\text{tot}} - P^0 = 0,449 - 0,365 = 0,084 \text{ atm} \end{array}$$

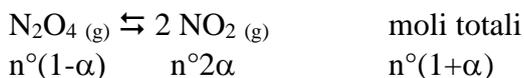
$$P_{\text{Br}} = 2x = 2 \times 0,084 = 0,168 \text{ atm} \quad P_{\text{Br}_2} = P^0 - x = 0,365 - 0,084 = 0,281 \text{ atm}$$

$$K_p = \frac{P_{\text{Br}}^2}{P_{\text{Br}_2}} = \frac{(0,168)^2}{0,281} = 0,100$$

10) Calcolare K_p in atmosfere per la reazione



sapendo che a 50°C e P = 344,4 torr α = 0,577.

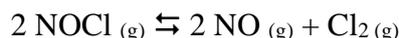


$$x_{\text{NO}_2} = \frac{n^\circ 2\alpha}{n^\circ(1+\alpha)} = \frac{2 \times 0,577}{1 + 0,577} = 0,732 \quad P_{\text{NO}_2} = x_{\text{NO}_2} P$$

$$x_{\text{N}_2\text{O}_4} = \frac{n^\circ(1-\alpha)}{n^\circ(1+\alpha)} = \frac{1 - 0,577}{1 + 0,577} = 0,268 = 1 - x_{\text{NO}_2} \quad P_{\text{N}_2\text{O}_4} = x_{\text{N}_2\text{O}_4} P$$

$$P = 0,44 \text{ atm} \quad K_p = \frac{P_{\text{NO}_2}^2}{P_{\text{N}_2\text{O}_4}} = \frac{x_{\text{NO}_2}^2}{x_{\text{N}_2\text{O}_4}} P = \frac{(0,732)^2}{0,268} \times 0,44 = 0,88$$

11) In un recipiente inizialmente vuoto alla temperatura di 377° C vengono introdotti 519,6 torr di NOCl e 192,3 torr di NO. Quando la reazione:



raggiunge l'equilibrio si misura una pressione $P_{\text{tot}} = 867,1$ torr; calcolare K_p e K_c .

$$P_{\text{NOCl}}^{\circ} = 0,683 \text{ atm} \quad P_{\text{NO}}^{\circ} = 0,253 \text{ atm} \quad P_{\text{tot}} = 1,141 \text{ atm}$$

	$2 \text{NOCl (g)} \rightleftharpoons 2 \text{NO (g)} + \text{Cl}_2 \text{(g)}$	pressione totale
Pressioni iniziali	$P_{\text{NOCl}}^{\circ} \quad P_{\text{NO}}^{\circ} \quad /$	$P_{\text{tot}}^{\circ} = P_{\text{NOCl}}^{\circ} + P_{\text{NO}}^{\circ}$
Pressioni all'equilibrio	$P_{\text{NOCl}}^{\circ} - 2\Delta P \quad P_{\text{NO}}^{\circ} + 2\Delta P \quad \Delta P$	$P_{\text{tot}} = P_{\text{NOCl}}^{\circ} + P_{\text{NO}}^{\circ} + \Delta P$

$$P_{\text{tot}} = P_{\text{NOCl}}^{\circ} + P_{\text{NO}}^{\circ} + \Delta P \quad \Delta P = (P_{\text{tot}} - P_{\text{NOCl}}^{\circ} - P_{\text{NO}}^{\circ}) = 0,205 \text{ atm}$$

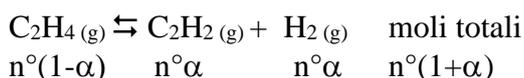
$$P_{\text{Cl}_2} = \Delta P = 0,205 \text{ atm} \quad P_{\text{NO}} = P_{\text{NO}}^{\circ} + 2\Delta P = 0,663 \text{ atm} \quad P_{\text{NOCl}} = P_{\text{NOCl}}^{\circ} - 2\Delta P = 0,273 \text{ atm}$$

$$K_p = \frac{P_{\text{NO}}^2 P_{\text{Cl}_2}}{P_{\text{NOCl}}^2} = \frac{(0,663)^2 (0,205)}{(0,273)^2} = 1,2$$

12) A 1000 K la reazione



ha $K_p = 2,0 \times 10^{-3}$. Calcolare il grado di dissociazione e le pressioni parziali all'equilibrio quando si riscalda C_2H_4 a $T = 1000 \text{ K}$ e $P_{\text{tot}} = 10,0 \text{ atm}$.



$$x_{\text{C}_2\text{H}_2} = x_{\text{H}_2} = \frac{\alpha}{1+\alpha} \quad P_{\text{C}_2\text{H}_2} = P_{\text{H}_2} = x_{\text{H}_2} P_{\text{tot}} = \frac{\alpha}{1+\alpha} P_{\text{tot}}$$

$$x_{\text{C}_2\text{H}_4} = \frac{1-\alpha}{1+\alpha} \quad P_{\text{C}_2\text{H}_4} = x_{\text{C}_2\text{H}_4} P_{\text{tot}} = \frac{1-\alpha}{1+\alpha} P_{\text{tot}}$$

$$K_p = \frac{P_{\text{C}_2\text{H}_2} P_{\text{H}_2}}{P_{\text{C}_2\text{H}_4}} = \frac{x_{\text{C}_2\text{H}_2} x_{\text{H}_2}}{x_{\text{C}_2\text{H}_4}} P_{\text{tot}} = \left(\frac{\alpha}{1+\alpha} \right)^2 \left(\frac{1+\alpha}{1-\alpha} \right) P_{\text{tot}} = \frac{\alpha^2}{1-\alpha^2} P_{\text{tot}}$$

$$\alpha^2 = \frac{K_p / P}{1 + K_p / P} \cong \frac{K_p}{P} = 2 \times 10^{-4} \quad \left(\frac{K_p}{P} \ll 1 \right) \quad \alpha = \sqrt{\frac{K_p}{P_{\text{tot}}}} = 0,0144$$

$$P_{\text{C}_2\text{H}_2} = P_{\text{H}_2} = x_{\text{H}_2} P_{\text{tot}} = \frac{\alpha}{1+\alpha} P_{\text{tot}} = 0,14 \text{ atm} \quad P_{\text{C}_2\text{H}_4} = x_{\text{C}_2\text{H}_4} P_{\text{tot}} = \frac{1-\alpha}{1+\alpha} P_{\text{tot}} = 9,72 \text{ atm}$$

13) Un sistema gassoso contenente CO_2 , CO e O_2 si trova all'equilibrio a 3000 K quando le pressioni parziali sono $P_{\text{O}_2} = 0,20 \text{ atm}$, $P_{\text{CO}} = 0,4 \text{ atm}$ e $P_{\text{CO}_2} = 0,60 \text{ atm}$. Calcolare ΔG° a 3000 K per la reazione:



$$K_p = \frac{P_{\text{O}_2}^{1/2} P_{\text{CO}}}{P_{\text{CO}_2}} = \frac{(0,2)^{1/2} (0,4)}{(0,6)} = 0,3 \quad R = 8,31 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$$

$$\Delta G^{\circ} = -RT \ln K_p = -8,31 \times 3000 \times \ln(0,3) = 30015 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1} = 30,0 \text{ KJ mol}^{-1} \text{ K}^{-1} = 7,18 \text{ Kcal mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$$

I) Equilibri acido-base

1) Calcolare il pH:

- di una soluzione 0,010 M di HNO_3 ;
- di una soluzione 0,010 M di KOH ;
- di una soluzione 0,010 M di HClO ($K_a=2,96 \times 10^{-8}$);
- di una soluzione 0,010 M di codeina, base monoprotica debole ($K_b=9,0 \times 10^{-7}$).

2) Una soluzione 0,10 M di un acido debole monoprotico HA ha $\text{pH} = 4,0$; calcolare:

- il grado di dissociazione α ; b) la costante di dissociazione dell'acido K_a .

3) Il pH della soluzione 0,20 M di una base monoprotica debole è 11,6; calcolare la K_b della base.

4) L'acido solfidrico H_2S ha due costanti di dissociazione $K_{a1} = 1,0 \times 10^{-7}$ e $K_{a2} = 1,2 \times 10^{-13}$.

0,50 g di acido solfidrico vengono disciolti in 100 ml di H_2O . Calcolare:

- il pH della soluzione; b) la concentrazione degli ioni S^{2-} .

5) Una soluzione 0,10 M di un acido debole monoprotico HA ha $\text{pH}=4,0$; calcolare il pH di una soluzione $2,0 \times 10^{-3}$ M dello stesso acido.

6) Calcolare la concentrazione molare di una soluzione acido acetico CH_3COOH ($K_a = 1,8 \times 10^{-5}$) avente $\text{pH}= 3,2$.

7) Un acido monoprotico debole è dissociato per lo 0,50% in soluzione acquosa 0,010 M. Calcolare la costante di dissociazione dell'acido ed il pH della soluzione.

8) 3,0 grammi di un acido monoprotico debole HA avente $\text{PM} = 60$ g/mol vengono sciolti in acqua fino ad ottenere un volume di soluzione pari a 200 ml; si misura un pH della soluzione pari a 3,5. Calcolare la costante di dissociazione ed il grado di dissociazione dell'acido HA.

9) Una soluzione 0,30 M della base debole monoprotica B ha $\text{pH}=11,5$; calcolare la costante di dissociazione della base K_b .

10) Una soluzione 0,020 M di un acido debole HA ha un pH pari a 2,5. Calcolare il grado di dissociazione α dell'acido, la sua costante di dissociazione K_a e la pressione osmotica della soluzione a 25°C .

11) Calcolare quale deve essere la concentrazione molare di una soluzione della base debole monoprotica dietilammina, $(\text{C}_2\text{H}_5)_2\text{NH}$, perché il suo pH sia 12,5; la costante di dissociazione della base è $K_b = 9,6 \times 10^{-4}$.

12) Un acido debole monoprotico HA ha una costante di equilibrio $K_a = 4,0 \times 10^{-6}$; calcolare il pH di una soluzione 0,25 M del suo sale sodico NaA.

13) Nota la costante di dissociazione della base ammoniacca ($K_{\text{NH}_3} = 1,8 \times 10^{-5}$), calcolare il pH di una soluzione preparata sciogliendo 4,86 g di cloruro di ammonio in 500 ml di acqua.

14) Calcolare il pH di una soluzione 0,010 M di NaClO sapendo che per HClO $K_a=2,96 \times 10^{-8}$.

15) Sapendo che una soluzione 0,10 M KCN ha $\text{pH}= 11,1$ calcolare la K_a di HCN .

16) Calcolare il pH di una soluzione 0,010 M in HClO ($K_a=2,96 \times 10^{-8}$) e 0,02 M in NaClO .

17) Calcolare il pH di una soluzione 0,10 M in NaH_2PO_4 e 0,15 M in Na_2HPO_4 .
(per H_3PO_4 $K_{a1} = 7,1 \times 10^{-3}$; $K_{a2} = 6,3 \times 10^{-8}$; $K_{a3} = 4,2 \times 10^{-13}$).

18) Calcolare quanti grammi di acetato di sodio (CH_3COONa) devono essere aggiunti a 500 ml di soluzione 0,20 M di acido acetico CH_3COOH ($K_a = 1,8 \times 10^{-5}$) per ottenere una soluzione avente $\text{pH} = 5,0$.

- 19) Calcolare il pH di una soluzione 0,10 M di Na_2CO_3 , conoscendo le costanti di dissociazione di H_2CO_3 ($K_{a1} = 4,2 \times 10^{-7}$, $K_{a2} = 4,8 \times 10^{-11}$).
- 20) Calcolare il pH di una soluzione ottenuta mescolando 20 ml di soluzione 0,20 M di HCl e 30 ml di soluzione 0,10 M di NaOH.
- 21) Calcolare il pH di una soluzione ottenuta mescolando 20 ml di soluzione acquosa 0,20 M di NaOH con 30 ml di soluzione acquosa 0,10 M di H_2SO_4 (N.B. considerare H_2SO_4 come acido diprotico forte).
- 23) Calcolare:
- il pH di una soluzione 0,15 M in CH_3COONa e 0,10 M in CH_3COOH ($K_a = 1,8 \times 10^{-5}$);
 - il nuovo valore di pH dopo che a 40 ml della soluzione vengono aggiunti 10 ml di soluzione 0,10 M di HCl.
- 24) Calcolare:
- il pH di una soluzione 0,20 M di Na_2SO_3 sapendo che per H_2SO_3 $K_{a1}=1,5 \times 10^{-2}$, $K_{a2}=1,0 \times 10^{-7}$.
 - 30,0 ml della soluzione di Na_2SO_3 vengono mescolati con 20,0 ml di soluzione 0,15 M di HCl; calcolare il pH della soluzione risultante.

Soluzioni I

1) Calcolare il pH:

a) di una soluzione 0,010 M di HNO₃;



$$[\text{H}_3\text{O}^+] = 0,01 \text{ M} \quad \text{pH} = -\log [\text{H}_3\text{O}^+] = -\log 0,01 = 2$$

b) di una soluzione 0,010 M di KOH;



$$K_w = [\text{H}_3\text{O}^+] [\text{OH}^-] = 10^{-14} \quad [\text{H}_3\text{O}^+] = K_w / [\text{OH}^-] = 10^{-14} / 0,01 = 10^{-12} \text{ M} \quad \text{pH} = -\log [\text{H}_3\text{O}^+] = 12$$

(soluzione alternativa: $\text{pOH} = -\log [\text{OH}^-] = -\log 0,01 = 2 \quad \text{pH} = 14 - \text{pOH} = 12$)

c) di una soluzione 0,010 M di HClO ($K_a = 2,96 \times 10^{-8}$);



$$c_0 - x \cong c_0 \quad x \quad x$$

$$K_a = \frac{[\text{ClO}^-][\text{H}_3\text{O}^+]}{[\text{HClO}]} = \frac{x^2}{c_0} \quad [\text{H}_3\text{O}^+] = \sqrt{K_a c_0} = \sqrt{2,96 \times 10^{-8} \times 0,01} = 1,7 \times 10^{-5} \text{ M}$$

$$\text{pH} = -\log [\text{H}_3\text{O}^+] = 4,8$$

d) di una soluzione 0,010 M di codeina, base monoprotica debole ($K_b = 9,0 \times 10^{-7}$).



$$c_0 - x \cong c_0 \quad x \quad x$$

$$K_b = \frac{[\text{BH}^+][\text{OH}^-]}{[\text{B}]} = \frac{x^2}{c_0} \quad [\text{OH}^-] = \sqrt{K_b c_0} = \sqrt{9 \times 10^{-7} \times 0,01} = 9,5 \times 10^{-5} \text{ M}$$

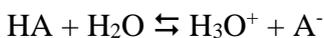
$$\text{pOH} = -\log [\text{OH}^-] = 4,0 \quad \text{pH} = 14 - \text{pOH} = 10,0$$

2) Una soluzione 0,10 M di un acido debole monoprotico HA ha pH = 4,0; calcolare:

a) il grado di dissociazione α

b) la costante di dissociazione dell'acido K_a .

$$\text{pH} = -\log [\text{H}_3\text{O}^+] \Rightarrow [\text{H}_3\text{O}^+] = 10^{-\text{pH}} = 10^{-4} \text{ M}$$



$$c_0 - x \cong c_0 \quad x \quad x$$

$$x = [\text{H}_3\text{O}^+] = 10^{-4} \text{ M} \ll c_0 = 0,1 \text{ M}$$

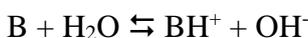
$$c_0(1-\alpha) \cong c_0 \quad c_0\alpha \quad c_0\alpha$$

$$\text{a) } \alpha = \frac{[\text{H}_3\text{O}^+]}{c_0} = \frac{10^{-4}}{0,1} = 10^{-3} \ll 1$$

$$\text{b) } K_a = \frac{[\text{A}^-][\text{H}_3\text{O}^+]}{[\text{HA}]} = \frac{x^2}{c_0} = \frac{(c_0\alpha)^2}{c_0(1-\alpha)} \cong \alpha^2 c_0 = 10^{-7}$$

3) Il pH della soluzione 0,2 M di una base monoprotica debole è 11,6; calcolare la K_b della base.

$$\text{pOH} = 14 - \text{pH} = 2,4 \quad [\text{OH}^-] = 10^{-\text{pOH}} = 4,0 \times 10^{-3} \text{ M}$$



$$c_0 - x \cong c_0 \quad x \quad x$$

$$K_b = \frac{[\text{BH}^+][\text{OH}^-]}{[\text{B}]} = \frac{x^2}{c_0} = \frac{(4 \times 10^{-3})^2}{0,2} = 8 \times 10^{-5}$$

4) L'acido solfidrico H_2S ha due costanti di dissociazione $K_{a1} = 1,0 \times 10^{-7}$ e $K_{a2} = 1,2 \times 10^{-13}$.

0,50 g di acido solfidrico vengono disciolti in 100 ml di H_2O . Calcolare:

a) il pH della soluzione; b) la concentrazione degli ioni S^{2-} .

$$PM_{H_2S} = 2PA_H + PA_S = 2 \times 32 = 64 \text{ g/mol} \quad M = \frac{n}{V} = \frac{g}{PM \times V} = \frac{0,5}{64 \times 0,1} = 0,147M$$



$$c_0 - x \cong c_0 \quad x \quad x$$



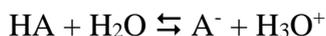
$$x \quad ? \quad x$$

$$a) K_{a1} = \frac{[HS^-][H_3O^+]}{[H_2S]} = \frac{x^2}{c_0} \quad [H_3O^+] = \sqrt{K_{a1}c_0} = \sqrt{1,0 \times 10^{-7} \times 0,147} = 1,2 \times 10^{-4}M$$

$$pH = -\log [H_3O^+] = 3,9$$

$$b) K_{a2} = \frac{[S^{2-}][H_3O^+]}{[HS^-]} \quad [HS^-] = [H_3O^+] \Rightarrow [S^{2-}] = K_{a2} = 1,2 \times 10^{-13}M$$

5) Una soluzione 0,10 M di un acido debole monoprotico HA ha pH=4,0; calcolare il pH di una soluzione $2,0 \times 10^{-3}$ M dello stesso acido.



$$c - x \cong c \quad x \quad x$$

$$\text{soluz. 1) } pH = 4,00 \quad c_1 = 0,10 \text{ M} \quad x_1 = [H_3O^+] = 10^{-pH} = 10^{-4}$$

$$K_a = \frac{[A^-][H_3O^+]}{[HA]} = \frac{x_1^2}{c_1} = \frac{(10^{-4})^2}{0,1} = 10^{-7}$$

$$\text{soluz. 2} \quad c_2 = 2,0 \times 10^{-3} \text{ M} \quad [H_3O^+] = \sqrt{K_a \times c_2} = \sqrt{2 \times 10^{-3} \times 10^{-7}} = 1,41 \times 10^{-5} \text{ M}$$

$$pH = -\log[H_3O^+] = -\log(1,41 \times 10^{-5}) = 4,85$$

6) Calcolare la concentrazione molare di una soluzione acido acetico CH_3COOH ($K_a = 1,8 \times 10^{-5}$) avente pH= 3,2.

$$[H_3O^+] = 10^{-pH} = 10^{-3,2} \text{ M} = 6,3 \times 10^{-4} \text{ M}$$

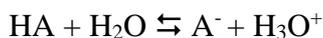


$$c - x \cong c \quad x \quad x$$

$$K_a = \frac{[CH_3COO^-][H_3O^+]}{[CH_3COOH]} = \frac{[H_3O^+]^2}{c} \quad \Rightarrow \quad c = \frac{[H_3O^+]^2}{K_a} = \frac{(6,3 \times 10^{-4})^2}{1,8 \times 10^{-5}} = 0,022 \text{ M}$$

7) Un acido monoprotico debole è dissociato per lo 0,50% in soluzione acquosa 0,010 M. Calcolare la costante di dissociazione dell'acido ed il pH della soluzione.

$$\alpha = \frac{n.moli_dissociate}{n.moli_iniziali} = \frac{0,5}{100} = 0,005 = 5,0 \times 10^{-3}$$



$$c - x \cong c \quad x \quad x$$

$$c(1-\alpha) \cong c \quad \alpha c \quad \alpha c$$

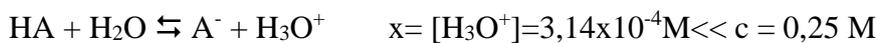
$$[H_3O^+] = \alpha c = 0,005 \times 0,01 = 5,0 \times 10^{-5} \text{ M}$$

$$K_a = \frac{[A^-][H_3O^+]}{[HA]} = \frac{x^2}{c} = \frac{[H_3O^+]^2}{c} = \frac{(5 \times 10^{-5})^2}{0,01} = 2,5 \times 10^{-7}$$

$$pH = -\log [H_3O^+] = -\log(5 \times 10^{-5}) = 4,3$$

8) 3,0 grammi di un acido monoprotico debole HA avente PM = 60 g/mol vengono sciolti in acqua fino ad ottenere un volume di soluzione pari a 200 ml; si misura un pH della soluzione pari a 3,5. Calcolare la costante di dissociazione ed il grado di dissociazione dell'acido HA.

$$V=0,2 \text{ l} \quad c = M = \frac{n}{V} = \frac{g}{PM \times V} = \frac{3}{60 \times 0,2} = 0,25 \text{ M} \quad [\text{H}_3\text{O}^+] = 10^{-\text{pH}} = 10^{-3,5} = 3,16 \times 10^{-4} \text{ M}$$



$$c-x \cong c \quad x \quad x$$

$$c(1-\alpha) \cong c \quad \alpha c \quad \alpha c$$

$$K_a = \frac{[\text{A}^-][\text{H}_3\text{O}^+]}{[\text{HA}]} = \frac{x^2}{c} = \frac{(3,16 \times 10^{-4})^2}{0,25} = 4 \times 10^{-7} \quad \alpha = \frac{[\text{H}_3\text{O}^+]}{c} = \frac{3,14 \times 10^{-4}}{0,25} = 1,26 \times 10^{-3}$$

9) Una soluzione 0,30 M della base debole monoprotica B ha pH=11,5; calcolare la costante di dissociazione della base K_b .

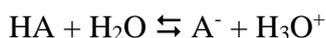
$$\text{pOH} = 14 - \text{pH} = 14 - 11,5 = 2,5 \quad [\text{OH}^-] = 10^{-\text{pOH}} = 10^{-2,5} = 3,16 \times 10^{-3} \text{ M}$$



$$c-x \cong c \quad x \quad x$$

$$K_b = \frac{[\text{BH}^+][\text{OH}^-]}{[\text{B}]} = \frac{x^2}{c} = \frac{(3,16 \times 10^{-3})^2}{0,3} = 3,3 \times 10^{-5}$$

10) Una soluzione 0,020 M di un acido debole HA ha un pH pari a 2,5. Calcolare il grado di dissociazione α dell'acido, la sua costante di dissociazione K_a e la pressione osmotica della soluzione a 25° C.



$$c-x \quad x \quad x \quad x = [\text{H}_3\text{O}^+] = 10^{-\text{pH}} = 10^{-2,5} \text{ M} = 3,16 \times 10^{-3} \text{ M}$$

$$c(1-\alpha) \quad \alpha c \quad \alpha c \quad \text{conc. totale} = c(1+\alpha)$$

$$K_A = \frac{[\text{A}^-][\text{H}_3\text{O}^+]}{[\text{HA}]} = \frac{[\text{H}_3\text{O}^+]^2}{c - [\text{H}_3\text{O}^+]} = \frac{(3,16 \times 10^{-3})^2}{0,02 - 3,16 \times 10^{-3}} = 6 \times 10^{-4} \quad \alpha = \frac{[\text{H}_3\text{O}^+]}{c} = \frac{3,16 \times 10^{-3}}{0,02} = 0,158$$

$$T = 298 \text{ K} \quad \Pi = c(1+\alpha)RT = 0,02(1,158)0,082 \times 298 = 0,566 \text{ atm}$$

11) Calcolare quale deve essere la concentrazione molare di una soluzione della base debole monoprotica dietilammina, $(\text{C}_2\text{H}_5)_2\text{NH}$, perché il suo pH sia 12,5; la costante di dissociazione della base è $K_b = 9,6 \times 10^{-4}$.

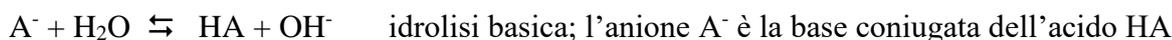
$$\text{pOH} = 14 - \text{pH} = 14 - 12,5 = 1,5 \quad [\text{OH}^-] = 10^{-\text{pOH}} = 10^{-1,5} = 3,16 \times 10^{-2} \text{ M}$$



$$c-x \cong c \quad x \quad x$$

$$K_b = \frac{[\text{BH}^+][\text{OH}^-]}{[\text{B}]} = \frac{x^2}{c} = \frac{[\text{OH}^-]^2}{c} \quad c = \frac{[\text{OH}^-]^2}{K_b} = \frac{(3,16 \times 10^{-2})^2}{9,6 \times 10^{-4}} = 1,04 \text{ M}$$

12) Un acido debole monoprotico HA ha una costante di equilibrio $K_a = 4,0 \times 10^{-6}$; calcolare il pH di una soluzione 0,25 M del suo sale sodico NaA.



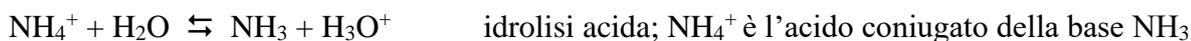
$$c_s - x \cong c_s \quad x \quad x$$

$$K_i = \frac{K_w}{K_a} = \frac{10^{-14}}{4 \times 10^{-6}} = 2,5 \times 10^{-9} \quad K_i = \frac{[\text{HA}][\text{OH}^-]}{[\text{A}^-]} = \frac{x^2}{c_s}$$

$$[\text{OH}^-] = x = \sqrt{K_i \times c_s} = \sqrt{0,25 \times 2,5 \times 10^{-9}} = 2,5 \times 10^{-5} \text{ M} \quad \text{pOH} = -\log[\text{OH}^-] = 4,6 \quad \text{pH} = 14 - \text{pOH} = 9,4$$

13) Nota la costante di dissociazione della base ammoniacca ($K_{\text{NH}_3} = 1,8 \times 10^{-5}$), calcolare il pH di una soluzione preparata sciogliendo 4,86 g di cloruro di ammonio in 500 ml di acqua.

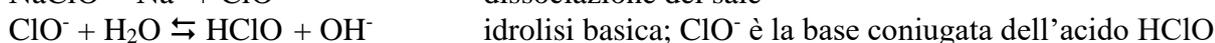
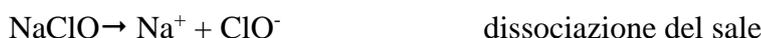
$$PM_{\text{NH}_4\text{Cl}} = P_{\text{AN}} + 4P_{\text{AH}} + P_{\text{ACl}} = 53,45 \text{ g/mol} \quad V = 0,5 \text{ l} \quad M = \frac{n}{V} = \frac{g}{PM \times V} = \frac{4,86}{53,45 \times 0,5} = 0,18 \text{ M}$$



$$K_i = \frac{K_w}{K_b} = \frac{10^{-14}}{1,8 \times 10^{-5}} = 5,55 \times 10^{-10} \quad K_i = \frac{[\text{NH}_3][\text{H}_3\text{O}^+]}{[\text{NH}_4^+]} = \frac{x^2}{c_S}$$

$$[\text{H}_3\text{O}^+] = x = \sqrt{K_i \times c_S} = \sqrt{0,18 \times 5,5 \times 10^{-10}} = 10^{-5} \text{ M} \quad \text{pH} = -\log[\text{H}_3\text{O}^+] = 5$$

14) Calcolare il pH di una soluzione 0,01 M di NaClO, sapendo che per HClO $K_a = 2,96 \times 10^{-8}$.



$$K_i = \frac{[\text{HClO}][\text{OH}^-]}{[\text{ClO}^-]} = \frac{x^2}{c_0} \quad K_i = K_b = \frac{K_w}{K_a} = \frac{10^{-14}}{2,96 \times 10^{-8}} = 3,4 \times 10^{-7}$$

$$[\text{OH}^-] = x = \sqrt[2]{K_i \times c_0} = \sqrt[2]{0,01 \times 3,4 \times 10^{-7}} = 5,8 \times 10^{-5} \text{ M}$$

$$\text{pOH} = -\log[\text{OH}^-] = 4,2 \quad \text{pH} = 14 - \text{pOH} = 9,8$$

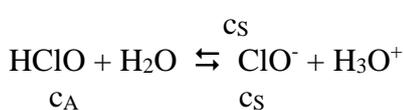
15) Sapendo che una soluzione 0,10 M KCN ha pH= 11,1 calcolare la K_a di HCN.



$$\text{pOH} = 14 - \text{pH} = 2,9 \quad [\text{OH}^-] = 10^{-\text{pOH}} = 10^{-2,9} = 1,26 \times 10^{-3} \text{ M}$$

$$K_i = \frac{[\text{HCN}][\text{OH}^-]}{[\text{CN}^-]} = \frac{[\text{OH}^-]^2}{[\text{CN}^-]} = \frac{(1,26 \times 10^{-3})^2}{0,1} = 1,6 \times 10^{-5} = \frac{K_w}{K_a} \Rightarrow K_a = \frac{K_w}{K_b} = \frac{10^{-14}}{1,6 \times 10^{-5}} = 6,3 \times 10^{-10}$$

16) Calcolare il pH di una soluzione 0,01 M in HClO ($K_a = 2,96 \times 10^{-8}$) e 0,02 M in NaClO.



Si tratta di una soluzione che contiene un acido debole (HClO) ed un suo sale con una base forte (NaClO), ovvero di una soluzione tampone.

$$K_a = \frac{[\text{ClO}^-][\text{H}_3\text{O}^+]}{[\text{HClO}]} = \frac{c_S [\text{H}_3\text{O}^+]}{c_A} \Rightarrow [\text{H}_3\text{O}^+] = K_a \frac{c_A}{c_S} \Rightarrow$$

$$\text{pH} = \log[\text{H}_3\text{O}^+] = -\log\left(K_a \frac{c_A}{c_S}\right) = \text{p}K_a + \log \frac{c_S}{c_A} = -\log(2,96 \times 10^{-8}) + \log\left(\frac{0,02}{0,01}\right) = 7,8$$

17) Calcolare il pH di una soluzione 0,1 M in NaH_2PO_4 e 0,15 M in Na_2HPO_4 .
(per H_3PO_4 $K_{a1} = 7,1 \times 10^{-3}$; $K_{a2} = 6,3 \times 10^{-8}$; $K_{a3} = 4,2 \times 10^{-13}$).



H_2PO_4^- e HPO_4^{2-} sono l'acido e la base coniugata l'uno dell'altro; la costante di dissociazione dell'acido H_2PO_4^- è K_{a2} . Si tratta di una soluzione tampone.



$$\text{pH} = \text{p}K_a + \log \frac{c_S}{c_A} = \text{p}K_{a2} + \log \frac{[\text{HPO}_4^{2-}]}{[\text{H}_2\text{PO}_4^-]} = -\log(6,3 \times 10^{-8}) + \log \frac{0,15}{0,1} = 7,3$$

18) Calcolare quanti grammi di acetato di sodio (CH_3COONa) devono essere aggiunti a 500 ml di soluzione 0,20 M di acido acetico CH_3COOH ($K_a = 1,8 \times 10^{-5}$) per ottenere una soluzione avente $\text{pH} = 5,0$.

È una soluzione tampone (CH_3COOH , un acido debole; CH_3COONa suo sale con base forte)



$$\text{pH} = \text{p}K_a + \log \frac{c_S}{c_A} = 4,75 + \log \frac{c_S}{0,2} = 5 \Rightarrow \log \frac{c_S}{0,2} = 0,25 \Rightarrow \frac{c_S}{0,2} = 10^{0,25} = 1,78 \Rightarrow c_S = 0,356 \text{ M}$$

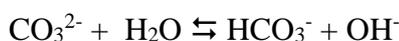
$$PM_{\text{CH}_3\text{COONa}} = 2P_{\text{Ac}} + 3P_{\text{AH}} + 2P_{\text{AO}} + P_{\text{ANa}} = 2 \times 12 + 3 + 2 \times 16 + 23 = 82 \text{ g/mol} \quad V = 0,5 \text{ l}$$

$$g_{\text{CH}_3\text{COONa}} = n_{\text{CH}_3\text{COONa}} \times PM_{\text{CH}_3\text{COONa}} = c_S V \times PM_{\text{CH}_3\text{COONa}} = 0,356 \times 0,5 \times 82 = 14,58 \text{ g}$$

19) Calcolare il pH di una soluzione 0,10 M di Na_2CO_3 , conoscendo le costanti di dissociazione di H_2CO_3 ($K_{a1} = 4,2 \times 10^{-7}$, $K_{a2} = 4,8 \times 10^{-11}$).



CO_3^{2-} è la base coniugata dell'acido HCO_3^- la cui costante di equilibrio è K_{a2} ; Na_2CO_3 è un sale che deriva da acido debole e base forte e pertanto subisce reazione di idrolisi basica.



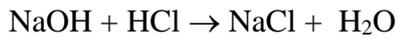
$$K_i = \frac{K_w}{K_{a2}} = \frac{10^{-14}}{4,8 \times 10^{-11}} = 2,1 \times 10^{-4} \quad K_i = \frac{[\text{HCO}_3^-][\text{OH}^-]}{[\text{CO}_3^{2-}]} = \frac{x^2}{c_s}$$

$$[\text{OH}^-] = x = \sqrt{K_i \times c_s} = \sqrt{0,1 \times 2,1 \times 10^{-4}} = 4 \times 10^{-3} \text{ M}$$

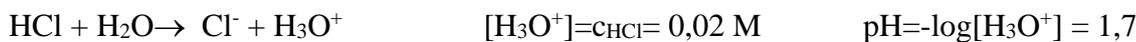
$$\text{pOH} = -\log[\text{OH}^-] = 2,3 \quad \text{pH} = 14 - \text{pOH} = 11,7$$

20) Calcolare il pH di una soluzione ottenuta mescolando 20 ml di soluzione 0,2 M di HCl e 30 ml di soluzione 0,10 M di NaOH.

$$V_{\text{tot}} = 0,02 + 0,03 = 0,05 \text{ l} \quad c_A = \frac{c_A^0 \times V_A^0}{V_{\text{tot}}} = \frac{0,2 \times 0,02}{0,05} = 0,08 \text{ M} \quad c_B = \frac{c_B^0 \times V_B^0}{V_{\text{tot}}} = \frac{0,3 \times 0,1}{0,5} = 0,06 \text{ M}$$



0,06	0,08		concentrazioni iniziali
<u>-0,06</u>	<u>-0,06</u>	<u>+0,06</u>	reazione
/	0,02	+0,06	concentrazioni finali $c_{\text{HCl}} = 0,02 \text{ M}$



21) Calcolare il pH di una soluzione ottenuta mescolando 20 ml di soluzione acquosa 0,20 M di NaOH con 30 ml di soluzione acquosa 0,10 M di H₂SO₄ (N.B. considerare H₂SO₄ come acido diprotico forte).

$$V_{\text{tot}} = 0,05 \text{ l} \quad \text{Calcolo nuove concentrazioni:} \quad M_{\text{NaOH}} = \frac{0,2 \times 0,02}{0,5} = 0,08 \text{ M} = [\text{OH}^-]$$

$$M_{\text{H}_2\text{SO}_4} = \frac{0,1 \times 0,3}{0,5} = 0,06 \text{ M} \quad [\text{H}_3\text{O}^+] = 2 M_{\text{H}_2\text{SO}_4} = 0,12 \text{ M}$$



0,12	0,08		concentrazioni iniziali
<u>-0,08</u>	<u>-0,08</u>		reazione
0,04	0		concentrazioni finali $[\text{H}_3\text{O}^+] = 0,04 \text{ M}$ $\text{pH} = -\log[\text{H}^+] = 1,4$

22) Una soluzione viene preparata mescolando 50 ml di soluzione 0,20 M di NH₃ (K_b = 1,8 x 10⁻⁵) e 50 ml di soluzione 0,10 M di HCl; calcolare il pH della soluzione.

$$50 \text{ ml} = 0,05 \text{ l} \quad n_{\text{NH}_3} = M_{\text{NH}_3} V_{\text{NH}_3} = 0,2 \times 0,05 = 0,01 \quad n_{\text{HCl}} = M_{\text{HCl}} V_{\text{HCl}} = 0,1 \times 0,05 = 0,005$$



0,01	0,005	/	moli iniziali	HCl è il reagente in difetto
<u>-0,005</u>	<u>-0,005</u>	<u>+0,005</u>	reazione	
0,005	0,005		moli finali	

Si forma una soluzione che contiene NH₃ (base debole) e NH₄Cl (suo sale con acido forte). È una soluzione tampone.

$$V_{\text{soluz}} = V_{\text{HCl}} + V_{\text{NH}_3} = 100 \text{ ml} = 0,10 \text{ l}$$

$$M_{\text{NH}_3} = \frac{n_{\text{NH}_3}}{V} = \frac{0,005}{0,1} = 0,05 \text{ M} = c_B \quad M_{\text{NH}_4\text{Cl}} = M_{\text{NH}_3} = 0,05 \text{ M} = c_S$$



c_S



c_B

c_S

$$K_b = \frac{[\text{NH}_4^+][\text{OH}^-]}{[\text{NH}_3]} = \frac{c_S[\text{OH}^-]}{c_B} \Rightarrow [\text{OH}^-] = K_b \frac{c_B}{c_S}$$

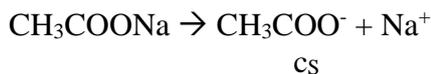
$$\text{pOH} = -\log[\text{OH}^-] = -\log\left(K_b \frac{c_B}{c_S}\right) = \text{p}K_b + \log \frac{c_S}{c_B}$$

$$c_B = c_S \quad \text{pOH} = \text{p}K_b = -\log(1,8 \times 10^{-5}) = 4,7 \quad \text{pH} = 14 - \text{pOH} = 9,3$$

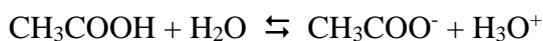
23) Calcolare:

a) il pH di una soluzione 0,15 M in CH_3COONa e 0,10 M in CH_3COOH ($K_a = 1,8 \times 10^{-5}$);

È una soluzione tampone (CH_3COOH , un acido debole; CH_3COONa suo sale con base forte)



c_S



c_A

c_S

$$K_a = \frac{[\text{CH}_3\text{COO}^-][\text{H}_3\text{O}^+]}{[\text{CH}_3\text{COOH}]} = \frac{c_S[\text{H}_3\text{O}^+]}{c_A} \Rightarrow [\text{H}_3\text{O}^+] = K_a \frac{c_A}{c_S}$$

$$\text{pH} = -\log[\text{H}_3\text{O}^+] = -\log\left(K_a \frac{c_A}{c_S}\right) = \text{p}K_a + \log \frac{c_S}{c_A} = -\log(1,8 \times 10^{-5}) + \log \frac{0,15}{0,1} = 4,9$$

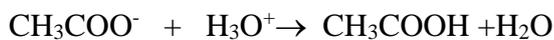
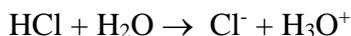
b) il nuovo valore di pH dopo che a 40 ml della soluzione vengono aggiunti 10 ml di soluzione 0,10 M di HCl.

$$V_{\text{tamp}} = 40 \text{ ml} \quad V_{\text{HCl}} = 10 \text{ ml} \quad V_{\text{tot}} = V_{\text{tamp}} + V_{\text{HCl}} = 50 \text{ ml}$$

$$c_A V_{\text{tamp}} = c'_A V_{\text{tot}} \quad c'_A = \frac{c_A V_{\text{tamp}}}{V_{\text{tot}}} = \frac{0,1 \times 40}{50} = 0,08 \text{ M}$$

$$c_S V_{\text{tamp}} = c'_S V_{\text{tot}} \quad c'_S = \frac{c_S V_{\text{tamp}}}{V_{\text{tot}}} = \frac{0,15 \times 40}{50} = 0,12$$

$$c_{\text{HCl}} V_{\text{HCl}} = c'_{\text{HCl}} V_{\text{tot}} \quad c'_{\text{HCl}} = \frac{c_{\text{HCl}} V_{\text{HCl}}}{V_{\text{tot}}} = \frac{0,1 \times 10}{50} = 0,02$$



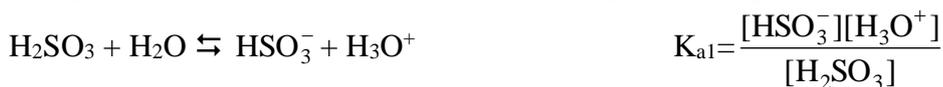
0,12	0,02	0,08	concentrazioni iniziali
-0,02	-0,02	+0,02	reazione
0,1	/	0,1	concentrazioni finali

$$[\text{CH}_3\text{COOH}] = c''_A = [\text{CH}_3\text{COO}^-] = c''_S$$

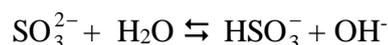
$$\text{pH} = \text{p}K_a + \log \frac{c''_S}{c''_A} = \text{p}K_a = 4,75$$

24) Calcolare:

a) il pH di una soluzione 0,20 M di Na_2SO_3 sapendo che per H_2SO_3 $K_{a1}=1,5 \times 10^{-2}$, $K_{a2}=1,0 \times 10^{-7}$.



SO_3^{2-} è la base coniugata dell'acido HSO_3^- la cui costante di equilibrio è K_{a2} ; Na_2SO_3 è un sale che deriva da acido debole e base forte e pertanto subisce reazione di idrolisi basica.



$$c_S - x \cong c_S \quad x \quad x$$

$$K_i = \frac{K_w}{K_{a2}} = \frac{10^{-14}}{1,0 \times 10^{-7}} = 1,0 \times 10^{-7} \quad K_i = \frac{[\text{HSO}_3^-][\text{OH}^-]}{[\text{SO}_3^{2-}]} = \frac{x^2}{c_S}$$

$$[\text{OH}^-] = x = \sqrt{K_i \times c_S} = \sqrt{0,2 \times 10^{-7}} = 1,41 \times 10^{-4} \text{ M}$$

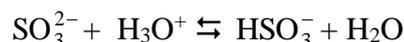
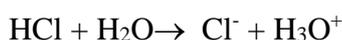
$$\text{pOH} = -\log[\text{OH}^-] = 3,85 \quad \text{pH} = 14 - \text{pOH} = 10,15$$

b) 30,0 ml della soluzione di Na_2SO_3 vengono mescolati con 20,0 ml di soluzione 0,15 M di HCl; calcolare il pH della soluzione risultante.

$$V_{\text{Na}_2\text{SO}_3} = 30 \text{ ml} \quad V_{\text{HCl}} = 20 \text{ ml} \quad V_{\text{tot}} = V_{\text{Na}_2\text{SO}_3} + V_{\text{HCl}} = 50 \text{ ml}$$

$$c_{\text{Na}_2\text{SO}_3} V_{\text{Na}_2\text{SO}_3} = c'_{\text{Na}_2\text{SO}_3} V_{\text{tot}} \quad c'_{\text{Na}_2\text{SO}_3} = \frac{c_{\text{Na}_2\text{SO}_3} V_{\text{Na}_2\text{SO}_3}}{V_{\text{tot}}} = \frac{0,2 \times 30}{50} = 0,12$$

$$c_{\text{HCl}} V_{\text{HCl}} = c'_{\text{HCl}} V_{\text{tot}} \quad c'_{\text{HCl}} = \frac{c_{\text{HCl}} V_{\text{HCl}}}{V_{\text{tot}}} = \frac{0,15 \times 20}{50} = 0,06$$



0,12	0,06		concentrazioni iniziali
-0,06	-0,06	+0,06	reazione
0,06	/	0,06	concentrazioni finali

Si ottiene una soluzione che contiene gli ioni SO_3^{2-} e HSO_3^- . L'anione SO_3^{2-} è la base coniugata dell'acido anione HSO_3^- , la cui costante di equilibrio è K_{a2} . Si viene quindi a formare una soluzione tampone, avente $c_S = c_A$ ($[\text{SO}_3^{2-}] = [\text{HSO}_3^-] = 0,060 \text{ M}$), il cui pH è dato da:

$$\text{pH} = \text{p}K_a + \log \frac{c_S}{c_A} = \text{p}K_{a2} + \log \frac{[\text{SO}_3^{2-}]}{[\text{HSO}_3^-]} = -\log(1,0 \times 10^{-7}) = 7,0$$

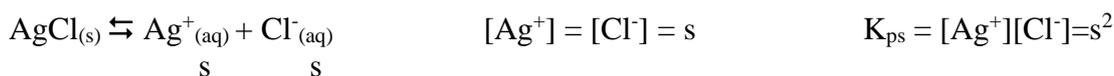
J) Equilibri di solubilità

- 1) Il prodotto di solubilità di AgCl è $K_{ps} = 1,7 \times 10^{-10}$; Calcolare la concentrazione degli ioni Ag^+ :
 - a) in una soluzione satura di AgCl ;
 - b) nella stessa soluzione, dopo l'aggiunta di $0,10$ moli/litro di NaCl .
- 2) Il prodotto di solubilità di CaF_2 è $K_{ps} = 3,9 \times 10^{-11}$; calcolare la solubilità del CaF_2 :
 - a) in acqua pura;
 - b) in soluzione $0,01$ M di CaCl_2 ;
 - c) in soluzione $0,01$ M di NaF .
- 3) La solubilità in acqua della fluorite (fluoruro di calcio) è pari a $16,7$ mg/l; calcolare il suo prodotto di solubilità.
- 4) Una soluzione satura di PbF_2 contiene 250 mg/l di ione Pb^{2+} ; calcolare il prodotto di solubilità del sale.
- 5) Calcolare la concentrazione dello ione Ag^+ in moli/l e in mg/l in una soluzione satura di Ag_2CrO_4 . ($K_{ps}=1,2 \times 10^{-12}$).
- 6) Calcolare la concentrazione dello ione Pb^{2+} :
 - a) in una soluzione satura di PbBr_2 ($K_{ps}=6,6 \times 10^{-6}$);
 - b) nella soluzione satura di PbBr_2 , dopo l'aggiunta di $0,10$ moli/litro di NaBr .
- 7) Il pH di una soluzione satura di idrossido di magnesio è $10,6$. Calcolare:
 - a) la solubilità dell'idrossido di magnesio in moli/litro e in milligrammi/litro;
 - b) il prodotto di solubilità dell'idrossido di magnesio.
- 8) Calcolare il pH di una soluzione satura di $\text{Al}(\text{OH})_3$. ($K_{ps}= 3,7 \times 10^{-15}$)
- 9) Calcolare la solubilità (moli/litro) di $\text{Mg}(\text{OH})_2$ in una soluzione avente $\text{pH}=12$. ($K_{ps}=1,2 \times 10^{-11}$)
- 10) Mescolando 50 ml di soluzione $0,20$ M di FeCl_2 con 50 ml di soluzione $0,60$ M in NaOH si ha la formazione di un precipitato di $\text{Fe}(\text{OH})_2$ ($K_{ps} = 1,0 \times 10^{-15}$). Calcolare:
 - a) i grammi di precipitato di $\text{Fe}(\text{OH})_2$ che si formano;
 - b) la concentrazione degli ioni Fe^{2+} e OH^- in soluzione all'equilibrio.
- 11) Calcolare la concentrazione minima di ione ioduro (moli/litro) necessaria ad ottenere la formazione di un precipitato da una soluzione contenente 100 mg/l dei seguenti cationi:
 - a) Ag^+ ($K_{ps \text{ AgI}}= 8,5 \times 10^{-17}$);
 - b) Pb^{2+} ($K_{ps \text{ PbI}_2}= 8,7 \times 10^{-9}$).
- 12) Calcolare quale deve essere la concentrazione minima degli ioni OH^- perché si abbia la precipitazione di $\text{Fe}(\text{OH})_3$ da una soluzione contenente $2,5 \times 10^{-2}$ moli/litro di ioni Fe^{3+} , ed il valore di pH relativo. ($K_{ps \text{ Fe}(\text{OH})_3}= 1,1 \times 10^{-36}$)
- 13) Sapendo che il prodotto di solubilità del sale AgN_3 è pari a $3,0 \times 10^{-9}$ e la costante di dissociazione dell'acido HN_3 è pari a $1,9 \times 10^{-5}$, calcolare la concentrazione degli ioni Ag^+
 - a) in una soluzione satura di AgN_3 avente $\text{pH}=12$;
 - b) in una soluzione satura di AgN_3 avente $\text{pH}=2$.

Soluzioni J)

1) Il prodotto di solubilità di AgCl è $K_{ps} = 1,7 \times 10^{-10}$; calcolare la concentrazione degli ioni Ag^+ :

a) in una soluzione satura di AgCl;



$$[Ag^+] = s = \sqrt{K_{ps}} = \sqrt{1,7 \times 10^{-10}} = 1,3 \times 10^{-5} \text{ M}$$

b) nella stessa soluzione, dopo l'aggiunta di 0,10 moli/litro di NaCl.



$$K_{ps} = [Ag^+][Cl^-] = sc \quad [Ag^+] = s = \frac{K_{ps}}{c} = \frac{1,7 \times 10^{-10}}{0,1} = 1,7 \times 10^{-9} \text{ M}$$

2) Il prodotto di solubilità di CaF_2 è $K_{ps} = 3,9 \times 10^{-11}$; calcolare la solubilità del CaF_2 :

a) in acqua pura;



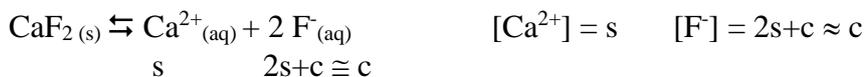
$$K_{ps} = [Ca^{2+}][F^-]^2 = s(2s)^2 = 4s^3 \quad s = \sqrt[3]{\frac{K_{ps}}{4}} = \sqrt[3]{\frac{3,9 \times 10^{-11}}{4}} = 2,1 \times 10^{-4} \text{ M}$$

b) in soluzione 0,01 M di $CaCl_2$;



$$K_{ps} = [Ca^{2+}][F^-]^2 = c(2s)^2 = 4s^2 c \quad s = \sqrt{\frac{K_{ps}}{4c}} = \sqrt{\frac{3,9 \times 10^{-11}}{4 \times 0,01}} = 3,1 \times 10^{-5} \text{ M}$$

c) in soluzione 0,01 M di NaF.

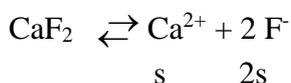


$$K_{ps} = [Ca^{2+}][F^-]^2 = sc^2 \quad s = \frac{K_{ps}}{c^2} = \frac{3,9 \times 10^{-11}}{(0,01)^2} = 3,9 \times 10^{-7} \text{ M}$$

3) La solubilità in acqua della fluorite (fluoruro di calcio) è pari a 16,7 mg/l; calcolare il suo prodotto di solubilità.

$$16,7 \text{ mg/l} = 1,67 \times 10^{-2} \text{ g/l} = (g/l)_{CaF_2} \quad PM_{CaF_2} = 78 \text{ g/mol}$$

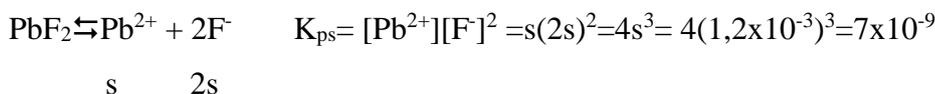
$$M_{CaF_2} = (moli/l)_{CaF_2} = \frac{(g/l)_{CaF_2}}{PM_{CaF_2}} = \frac{1,67 \times 10^{-2}}{78} = 2,14 \times 10^{-4} \text{ M} = s$$



$$K_{ps} = [Ca^{2+}][F^-]^2 = s \times (2s)^2 = 4s^3 = 4 \times (2,14 \times 10^{-4})^3 = 3,9 \times 10^{-11}$$

4) Una soluzione satura di PbF_2 contiene 250 mg/l di ione Pb^{2+} ; calcolare il prodotto di solubilità del sale.

$$P_{\text{APb}} = 207 \text{ g/mol} \quad 250 \text{ mg/l} = 0,25 \text{ g/l} \quad [\text{Pb}^{2+}] = M = \frac{n}{V} = \frac{g}{V} \times \frac{1}{P_A} = \frac{0,25}{207} = 1,2 \times 10^{-3} \text{ M} = s$$



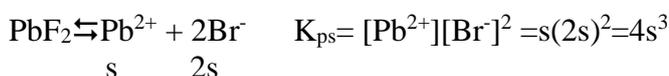
5) Calcolare la concentrazione dello ione Ag^+ in moli/l e in mg/l in una soluzione satura di Ag_2CrO_4 ($K_{ps} = 1,2 \times 10^{-12}$).



$$s = \sqrt[3]{\frac{K_{ps}}{4}} = \sqrt[3]{\frac{1,2 \times 10^{-12}}{4}} = 5,48 \times 10^{-5} \text{ M} \quad [\text{Ag}^+] = 2s = 1,09 \times 10^{-4} \text{ M}$$

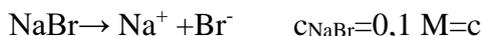
$$(\text{mg/l})_{\text{Ag}^+} = [\text{Ag}^+] \times P_{\text{A}_{\text{Ag}}} \times 1000 = 1,09 \times 10^{-4} \times 107,868 \times 1000 = 11,8 \text{ mg/l}$$

6) Calcolare la concentrazione dello ione Pb^{2+} : a) in una soluzione satura di PbBr_2 ($K_{ps} = 6,6 \times 10^{-6}$);



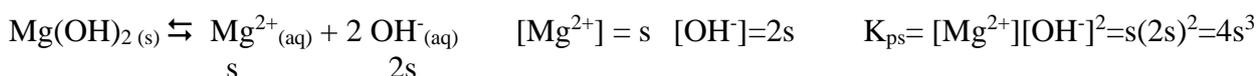
$$[\text{Pb}^{2+}] = s = \sqrt[3]{\frac{K_{ps}}{4}} = \sqrt[3]{\frac{6,6 \times 10^{-6}}{4}} = 1,28 \times 10^{-2} \text{ M}$$

b) nella soluzione satura di PbBr_2 , dopo l'aggiunta di 0,1 moli/litro di NaBr.



7) Il pH di una soluzione satura di idrossido di magnesio è 10,6. Calcolare:

a) la solubilità dell'idrossido di magnesio in moli/litro e in milligrammi/litro;



$$\text{pOH} = 14 - \text{pH} = 3,4 \quad [\text{OH}^-] = 10^{-\text{pOH}} = 10^{-3,4} = 4 \times 10^{-4} \text{ M} \quad s = [\text{OH}^-]/2 = 2 \times 10^{-4} \text{ M}$$

$$P_M = P_{\text{A}_{\text{Mg}}} + 2P_{\text{A}_{\text{O}}} + 2P_{\text{A}_{\text{H}}} = 58 \text{ g/mol} \quad \text{mg/l} = M \times P_M \times 1000 = 2 \times 10^{-4} \times 58 \times 1000 = 11,6 \text{ mg/l}$$

b) il prodotto di solubilità dell'idrossido di magnesio.

$$K_{ps} = [\text{Mg}^{2+}][\text{OH}^-]^2 = s(2s)^2 = 4s^3 = 4 \times (2 \times 10^{-4})^3 = 3,2 \times 10^{-11}$$

8) Calcolare il pH di una soluzione satura di $\text{Al}(\text{OH})_3$. ($K_{ps} = 3,7 \times 10^{-15}$)



$$s = \sqrt[4]{\frac{K_{ps}}{27}} = \sqrt[4]{\frac{3,7 \times 10^{-15}}{27}} = 6,8 \times 10^{-4} \text{ M} \quad [\text{OH}^-] = 3s = 2 \times 10^{-3} \text{ M}$$

$$\text{pOH} = -\log[\text{OH}^-] = 2,7 \quad \text{pH} = 14 - \text{pOH} = 11,3$$

9) Calcolare la solubilità (moli/litro) di $Mg(OH)_2$ in una soluzione avente $pH=12$. ($K_{ps}=1,2 \times 10^{-11}$)

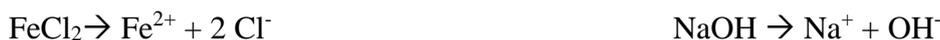
$$pOH = 14 - pH = 14 - 12 = 2 \quad [OH^-] = 10^{-pOH} = 10^{-2} \text{ M}$$



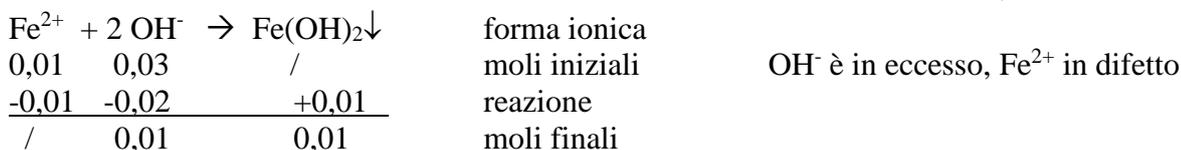
$$s = [Mg^{2+}] = \frac{K_{ps}}{[OH^-]^2} = \frac{1,2 \times 10^{-11}}{(10^{-2})^2} = 1,2 \times 10^{-7} \text{ M}$$

10) Mescolando 50 ml di soluzione 0,20 M di $FeCl_2$ con 50 ml di soluzione 0,60 M in $NaOH$ si ha la formazione di un precipitato di $Fe(OH)_2$ ($K_{ps} = 1,0 \times 10^{-15}$). Calcolare:

a) i grammi di precipitato di $Fe(OH)_2$ che si formano;



$$n_{FeCl_2} = M_{FeCl_2} V_{FeCl_2} = 0,2 \times 0,05 = 0,01 = n_{Fe^{2+}} \quad n_{NaOH} = M_{NaOH} V_{NaOH} = 0,6 \times 0,05 = 0,03 = n_{OH^-}$$



$$n_{Fe(OH)_2} = 0,01 \quad PM_{Fe(OH)_2} = PA_{Fe} + 2PA_O + 2PA_H = 89,85 \text{ g/mol}$$

$$g_{Fe(OH)_2} = n_{Fe(OH)_2} PM_{Fe(OH)_2} = 0,01 \times 89,85 = 0,8985 \text{ g}$$

b) la concentrazione degli ioni Fe^{2+} e OH^- in soluzione all'equilibrio.

$$n_{OH^-} = 0,01 \quad V_{tot} = V_{FeCl_2} + V_{NaOH} = 100 \text{ ml} = 0,1 \text{ l} \quad [OH^-] = \frac{n_{OH^-}}{V_{tot}} = \frac{0,01}{0,1} = 0,1 \text{ M}$$

$$Fe(OH)_2(s) \rightleftharpoons Fe^{2+}(aq) + 2 OH^-(aq) \quad K_{ps} = [Fe^{2+}][OH^-]^2 \quad [Fe^{2+}] = \frac{K_{ps}}{[OH^-]^2} = \frac{10^{-15}}{(0,1)^2} = 10^{-13} \text{ M}$$

11) Calcolare la concentrazione minima di ione ioduro (moli/litro) necessaria ad ottenere la formazione di un precipitato da una soluzione contenente 100 mg/l dei seguenti cationi:

a) Ag^+ ($K_{ps AgI} = 8,5 \times 10^{-17}$);

$$[Ag^+] = \frac{(g/ml)_{Ag^+}}{PA_{Ag}} = \frac{0,1}{107,868} = 9,3 \times 10^{-4} \text{ M}$$

$$AgI(s) \rightleftharpoons Ag^+(aq) + I^-(aq) \quad K_{ps} = [Ag^+][I^-] \quad [I^-] = \frac{K_{ps}}{[Ag^+]} = \frac{8,5 \times 10^{-17}}{9,3 \times 10^{-4}} = 9 \times 10^{-12} \text{ M}$$

b) Pb^{2+} ($K_{ps PbI_2} = 8,7 \times 10^{-9}$).

$$[Pb^{2+}] = \frac{(g/ml)_{Pb^{2+}}}{PA_{Pb}} = \frac{0,1}{207,2} = 4,8 \times 10^{-4} \text{ M}$$

$$PbI_2(s) \rightleftharpoons Pb^{2+}(aq) + 2 I^-(aq) \quad K_{ps} = [Pb^{2+}][I^-]^2 \quad [I^-] = \sqrt{\frac{K_{ps}}{[Pb^{2+}]}} = \sqrt{\frac{8,7 \times 10^{-9}}{4,8 \times 10^{-4}}} = 4,2 \times 10^{-3} \text{ M}$$

12) Calcolare quale deve essere la concentrazione minima degli ioni OH^- perché si abbia la precipitazione di $\text{Fe}(\text{OH})_3$ da una soluzione contenente $2,5 \times 10^{-2}$ moli/litro di ioni Fe^{3+} , ed il valore di pH relativo. ($K_{ps} \text{Fe}(\text{OH})_3 = 1,1 \times 10^{-36}$)



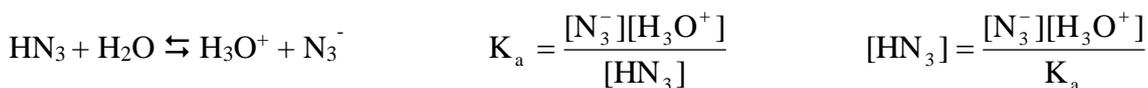
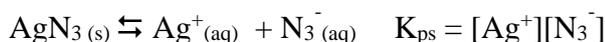
$$[\text{OH}^-] = \sqrt[3]{\frac{K_{ps}}{[\text{Fe}^{3+}]}} = \sqrt[3]{\frac{1,1 \times 10^{-36}}{2,5 \times 10^{-2}}} = 3,5 \times 10^{-12} \text{ M}$$

$$\text{pOH} = -\log[\text{OH}^-] = 11,45 \quad \text{pH} = 14 - \text{pOH} = 2,55$$

13) Sapendo che il prodotto di solubilità del sale AgN_3 è pari a $3,0 \times 10^{-9}$ e la costante di dissociazione dell'acido HN_3 è pari a $1,9 \times 10^{-5}$, calcolare la concentrazione degli ioni Ag^+

a) in una soluzione satura di AgN_3 avente $\text{pH}=12$;

b) in una soluzione satura di AgN_3 avente $\text{pH}=2$.



$$[\text{Ag}^+] = [\text{N}_3^-] + [\text{HN}_3] = [\text{N}_3^-] \left(1 + \frac{[\text{H}_3\text{O}^+]}{K_a} \right) = s \quad [\text{Ag}^+] = s \quad [\text{N}_3^-] = \frac{s}{\left(1 + \frac{[\text{H}_3\text{O}^+]}{K_a} \right)}$$

$$K_{ps} = [\text{Ag}^+][\text{N}_3^-] = \frac{s^2}{\left(1 + \frac{[\text{H}_3\text{O}^+]}{K_a} \right)} \quad s = \sqrt{K_{ps} \left(1 + \frac{[\text{H}_3\text{O}^+]}{K_a} \right)} = [\text{Ag}^+]$$

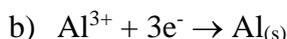
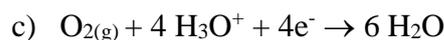
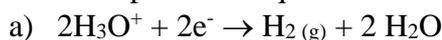
$$\text{a) } [\text{H}_3\text{O}^+] = 10^{-\text{pH}} = 10^{-12} \quad \frac{[\text{H}_3\text{O}^+]}{K_a} \ll 1 \quad [\text{Ag}^+] = s = \sqrt{K_{ps}} = \sqrt{3,0 \times 10^{-9}} = 5,5 \times 10^{-5} \text{ M}$$

$$\text{b) } [\text{H}_3\text{O}^+] = 10^{-\text{pH}} = 10^{-2}$$

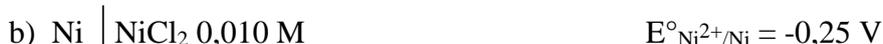
$$\frac{[\text{H}_3\text{O}^+]}{K_a} \gg 1 \quad [\text{Ag}^+] = s = \sqrt{K_{ps} \left(\frac{[\text{H}_3\text{O}^+]}{K_a} \right)} = \sqrt{\frac{10^{-2} \times 3,0 \times 10^{-9}}{1,9 \times 10^{-5}}} = 1,3 \times 10^{-3} \text{ M}$$

K) Elettrochimica

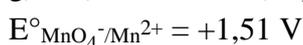
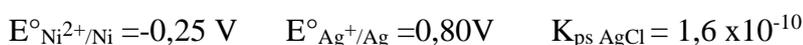
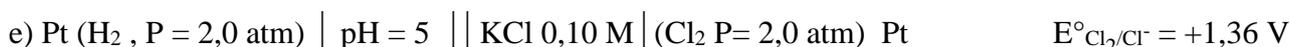
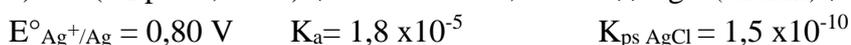
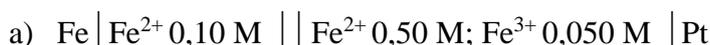
1) Indicare gli schemi dei semielementi formati dalle seguenti semicoppie redox e scrivere la corrispondente equazione di Nernst:



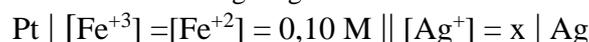
2) Calcolare il potenziale dei seguenti semielementi:



3) Calcolare la f.e.m. delle seguenti pile:



4) Calcolare quale deve essere la concentrazione dello ione Ag^+ perché la f.e.m. della pila sia pari a zero, sapendo che $E^\circ_{\text{Fe}^{3+}/\text{Fe}^{2+}} = 0,74 \text{ V}$; $E^\circ_{\text{Ag}^+/\text{Ag}} = 0,80 \text{ V}$.

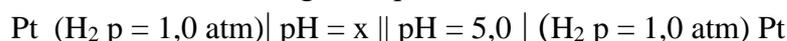


5) La forza elettromotrice della seguente pila a concentrazione:



è pari a 0,605 V. Calcolare la solubilità ed il prodotto di solubilità del bromuro di argento.

6) La f.e.m. di una pila costituita da due elettrodi ad idrogeno di cui uno è immerso in una soluzione tampone a pH 5 e l'altro in una soluzione incognita è pari a 0,085 V.

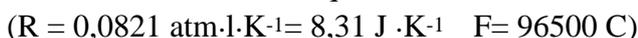


Determinare il pH della soluzione incognita.

7) A 25° C, la seguente pila ha una f.e.m. di 0,569 V:

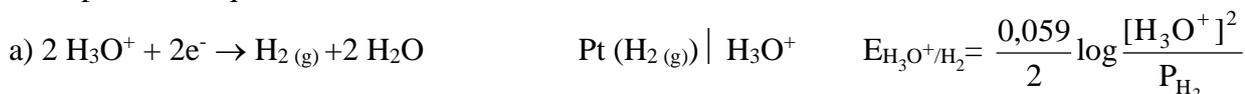


Calcolare la costante di equilibrio della reazione di ossidoriduzione che si instaura in tale pila.



Soluzioni K

1) Indicare gli schemi dei semielementi formati dalle seguenti semicoppie redox e scrivere la corrispondente equazione di Nernst:



$$E_{\text{O}_2/\text{H}_2\text{O}} = E^\circ_{\text{O}_2/\text{H}_2\text{O}} + \frac{0,059}{4} \log (P_{\text{O}_2} [\text{H}_3\text{O}^+]^4)$$



$$E_{\text{MnO}_4^-/\text{Mn}^{2+}} = E^\circ_{\text{MnO}_4^-/\text{Mn}^{2+}} + \frac{0,059}{2} \log \frac{[\text{MnO}_4^-][\text{H}_3\text{O}^+]^8}{[\text{Mn}^{2+}]}$$

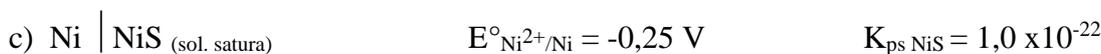
2) Calcolare il potenziale dei seguenti semielementi:



$$\text{Sn}^{4+} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Sn}^{2+} \quad E_{\text{Sn}^{4+}/\text{Sn}^{2+}} = E^\circ_{\text{Sn}^{4+}/\text{Sn}^{2+}} + \frac{0,059}{2} \log \frac{[\text{Sn}^{4+}]}{[\text{Sn}^{2+}]} = 0,13 + \frac{0,059}{2} \log \frac{0,01}{0,1} = 0,10 \text{ V}$$



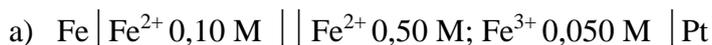
$$\text{Ni}^{2+} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Ni} \quad E_{\text{Ni}^{2+}/\text{Ni}} = E^\circ_{\text{Ni}^{2+}/\text{Ni}} + \frac{0,059}{2} \log [\text{Ni}^{2+}] = -0,25 + \frac{0,059}{2} \log 0,01 = 0,31 \text{ V}$$



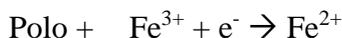
$$\text{NiS}(\text{s}) \rightleftharpoons \text{Ni}^{2+}(\text{aq}) + \text{S}^{2-}(\text{aq}) \quad K_{\text{ps}} = [\text{Ni}^{2+}][\text{S}^{2-}] = s^2 \quad [\text{Ni}^{2+}] = s = \sqrt{K_{\text{ps}}} = \sqrt{10^{-22}} = 10^{-11} \text{ M}$$

$$\text{Ni}^{2+} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Ni} \quad E_{\text{Ni}^{2+}/\text{Ni}} = E^\circ_{\text{Ni}^{2+}/\text{Ni}} + \frac{0,059}{2} \log [\text{Ni}^{2+}] = -0,25 + \frac{0,059}{2} \log 10^{-11} = 0,575 \text{ V}$$

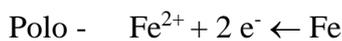
3) Calcolare la f.e.m. delle seguenti pile:



$$E^\circ_{\text{Fe}^{2+}/\text{Fe}} = -0,44 \text{ V} \quad E^\circ_{\text{Fe}^{3+}/\text{Fe}^{2+}} = 0,80 \text{ V}$$

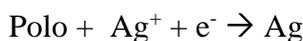


$$E_+ = E_{\text{Fe}^{3+}/\text{Fe}^{2+}} = E^\circ_{\text{Fe}^{3+}/\text{Fe}^{2+}} + 0,059 \log \frac{[\text{Fe}^{3+}]}{[\text{Fe}^{2+}]} = 0,80 + 0,059 \log \frac{0,05}{0,5} = 0,74 \text{ V}$$



$$E_- = E_{\text{Fe}^{2+}/\text{Fe}} = E^\circ_{\text{Fe}^{2+}/\text{Fe}} + \frac{0,059}{2} \log [\text{Fe}^{2+}] = -0,44 + \frac{0,059}{2} \log 0,1 = -0,47 \text{ V}$$

$$E_{\text{pila}} = E_+ - E_- = 0,74 - (-0,47) = 1,21 \text{ V}$$



$$E_+ = E_{\text{Ag}^+/\text{Ag}} = E^\circ_{\text{Ag}^+/\text{Ag}} + 0,059 \log [\text{Ag}^+] = 0,8 + 0,059 \log 0,1 = 0,74 \text{ V}$$

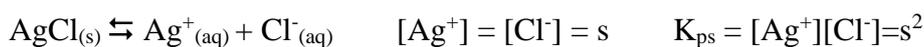
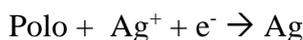


$$E^\circ_{\text{H}_3\text{O}^+/\text{H}_2} = 0 \quad E_- = E_{\text{H}_3\text{O}^+/\text{H}_2} = \frac{0,059}{2} \log \frac{[\text{H}_3\text{O}^+]^2}{P_{\text{H}_2}} = 0,059 \log [\text{H}_3\text{O}^+] = 0,059 \log 0,1 = -0,059 \text{ V}$$

$$E_{\text{pila}} = E_+ - E_- = 0,74 - (-0,059) = 0,80 \text{ V}$$

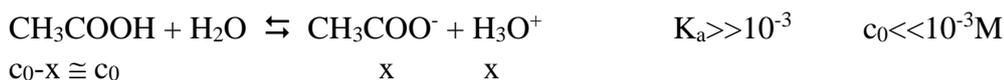


$$E^\circ_{\text{Ag}^+/\text{Ag}} = 0,80 \text{ V} \quad K_a = 1,8 \times 10^{-5} \quad K_{\text{ps AgCl}} = 1,5 \times 10^{-10}$$



$$[\text{Ag}^+] = s = \sqrt{K_{\text{ps}}} = \sqrt{1,5 \times 10^{-10}} = 1,22 \times 10^{-5} \text{ M}$$

$$E_+ = E_{\text{Ag}^+/\text{Ag}} = E^\circ_{\text{Ag}^+/\text{Ag}} + 0,059 \log [\text{Ag}^+] = 0,8 + 0,059 \log (1,22 \times 10^{-5}) = 0,51 \text{ V}$$



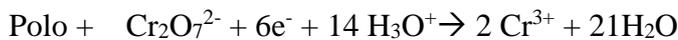
$$K_a = \frac{[\text{CH}_3\text{COO}^-][\text{H}_3\text{O}^+]}{[\text{CH}_3\text{COOH}]} = \frac{x^2}{c_0} \quad [\text{H}_3\text{O}^+] = \sqrt{K_a c_0} = \sqrt{1,8 \times 10^{-5} \times 0,1} = 1,3 \times 10^{-3} \text{ M}$$

$$E_- = E_{\text{H}_3\text{O}^+/\text{H}_2} = \frac{0,059}{2} \log \frac{[\text{H}_3\text{O}^+]^2}{P_{\text{H}_2}} = \frac{0,059}{2} \log \frac{(1,3 \times 10^{-3})^2}{2} = 0,059 \log 0,1 = -0,15 \text{ V}$$

$$E_{\text{pila}} = E_+ - E_- = 0,51 - (-0,15) = 0,66 \text{ V}$$

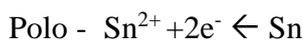
d) Sn | SnCl₂ 0,10 M || K₂Cr₂O₇ 0,040 M; Cr₂(SO₄)₃ 0,050 M; H₂SO₄ 0,40 M | Pt

$$E^{\circ}_{\text{Sn}^{2+}/\text{Sn}} = -0,14 \text{ V} \quad E^{\circ}_{\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}/\text{Cr}^{3+}} = +1,33 \text{ V}$$



$$[\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}] = 0,04 \text{ M} \quad [\text{H}_3\text{O}^+] = 2M_{\text{H}_2\text{SO}_4} = 2 \times 0,4 = 0,80 \text{ M} \quad [\text{Cr}^{3+}] = 2M_{\text{Cr}_2\text{SO}_4} = 2 \times 0,05 = 0,10 \text{ M}$$

$$E_+ = E^{\circ}_{\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}/\text{Cr}^{3+}} + \frac{0,059}{6} \log \frac{[\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}][\text{H}_3\text{O}^+]^{14}}{[\text{Cr}^{3+}]^2} = 1,33 + \frac{0,059}{6} \log \frac{0,04(0,4)^{14}}{(0,1)^2} = 1,32 \text{ V}$$



$$E_- = E^{\circ}_{\text{Sn}/\text{Sn}^{2+}} + \frac{0,059}{2} \log [\text{Sn}^{2+}] = -0,14 + \frac{0,059}{2} \log 0,1 = -0,17 \text{ V}$$

$$E_{\text{pila}} = E_+ - E_- = 1,32 - (-0,17) = 1,49 \text{ V}$$

e) Pt (H₂, P = 2,0 atm) | pH = 5,0 || KCl 0,10 M | (Cl₂ P = 2,0 atm) Pt

$$E^{\circ}_{\text{Cl}_2/\text{Cl}^-} = +1,36 \text{ V} \quad (RT/F) \times 2,3 = 0,059 \text{ V}$$

$$\text{Polo +} \quad \text{Cl}_2 + 2e^- \rightarrow 2 \text{Cl}^- \quad E_+ = E^{\circ}_{\text{Cl}_2/\text{Cl}^-} + \frac{0,059}{2} \log \frac{P_{\text{Cl}_2}}{[\text{Cl}^-]^2} = 1,36 + \frac{0,059}{2} \log \frac{2}{(0,1)^2} = 1,43 \text{ V}$$



$$E_- = E_{\text{H}_3\text{O}^+/\text{H}_2} = \frac{0,059}{2} \log \frac{[\text{H}_3\text{O}^+]^2}{P_{\text{H}_2}} = \frac{0,059}{2} \log \frac{(10^{-5})^2}{2} = -0,286 \text{ V}$$

$$E_{\text{pila}} = E_+ - E_- = 1,43 - (-0,286) = 1,716 \text{ V}$$

f) Ni | Ni(NO₃)₂ 0,20 M || AgCl (sol. satura), NaCl 0,10 M | Ag

$$E^{\circ}_{\text{Ni}^{2+}/\text{Ni}} = -0,25 \text{ V} \quad E^{\circ}_{\text{Ag}^+/\text{Ag}} = 0,80 \text{ V} \quad K_{\text{ps}} \text{ AgCl} = 1,6 \times 10^{-10}$$



$$[\text{Cl}^-] = 0,10 \text{ M} \quad [\text{Ag}^+] = \frac{K_{\text{ps}}}{[\text{Cl}^-]} = \frac{1,6 \times 10^{-10}}{0,1} = 1,6 \times 10^{-9} \text{ M}$$

$$E_+ = E^{\circ}_{\text{Ag}^+/\text{Ag}} + 0,059 \log [\text{Ag}^+] = 0,80 + 0,059 \log (1,6 \times 10^{-9}) = 0,28 \text{ V}$$

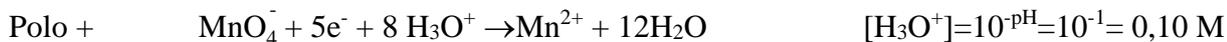


$$E_- = E^{\circ}_{\text{Ni}^{2+}/\text{Ni}} + \frac{0,059}{2} \times \log [\text{Ni}^{2+}] = -0,25 + \frac{0,059}{2} \times \log (0,2) = -0,27 \text{ V}$$

$$E_{\text{pila}} = E_+ - E_- = 0,28 - (-0,27) = 0,55 \text{ V}$$

g) Pt (H₂ P=1,0 atm) | pH=5,0 || KMnO₄ 0,10 M; MnSO₄ 0,010 M; pH=1,0 | Pt

$$E^{\circ}_{\text{MnO}_4^-/\text{Mn}^{2+}} = +1,51 \text{ V}$$



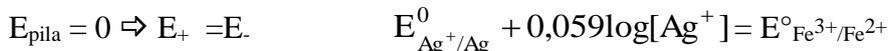
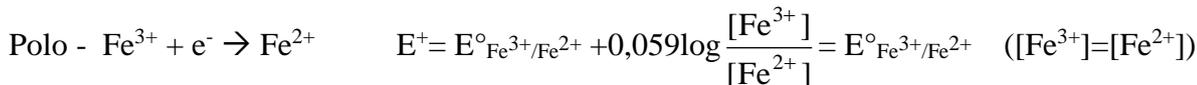
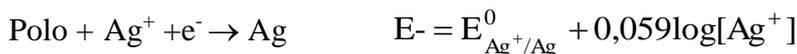
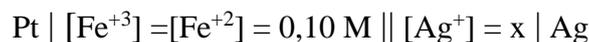
$$E_+ = E^{\circ}_{\text{MnO}_4^-/\text{Mn}^{2+}} + \frac{0,059}{5} \log \frac{[\text{MnO}_4^-][\text{H}_3\text{O}^+]^8}{[\text{Mn}^{2+}]} = 1,51 + \frac{0,059}{5} \log \frac{0,1(0,1)^8}{0,01} = 1,43 \text{ V}$$



$$E_- = \frac{0,059}{2} \log \frac{[\text{H}_3\text{O}^+]^2}{P_{\text{H}_2}} = \frac{0,059}{2} \log (10^{-5})^2 = 0,059 \log 10^{-5} = -0,295 \text{ V}$$

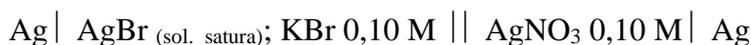
$$E_{\text{pila}} = E_+ - E_- = 1,43 - (-0,295) = 1,72 \text{ V}$$

4) Calcolare quale deve essere la concentrazione dello ione Ag⁺ perché la f.e.m. della pila sia pari a zero, sapendo che E^o_{Fe³⁺/Fe²⁺} = 0,74 V; E^o_{Ag⁺/Ag} = 0,80 V.



$$\log [\text{Ag}^+] = \frac{E^{\circ}_{\text{Fe}^{3+}/\text{Fe}^{2+}} - E^{\circ}_{\text{Ag}^+/\text{Ag}}}{0,059} = \frac{0,74 - 0,8}{0,059} = -10,1 \quad [\text{Ag}^+] = 10^{-10,1} = 9,7 \times 10^{-11} \text{ M}$$

5) La forza elettromotrice della seguente pila a concentrazione:



è pari a 0,605 V. Calcolare la solubilità ed il prodotto di solubilità del bromuro di argento.

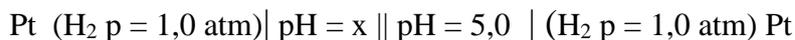


$$E_{\text{pila}} = E_+ - E_- = E^{\circ}_{\text{Ag}^+/\text{Ag}} + 0,059 \log [\text{Ag}^+]_+ - (E^{\circ}_{\text{Ag}^+/\text{Ag}} + 0,059 \log [\text{Ag}^+]_-) = 0,059 \log \frac{[\text{Ag}^+]_+}{[\text{Ag}^+]_-}$$

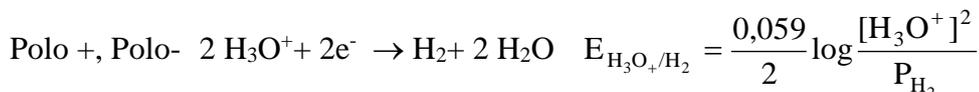
$$\log [\text{Ag}^+]_- = \frac{0,059 \log [\text{Ag}^+]_+ - E_{\text{pila}}}{0,059} = \frac{0,059 \log 0,1 - 0,605}{0,059} = -11,2 \quad [\text{Ag}^+]_- = 10^{-11,2} = 5,5 \times 10^{-12} \text{ M}$$



6) La f.e.m. di una pila costituita da due elettrodi ad idrogeno di cui uno è immerso in una soluzione tampone a pH 5 e l'altro in una soluzione incognita è pari a 0,085 V.



Determinare il pH della soluzione incognita.



$$P_{\text{H}_2^+} = P_{\text{H}_2^-} = 1 \text{ atm} \quad E_{\text{H}_3\text{O}^+/\text{H}_2} = 0,059 \log [\text{H}_3\text{O}^+] = 0,059 \text{pH}$$

$$E_{\text{pila}} = E_+ - E_- = 0,059 (\text{pH}_- - \text{pH}_+) = 0,059 (x - 5) = 0,085 \text{ V} \Rightarrow \text{pH}_- = x = \frac{0,085}{0,059} + 5 = 6,44 \text{ V}$$

7) A 25° C, la seguente pila ha una f.e.m. di 0,569 V:



Calcolare la costante di equilibrio della reazione di ossidoriduzione che si instaura in tale pila

($R = 0,0821 \text{ atm} \cdot \text{l} \cdot \text{K}^{-1} = 8,31 \text{ J} \cdot \text{K}^{-1}$ $F = 96500 \text{ C}$).



$$E_{\text{pila}} = E_+ - E_- = E_{\text{Cu}^{2+}/\text{Cu}} - E_{\text{Ni}^{2+}/\text{Ni}} = E^\circ_{\text{Cu}^{2+}/\text{Cu}} + \frac{0,059}{2} \log [\text{Cu}^{2+}] - E^\circ_{\text{Ni}^{2+}/\text{Ni}} - \frac{0,059}{2} \log [\text{Ni}^{2+}] =$$

$$= E^\circ_{\text{pila}} + \frac{0,059}{2} \log \frac{[\text{Cu}^{2+}]}{[\text{Ni}^{2+}]} = E_{\text{pila}} \Rightarrow E^\circ_{\text{pila}} = E_{\text{pila}} - \frac{0,059}{2} \log \frac{[\text{Cu}^{2+}]}{[\text{Ni}^{2+}]} = 0,569 - \frac{0,059}{2} \log \left(\frac{0,05}{0,25} \right) = 0,59 \text{ V}$$

$$nFE^\circ_{\text{pila}} = RT \ln K \Rightarrow \ln K = \frac{nFE^\circ_{\text{pila}}}{RT} = \frac{2 \times 96500 \times 0,59}{8,31 \times 298} = 45,98 \quad K = e^{45,98} = 9,3 \times 10^{19}$$