5. KONCENTRACIJA OTOPINA

Fizičke veličine koncentracije

Fizička veličina	Simbol	Definicija	Jedinica*
množinska koncentracija otopljene tvari B;	c_B, [B]	$c_B = n_B/V$	mol m^{-3}
masena koncentracija otopljene tvari B;	γ_B	$\gamma_B = m_B/V$	kg m^{-3}
molalitet otopljene tvari B u otapalu A;	b_B	$b_B = n_B/m_A$	mol kg^{-1}
množinski udio tvari B;	x_B,	$x_B = n_B/\Sigma n_i$	1
maseni udio tvari B;	w_B	$w_B = m_B/\Sigma m_i$	1
volumni udio tvari B;	φ_B	$\varphi_B = V_B/\Sigma V_i$	1

* Osim osnovnih, dopuštena je upotreba i svih decimalnih SI−jedinica, kao, na primjer, mol dm^{-3}, mmol dm^{-3}, mmol cm^{-3} itd.

5.1. Vidi STEHIOMETRIJA

Masena koncentracija otopljene tvari B, γ_B, jest omjer mase otopljene tvari volumena otopine, $\gamma_B = m_B/V$

Masa natrijeva sulfata koju treba odvagati za pripremu 250 cm^3 otopine je:

$m_1(Na_2SO_4) = \gamma_B \times V$ = 20 g dm^{-3} × 0,250 dm^3 = **5 g**
$m_2(Na_2SO_4) = \gamma_B \times V$ = 40 g dm^{-3} × 0,250 dm^3 = **10 g**
$m_3(Na_2SO_4) = \gamma_B \times V$ = 60 g dm^{-3} × 0,250 dm^3 = **15 g**
$m_4(Na_2SO_4) = \gamma_B \times V$ = 100 g dm^{-3} × 0,250 dm^3 = **25 g**
$m_5(Na_2SO_4) = \gamma_B \times V$ = 150 g dm^{-3} × 0,250 dm^3 = **37,5 g**

Odvagani natrijev sulfat treba otopiti u odmjernoj tikvici u oko 200 cm^3 vode i nadopuniti do 250 cm^3.

5.2. Vidi STEHIOMETRIJA

Maseni udio otopljene tvari u otopini, w_B, jest omjer mase otopljene tvari i mase otopine, $w_B = m_B/\Sigma m_i$

$m_1(Na_2S_2O_3) = w(Na_2S_2O_3) \times m$(otopine) = 0,05 × 400 g = **20 g**
$m_2(Na_2S_2O_3) = w(Na_2S_2O_3) \times m$(otopine) = 0,15 × 400 g = **60 g**
$m_3(Na_2S_2O_3) = w(Na_2S_2O_3) \times m$(otopine) = 0,25 × 400 g = **100 g**

5.3. Vidi STEHIOMETRIJA

Gustoća neke tvari (ili otopine) je omjer njezine mase i volumena, $\rho = m/V$.
Maseni udio neke tvari u otopini je omjer mase tvari i mase otopine, $w_B = m_B / m_{otop}$
Mase natrijeva hidroksida koje treba odvagati za pripremu zadanih količina otopina jesu:

a) $m(NaOH) = w \times \rho \times V$ = 0,05 × 1,0452 g cm^{-3} × 500 cm^3 = **26,13 g**
b) $m(NaOH) = w \times \rho \times V$ = 0,10 × 1,0918 g cm^{-3} × 800 cm^3 = **87,34 g**
c) $m(NaOH) = w \times \rho \times V$ = 0,20 × 1,1884 g cm^{-3} × 150 cm^3 = **35,65 g**
d) $m(NaOH) = w \times \rho \times V$ = 0,40 × 1,3991 g cm^{-3} × 300 cm^3 = **167,9 g**

5.4. Vidi STEHIOMETRIJA

Množinska koncentracija otopljene tvari, c_B, je omjer množine tvari i volumena otopine, $c_B = n_B/V$

Množina tvari iskazuje se jedinicom mol.

Mol (simbol n) je ona množina (engl. *amount* — količina) tvari definirane kemijske formule, koja sadržava isto toliko jedinki, koliko ima atoma u točno 0,012 kg izotopa ugljika ^{12}C.

Kada odvagnemo onoliko grama neke tvari definirane kemijske formule, kolika je njezina relativna molekulska masa, odvagali smo upravo 1 mol te tvari, odnosno $6{,}022 \times 10^{23}$ jedinki navedene formule. Dakle molarna masa, M, definirana je izrazom

$$M = M_r \text{ g mol}^{-1}, \quad \text{odnosno} \quad M = \frac{m}{n}$$

gdje je: m = masa tvari, n = množina tvari.

Relativna molekulska masa izračuna se tako da se zbroje realativne atomske mase svih atoma u molekuli ili formulskoj jedinki spoja.

Za pripremu 1 dm^3 zadanih otopina koncentracije 1 mol dm^{-3} potrebno je odvagati 1 mol nabrojanih soli, otopiti u odmjernoj tikvici u manjem volumenu vode i nadopuniti do 1 dm^3.

$m(K_2CO_3)$ = **138,21 g**
$m(CuSO_4 \cdot 5\,H_2O)$ = **249,68 g,**
$m(Bi(NO_3)_3 \cdot 5\,H_2O)$ = **485,07 g**,
$m(KAl(SO_4)_2 \cdot 12H_2O)$ = **474,39 g**.

5.5. Vidi STEHIOMETRIJA

Kao u primjeru 5.4.

$m(CaCl_2 \cdot 6\,H_2O)$ = **219,08 g**,
$m(K_2Cr_2O_7)$ = **294,19 g,**
$m(KCr(SO_4)_2 \cdot 12\,H_2O)$ = **499,42 g**,
$m(NaClO_3)$ = **106,44 g.**

5.6. Vidi STEHIOMETRIJA

Molalitet otopljene tvari, b_B, izražava se omjerom množine otopljene tvari, n_B, i mase otapala, m_A.

$b_B = n_B/m_A$

Kako je $n_B = m_B / M_B$, proizlazi

$m_B = b_B \times M_B \times m_A$

$m(\text{otopina}) = m_B + m_A$

Otopina čiji je molalitet b = mol kg^{-1} poriprema se tako da se 1 mol zadane tvari otopi u 1 kg otapala. Primjerice, za otopinu natrijeva karbonata, molaliteta b = 1 mol kg^{-1}, potrebno je otopiti 106 g natrijeva karbonata u 1000 g vode. Masa dobivene otopine jednaka je 1106 g. Masa soli potrebna za pripremu 100 g otopine natrijeva karbonata zadanog molaliteta je:

$$m(Na_2CO_3) = 100\text{ g} \times \frac{m_B}{m(\text{otopina})} = 100\text{ g} \times \frac{m_B}{m_B + m_A} = 100\text{ g} \times \frac{106\text{ g}}{106\text{ g} + 1000\text{ g}} = 9{,}58\text{ g}$$

Sastav jednomolalne otopine — Mase krute tvari (soli) i vode potrebne za pripremu 100 g jednomolalnih otopina

otopljena tvar B	m_B / g	m_A / g	$m_{otopina}$ / g	m_{sol} / g	m_{voda} / g
Na_2CO_3	106	1000	1106	**9,58**	**90,42**
Na_2S	78	1000	1078	**7,23**	**92,77**
$CaCl_2 \cdot 6\ H_2O$	219	1000	1219	**17,97**	**82,03**
KH_2PO_4	136	1000	1136	**11,97**	**88,03**

5.7. Vidi STEHIOMETRIJA

Množinski udio neke tvari u smjesi ili otopini jednak je omjeru množine te tvari prema ukupnoj množini svih tvari.

$$x_A = \frac{n_A}{n_A + n_B}$$

Mase zadanih tvari (prema uvjetima zadatka)				Mase bezvodne soli i vode potrebne za pripremu 100 g otopina, $x(H_2O) = 0{,}99$	
sol	$\frac{0{,}01\text{ mol} \times M(\text{sol})}{\text{g}}$	$\frac{0{,}99\text{ mol} \times M(H_2O)}{\text{g}}$	$\frac{m(\text{otopina})}{\text{g}}$	m_{tvar} / g	m_{voda} / g
NH_4JO_3	1,929	17,826	19,755	**9,765**	**90,235**
$KNaCO_3$	1,222	17,826	19,048	**6,415**	**93,585**
$NaNH_4HPO_4$	1,371	17,826	19,197	**7,142**	**92,858**
$CdSO_4$	2,085	17,826	19,911	**10,472**	**89,528**

5.8. Vidi STEHIOMETRIJA

Množinska koncentracija otopine je omjer množine otopljene tvari i volumena otopine: $c_B = n_B / V$

Masena koncentracija otopljene tvari je omjer mase otopljene tvari i volumena otopine: $\gamma_B = m_B/V$

Ako znamo masu otopljene soli, možemo izračunati i njezinu množinu jer je $n_B = m_B / M_B$

Za množine soli otopljenih u dm^3 otopine dobivamo

$n_B = \dfrac{m_B}{M_B}$, pa je množinska koncentracija otopine $c_B = \dfrac{n_B}{V_{otopina}} = \dfrac{m_B}{M_B \times V_{otopina}}$

Odavde proizlazi:

tvar B	m_B / g	M_B / g mol^{-1}	n_B / mol	$V_{otopina}$ / dm^3	c_B / mol dm^{-3}
$Al_2(SO_4)_3 \cdot 18\ H_2O$	100	666,4	0,1501	1	**0,1501**
C_2H_5OH	100	46,07	2,171	1	**2,171**
$AgNO_3$	100	169,87	0,5917	1	**0,5886**
$FeCl_3$	100	162,2	0,6165	1	**0,6165**

5.9. Vidi STEHIOMETRIJA

Problem rješavamo jednakim postupkom kao u zadatku 5.8.

tvar B	m_B / g	M_B / g mol^{-1}	n_B / mol	$V_{otopina}$ / dm^3	c_B / mol dm^{-3}
KH_2PO_4	10	136,09	0,0735	1	**0,0735**
H_3PO_4	10	98,00	0,1020	1	**0,1020**
$H_2(HPO_3)$	10	82,00	0,1220	1	**0,1220**
$H(H_2PO_2)$	10	66,0	0,1515	1	**0,1515**

5.10. Vidi STEHIOMETRIJA

$c_B = n_B/V$ $n_B = m_B/M_B$ $n_B = c_B \times V$ $m_B = n_B \times M_B$ $m_B = c_B \times V \times M_B$

tvar B	$V_{otopina}$ / dm^3	c_B / mol dm^{-3}	M_B / g mol^{-1}	m_B / g
$KMnO_4$	1	0,1	158,04	**15,804**
$K_2Cr_2O_7$	1	0,1	294,19	**29,419**
KIO_3	1	0,1	214,00	**21,400**
$Na_2S_2O_3$	1	0,1	158,18	**15,818**
$Na_2C_2O_4$	1	0,1	134,00	**13,400**
$FeSO_4 \cdot 7\ H_2O$	1	0,1	278,05	**27,805**

5.11. Vidi STEHIOMETRIJA

Napišimo najprije jedndžbu reakcije

$CaO + (NH_4)_2SO_4 \rightarrow CaSO_4 + H_2O + 2\ NH_3$

Masu amonijaka koja se može pripremiti iz 5 kmol amonijeva sulfata izračunamo iz omjera:

$n(NH_3) : n((NH_4)_2SO_4) = 2 : 1$

Odavde proizlazi

$n(NH_3) = 2\ n((NH_4)_2SO_4)$

Masa amonijaka koja se može pripremiti iz navedene množine amonijeva sulfata je

$m(NH_3) = n(NH_3) \times M(NH_3) = 2\ n((NH_4)_2SO_4) \times M(NH_3$

Maseni udio amonijaka u koncentriranoj otopini je 15 %. Maseni udio sastojaka smjese definiran je izrazom:

$w(NH_3) = m(NH_3) / m(\text{otopina})$

Odavde proizlazi da je masa 15 postotne otopine manijaka koja se može pripremiti izračunanom masom amonijaka je:

$m(\text{otopina}) = m(NH_3) / w(NH_3)$

Gustoća otopine definirana je omjerom:

$\rho = m / V$

pa je volumen otopine

$V(15\ \%\ \text{otop. } NH_3) = m(\text{otopina}) / \rho(\text{otopina})$

$= m(NH_3) / w(NH_3) \times \rho(\text{otopina})$

$= 2\ n((NH_4)_2SO_4) \times M(NH_3 / w(NH_3) \times \rho(\text{otopina})$

$= 2 \times 5\ \text{kmol} \times 17\ \text{kg kmol}^{-1} / 0,15 \times 0,942\ \text{kg dm}^{-3}$

$= \mathbf{1203\ dm^3}$.

5.12. Vidi STEHIOMETRIJA

$\gamma(NaCl) = 50\ mg\ dm^{-3}$

$c = n / V$

$n = m/M$

$$c(NaCl) = \frac{m(NaCl)}{M(NaCl) \times V} = \frac{50 \times 10^{-3}\ g}{58{,}44\ g\ mol^{-1} \times 1\ dm^3} = \mathbf{8{,}555 \times 10^{-4}\ mol\ dm^{-3}}$$

****

N_A = Avogadrova konstanta = broj jedinki / množina tih jedinki = $N/n = 6{,}022 \times 10^{23}\ mol^{-1}$

Odavde proizlazi da je broj jedinki, N, (atoma, iona, ili bilo kojih definiranih jedinki) jednak umnošku množine jedinki i Avogadrve konstante.

$N = n \times N_A$

odnosno

$$N(Na^+) = N(Cl^-) = n(NaCl) \times N_A$$

$$= \frac{50 \times 10^{-3}\ g}{58{,}44\ g\ mol^{-1}} \times 6{,}022 \times 10^{23}\ mol^{-1}$$

$$= \mathbf{5{,}15 \times 10^{20}}.$$

5.13. Vidi STEHIOMETRIJA

$\rho = m/V$

$m = \rho \times V$

$m(H_3PO_4) = w(H_3PO_4) \times \rho \times V$

$n(H_3PO_4) = m(H_3PO_4) / M(H_3PO_4)$

$$c(H_3PO_4) = \frac{n(H_3PO_4)}{V} = \frac{m(H_3PO_4)}{M(H_3PO_4) \times V} = \frac{w(H_3PO_4) \times \rho \times V}{M(H_3PO_4) \times V}$$

$$= \frac{0{,}20 \times 1114{,}3\ g\ dm^{-3} \times 1\ dm^3}{98{,}00\ g\ mol^{-1} \times 1\ dm^3} = \mathbf{2{,}274\ mol\ dm^{-3}}$$

5.14. Vidi STEHIOMETRIJA

$n = c \times V$

$m = n \times M$

$V = m / \rho$

Moramo odrediti volumen 96 postotne H_2SO_4 koji sadržava jednaku množinu (ili masu) sumporne kiseline kao i 1 dm^3 otopine sumporne kiseline $c(H_2SO_4) = 0{,}5\ mol\ dm^{-3}$. Polazimo od naprijed definiranih odnosa:

$$V(96\ \%\ H_2SO_4) = \frac{m(H_2SO_4)}{w(H_2SO_4) \times \rho(konc.H_2SO_4)} = \frac{n(H_2SO_4) \times M(H_2SO_4)}{w(H_2SO_4) \times \rho(konc.H_2SO_4)}$$

$$= \frac{c(H_2SO_4) \times V(otop.\ H_2SO_4) \times M(H_2SO_4)}{w(H_2SO_4) \times \rho(konc.H_2SO_4)}$$

$$= \frac{0{,}5\ mol\ dm^{-3} \times 1\ dm^3 \times 98{,}08\ g\ mol^{-1}}{0{,}96 \times\ 1{,}84\ g\ cm^{-3}}$$

$$= \mathbf{27{,}76\ cm^{-3}}.$$

5.15. Vidi STEHIOMETRIJA

Problem rješavamo jednakim postupkom kao u zadatku. 5.14.

$$V(36\ \%\ HCl) = \frac{m(HCl)}{w(HCl) \times \rho(konc.\ HCl)} = \frac{n(HCl) \times M(HCl)}{w(HCl) \times \rho(konc.\ HCl)}$$

$$= \frac{c(HCl) \times V(otop.\ HCl) \times M(HCl)}{w(HCl) \times \rho(konc.\ HCl)}$$

$$= \frac{2\ mol\ dm^{-3} \times 1\ dm^3 \times 36{,}5\ g\ mol^{-1}}{0{,}36 \times\ 1{,}18\ g\ cm^{-3}}$$

$$\approx \mathbf{172\ cm^{-3}}.$$

5.16. Vidi STEHIOMETRIJA

Problem rješavamo jednakim postupkom kao u zadatku. 5.14.

$$V(67\ \%\ HNO_3) = \frac{m(HNO_3)}{w(HNO_3) \times \rho(konc\ HNO_3)} = \frac{n(HNO_3) \times M(HNO_3)}{w(HNO_3) \times \rho(konc.\ HNO_3)}$$

$$= \frac{c(HNO_3) \times V(otop.\ HNO_3) \times M(HNO_3)}{w(HNO_3) \times \rho(konc.\ HNO_3)}$$

$$= \frac{4\ mol\ dm^{-3} \times 1\ dm^3 \times 63{,}01\ g\ mol^{-1}}{0{,}67 \times\ 1{,}4\ g\ cm^{-3}}$$

$$\approx \mathbf{268{,}7\ cm^{-3}}.$$

5.17. Vidi STEHIOMETRIJA

Da bismo riješili problem moramo izračunati množinu sumporne kiseline u 1 dm^3 kiseline.

$n = m / M$
$m = \rho \times V$

$$n(\mathrm{H_2SO_4}) = \frac{m(\mathrm{H_2SO_4})}{M(\mathrm{H_2SO_4})} = \frac{w(\mathrm{H_2SO_4}) \times \rho(\mathrm{H_2SO_4}) \times V(\mathrm{otop.H_2SO_4})}{M(\mathrm{H_2SO_4})}$$

$$= \frac{0{,}96 \times 1{,}84 \text{ g cm}^{-3} \times 1000 \text{ cm}^3}{98{,}08 \text{ g mol}^{-1}}$$

$$= 18{,}0 \text{ mol}$$

$$c(\mathrm{H_2SO_4}) = \frac{n(\mathrm{H_2SO_4})}{V} = \frac{18{,}0 \text{ mol}}{1 \text{ dm}^3} = \mathbf{18 \text{ mol dm}^{-3}}$$

5.18. Vidi STEHIOMETRIJA

Problem rješavamo istim postupkom kao u primjeru 5.17.

$$n(\mathrm{H_2O}) = \frac{m(\mathrm{H_2O})}{M(\mathrm{H_2O})} = \frac{\rho(\mathrm{H_2O}) \times V(\mathrm{H_2O})}{M(\mathrm{H_2O})} = \frac{1 \text{ g cm}^{-3} \times 1000 \text{ cm}^3}{18 \text{ g mol}^{-1}} = \mathbf{55{,}55 \text{ mol}}$$

5.19. Vidi STEHIOMETRIJA

Problem rješavamo istim postupkom kao u primjeru 5.17

$$n(\mathrm{C_2H_5OH}) = \frac{m(\mathrm{C_2H_5OH})}{M(\mathrm{C_2H_5OH})} = \frac{w(\mathrm{C_2H_5OH}) \times \rho(\mathrm{C_2H_5OH}) \times V(\mathrm{otop.C_2H_5OH})}{M(\mathrm{C_2H_5OH})}$$

$$= \frac{0{,}342 \times 0{,}95 \text{ g cm}^{-3} \times 1000 \text{ cm}^3}{46{,}07 \text{ g mol}^{-1}} = 7{,}05 \text{ mol}$$

$$c(\mathrm{C_2H_5OH}) = \frac{n(\mathrm{C_2H_5OH})}{V} = \frac{7{,}05 \text{ mol}}{1 \text{ dm}^3} = \mathbf{7{,}05 \text{ mol dm}^{-3}}$$

5.20. Vidi STEHIOMETRIJA

Kiselina i lužina reagiraju u molarnom omjeru 1 : 1, pa vrijedi:

$V(\text{kiselina}) \times c(\text{kiselina}) = V(\text{NaOH}) \times c(\text{NaOH})$

Odavde proizlazi:

$$c(\text{kiselina}) = \frac{V(\text{NaOH}) \times c(\text{NaOH})}{V(\text{kiselina})} = \frac{32{,}4 \text{ cm}^3 \times 0{,}1 \text{ mol dm}^{-3}}{20{,}0 \text{ cm}^3} = \mathbf{0{,}162 \text{ mol dm}^{-3}}$$

5.21. Vidi STEHIOMETRIJA

Napišimo jednadžbu reakcije

$H_2SO_4 + Ba(OH)_2 \rightarrow BaSO_4 + 2\ H_2O$

Iz jednadžbe reakcije vidimo da sumporna kiselina i barijev hidroksid reagiraju u molarnom omjeru 1 : 1, odnosno 1 mol sumporne kiseline neutralizira 1 mol barijeva hidroksida. Treba izračunati množinu barijeva hidroksida koja je ujedno jednaka množini sumporne kiseline. Kako je:

$$n(\mathrm{Ba(OH)_2}) = \frac{m(\mathrm{Ba(OH)_2})}{M(\mathrm{Ba(OH)_2})}$$

$n(\mathrm{H_2SO_4}) = V(\mathrm{H_2SO_4}) \times c(\mathrm{H_2SO_4})$

$n(\mathrm{H_2SO_4}) = n(\mathrm{Ba(OH)_2})$

proizlazi

$$V(\mathrm{otop.H_2SO_4}) \times c(\mathrm{otop.H_2SO_4}) = \frac{m(\mathrm{Ba(OH)_2})}{M(\mathrm{Ba(OH)_2})}$$

Odavde se dobiva

$$V(\mathrm{otop.H_2SO_4}) = \frac{m(\mathrm{Ba(OH)_2})}{M(\mathrm{Ba(OH)_2}) \times c(\mathrm{otop.H_2SO_4})} = \frac{0{,}2\ \mathrm{g}}{171{,}3\ \mathrm{g\ mol^{-1}} \times 0{,}25\ \mathrm{mol\ dm^{-3}}} = \mathbf{4{,}67\ cm^3}$$

5.22. Vidi STEHIOMETRIJA

Treba izračunati množinu tvari i podijeliti s volumenom otopine pa ćemo dobiti koncentraciju otopine.

$n(\mathrm{tvar}) = m(\mathrm{tvar}) / M(\mathrm{tvar}) = 10\ \mathrm{g} / 46\ \mathrm{g\ mol^{-1}} = 0{,}217\ \mathrm{mol}$

$V(\mathrm{otopina}) = m(\mathrm{otopina}) / \rho(\mathrm{otopina}) = 110\ \mathrm{g} / 0{,}985\ \mathrm{g\ cm^{-3}} = 111{,}7\ \mathrm{cm^3}$

Odavde proizlazi:

$$c(\mathrm{tvar,otopina}) = \frac{n(\mathrm{tvar})}{V(\mathrm{otopina})} = \frac{0{,}217\ \mathrm{mol}}{0{,}1117\ \mathrm{dm^3}} = \mathbf{1{,}94\ mol\ dm^{-3}}$$

5.23. Vidi STEHIOMETRIJA

Najprije treba izračunati množine kiselina u zadanim volumenima.

$n = V \times c$

$n(H_3PO_4) = 0{,}1\ dm^3 \times ⅓\ mol\ dm^{-3} = {}^1/_{30}\ mol$
$n(H_2SO_4) = 0{,}2\ dm^3 \times 0{,}5\ mol\ dm^{-3} = 0{,}1\ mol$
$n(HNO_3) = 0{,}3\ dm^3 \times 1\ mol\ dm^{-3} = 0{,}3\ mol$

Napišimo jednadžbe reakcija

$3\ Ba(OH)_2 + H_3PO_4 \rightarrow Ba_3(H_3PO_4)_2 + 3\ H_2O$

$n Ba(OH)_2) : n(H_3PO_4) = 3 : 2$

$n Ba(OH)_2) = {}^3/_2\ n(H_3PO_4)$

$m(Ba(OH)_2 = n(BaOH)_2 \times M(Ba(OH)_2) = {}^3/_2\ n(H_3PO_4) \times M(Ba(OH)_2)$

$= {}^3/_2 \times {}^1/_{30}\ mol \times 171{,}3\ g\ mol^{-1} = \mathbf{8{,}565\ g}$

****

$Ba(OH)_2 + H_2SO_4 \rightarrow BaSO_4 + 2\ H_2O$

$n Ba(OH)_2) : n(H_2SO_4) = 1 : 1$

$m(Ba(OH)_2 = n(BaOH)_2 \times M(Ba(OH)_2) = n(H_2SO_4) \times M(Ba(OH)_2)$

$= 0{,}1\ mol \times 171{,}3\ g\ mol^{-1} = \mathbf{17{,}13\ g}$

****

$Ba(OH)_2 + 2\ HNO_3 \rightarrow Ba(NO_3)_2 + 2\ H_2O$

$n Ba(OH)_2) : n(HNO_3) = 1 : 2$

$= n(HNO_3) / 2$

$m(Ba(OH)_2 = n(BaOH)_2 \times M(Ba(OH)_2) = ½\ n(HNO_3) \times M(Ba(OH)_2)$

$= 0{,}15\ mol \times 171{,}3\ g\ mol^{-1} = \mathbf{25{,}7\ g}$

5.24. Vidi STEHIOMETRIJA

Napišimo jednadžbu reakcije

$3\ NaOH + FeCl_3 = Fe(OH)_3 + 3\ NaCl$

$n(NaOH) : n(FeCl_3) = 3 : 1$

$n(NaOH) = 3 \times n(FeCl_3)$

$V(\text{otop.NaOH}) \times c(\text{otop. NaOH}) = 3 \times V(\text{otop.FeCl}_3) \times c(\text{otop.FeCl}_3)$

Odavde proizlazi:

$$V(\text{otop.NaOH}) = \frac{3 \times V(\text{otop.FeCl}_3) \times c(\text{otop.FeCl}_3)}{c(\text{otop. NaOH})} = \frac{3 \times 10\ cm^3 \times 0{,}5\ mol\ dm^{-3}}{0{,}1\ mol\ dm^{-3}} = \mathbf{150\ cm^3}$$

5.25. Vidi STEHIOMETRIJA

$c = n / V$

Napišimo jednadžbu reakcije

$2\ H^+ : Na_2CO_3 \rightarrow 2\ Na^+ + CO_2 + H_2O$

Iz jednadžbe reakcija proizlazi da natrijev karbonat i kiselina reagiraju u molarnom omjeru 2 : 1.

$n(H^+) : n(Na_2CO_3) = 2 : 1$

$$n(H^+) = 2\ n(Na_2CO_3) = 2 \times \frac{m(Na_2CO_3)}{M(Na_2CO_3)}$$

$$c(H^+) = \frac{n(H^+)}{V(\text{otop. } H^+)} = \frac{2 \times m(Na_2CO_3)}{V(\text{otop. } H^+) \times M(Na_2CO_3)}$$

$$= \frac{2 \times 0{,}184\ \text{g}}{33{,}12\ \text{cm}^3 \times 106\ \text{g mol}^{-1}} = 1{,}048 \times 10^{-4}\ \text{mol cm}^{-3} = \mathbf{0{,}1048\ mol\ dm^{-3}}$$

$$\text{Faktor } (f) = \frac{c}{c_{\text{nazivno}}} = \frac{0{,}1048\ \text{mol dm}^{-3}}{0{,}1\ \text{mol dm}^{-3}} = \mathbf{1{,}048}$$

5.26. Vidi STEHIOMETRIJA

$$f = \frac{c}{c_{\text{nazivno}}}$$

$c = f \times c_{\text{nazivno}}$

Pri razrijeđivanju množina tvari se ne mijenja pa vrijedi.

$V \times c = V_1 \times c_1$

$V \times f \times c_{\text{nazivno}} = V_1 \times c_1$

$$V_1 = \frac{V \times f \times c_{\text{nazivno}}}{c_1} = \frac{1\ \text{dm}^3 \times 1{,}062 \times 0{,}1\ \text{mol dm}^{-3}}{0{,}1\ \text{mol dm}^{-3}} = \mathbf{1{,}062\ dm^3}$$

5.27. Vidi STEHIOMETRIJA

Napišimo jednadžbu reakcije

$H_2SO_4 + Na_2CO_3 \rightarrow Na_2SO_4 + CO_2 + H_2O$

Sumporna kiselina i natrijev karbonat međusobno reagiraju u molarnom omjeru 1 : 1, pa vrijedi:

$n(H_2SO_4) = n(Na_2CO_3)$

$$c(H_2SO_4) = \frac{n(H_2SO_4)}{V(H_2SO_4)} = \frac{n(Na_2CO_3)}{V(H_2SO_4)} = \frac{m(Na_2CO_3)}{M(Na_2CO_3) \times V(H_2SO_4)}$$

$$= \frac{0{,}810\ \mathrm{g}}{106\ \mathrm{g\ mol^{-1}} \times 50\ \mathrm{cm^3}} = 1{,}5283 \times 10^{-4}\ \mathrm{mol\ cm^{-3}} = 0{,}15283\ \mathrm{mol\ dm^{-3}}$$

$V \times c = V_1 \times c_1$

$$V_1 = \frac{V \times c}{c_1} = \frac{10\ \mathrm{dm^3} \times 0{,}15283\ \mathrm{mol\ dm^{-3}}}{0{,}1\ \mathrm{mol\ dm^{-3}}} = \mathbf{15{,}28\ dm^3}$$

5.28. Vidi STEHIOMETRIJA

Moramo uzeti u obzir gustoće klorovodične kiseline koje nisu zadane. Odredit ćemo ih na temelju empirijskog pravila, pa je gustoća 36 postotne kiseline, ρ =1,18 g cm^{-3}, a 10 postotne otopine klorovodične kiseline, ρ_1 =1,05 g cm^{-3}.

Masa klorovodične kiseline u 5 dm^3 36 postotne kiseline je:

$m(HCl) = w(HCl) \times V(HCl) \times \rho(HCl)$

Masa klorovodične kiseline ne mijenja se pri razrijeđivanju, pa za razrijeđenu otopinu vrijedi:

$m(HCl) = w_1(HCl) \times V_1(HCl) \times \rho_1(HCl)$

Možemo pisati:

$w(HCl) \times V(HCl) \times \rho(HCl) = w_1(HCl) \times V_1(HCl) \times \rho_1(HCl)$

Odavde proizlazi

$$V_1(HCl) = \frac{w(HCl) \times V(HCl) \times \rho(HCl)}{w_1(HCl) \times \rho_1(HCl)} = \frac{0{,}36 \times 5\ \mathrm{dm^3} \times 1{,}18\ \mathrm{g\ cm^{-3}}}{0{,}10 \times 1{,}05\ \mathrm{g\ cm^{-3}}} = \mathbf{20{,}2\ dm^3}$$

5.29. Vidi STEHIOMETRIJA

Izračunajmo najprije množinu sumporne kiseline koju mora sadržavati otopina nakon mješanja.

$n_3 = V_3 \times c_3$

Znamo da tu množinu sumporne kiseline moramo dobiti mješanjem otopina koncentracije c_1 = 1 mol dm^{-3} i otopine koncentracije c_2 = 0,05 mol dm^{-3}. Prema tome vrijedi:

$V_1\,c_1 + V_2\,c_2 = V_3\,c_3$

Nadalje prema uvjetima zadatka mora biti:

$V_1 + V_2 = V_3$

Za V_1 iz prve jednadžbe dobivmo:

$$V_1 = \frac{V_3\,c_3 - V_2\,c_2}{c_1}$$

Supstitucijom V_1 u drugu jednadžbu dobivamo:

$$\frac{V_3\,c_3 - V_2\,c_2}{c_1} + V_2 = V_3$$

$V_3\,c_3 - V_2\,c_2 + V_2\,c_1 = V_3\,c_1$

$V_2\,c_1 - V_2\,c_2 = V_3\,c_1 - V_3\,c_3$

$V_2(c_1 - c_2) = V_3\,(c_1 - c_3)$

Odavde proizlazi:

$$V_2 = \frac{V_3\,(c_1 - c_3)}{(c_1 - c_2)} = \frac{0{,}5\ \text{dm}^3\ (1\ \text{mol dm}^{-3} - 0{,}25\ \text{mol dm}^{-3})}{(1\ \text{mol dm}^{-3} - 0{,}05\ \text{mol dm}^{-3})} = \mathbf{0{,}395\ dm^3}$$

$V_1 = V_3 - V_2$ = 0, 500 dm^3 – 0,395 dm^3 = **0,105 dm^3**

Za dobivanje 500 cm^3 otopine sumporne kiseline, c_3 = 0,25 mol dm^{-3}, treba pomiješati 105 cm^3 otopine sumporne kiseline c_1 = 1 mol dm^{-3} i 395 cm^3 otopine c_2 = 0,05 mol dm^{-3}. Pretpostavljena je aditivnost volumena.

5.30. Vidi STEHIOMETRIJA

Treba izračunati volumen otopine srebrova nitrata, $c(Ag^+)$ = 1 mol dm^{-3}, koji sadržava 1 g iona Ag^+.

$n = V \times c$

$n = m / M$

$$V(\text{otop. AgNO}_3) = \frac{n(\text{Ag}^+)}{c(\text{otop. AgNO}_3)} = \frac{m(\text{Ag}^+)}{M(\text{Ag}^+) \times c(\text{otop. AgNO}_3)}$$

$$= \frac{1\ \text{g}}{107{,}9\ \text{g mol}^{-1} \times 1\ \text{mol dm}^{-3}} = 0{,}00927\ \text{dm}^3 = \mathbf{9{,}27\ cm^3}$$

5.31. Vidi STEHIOMETRIJA

Potrebno je najprije izračunati masu bakrovih iona u 25 cm^3 otopine bakrova(II) sulfata, koncentracije $c(CuSO_4)$ = 1 mol dm^{-3}, a potom izračunati volumen, V_1, otopine u kojoj je $\gamma(Cu^{2+})$ = 10 mg cm^{-3}, a sadržava istu masu bakrovih iona.

$n = V\,c$

$n = m / M$

$m(Cu^{2+}) = n \times M = V \times c \times M$

$\gamma = m / V_1$

$$V_1 = \frac{m(Cu^{2+})}{\gamma(Cu^{2+})} = \frac{V \times c \times M}{\gamma(Cu^{2+})} = \frac{25\ cm^3 \times 1\ mmol\ cm^{-3} \times 63{,}55\ mg\ mmol^{-1}}{10\ mg\ cm^{-3}} = \mathbf{158{,}87\ cm^3}$$

5.32. Vidi STEHIOMETRIJA

Vidi zadatak 5.29. gdje je rješavan sličan problem.

$n_3 = V_3 \times c_3$

Znamo da tu množinu klorovodične kiseline moramo dobiti mješanjem otopina koncentracije c_1 = 2 mol dm^{-3} i otopine koncentracije c_2 = 9 mol dm^{-3}. Prema tome vrijedi:

$V_1\,c_1 + V_2\,c_2 = V_3\,c_3$

Nadalje prema uvjetima zadatka mora biti:

$V_1 + V_2 = V_3$

Za V_1 iz prve jednadžbe dobivmo:

$$V_1 = \frac{V_3\,c_3 - V_2\,c_2}{c_1}$$

Supstitucijom V_1 u drugu jednadžbu dobivamo:

$$\frac{V_3\,c_3 - V_2\,c_2}{c_1} + V_2 = V_3$$

$V_3\,c_3 - V_2\,c_2 + V_2\,c_1 = V_3\,c_1$

$V_2\,c_1 - V_2\,c_2 = V_3\,c_1 - V_3\,c_3$

$V_2(c_1 - c_2) = V_3\,(c_1 - c_3)$

Odavde proizlazi:

$$V_2 = \frac{V_3\,(c_1 - c_3)}{(c_1 - c_2)} = \frac{2\ dm^3\ (2\ mol\ dm^{-3} - 6\ mol\ dm^{-3})}{(2\ mol\ dm^{-3} - 9\ mol\ dm^{-3})} = \mathbf{1{,}143\ dm^3}$$

$V_1 = V_3 - V_2 = 2\ dm^3 - 1{,}143\ dm^3 = \mathbf{0{,}857\ dm^3}$

Za dobivanje 2 dm^3 otopine klorovodične kiseline, c_3 = 6 mol dm^{-3}, treba pomiješati 0,857 dm^3 otopine klorovodične kiseline c_1 = 2 mol dm^{-3} i 1,143 dm^3 otopine c_2 = 9 mol dm^{-3}. Pretpostavlja se aditivnost volumena.

5.33. Vidi STEHIOMETRIJA

Čvrsta točka je 28,4 cm^3 otopine sumporne kiseline $c(H_2SO_4) = 0{,}05\ mol\ dm^{-3}$. Množina sumporne kiseline sadržana u tom volumenu kiseline je:

$n(H_2SO_4) = V(H_2SO_4) \times c(H_2SO_4) = 28{,}4\ cm^3 \times 0{,}05\ mmol\ cm^{-3} = 1{,}42\ mmol$

Prema jednadžbi reakcije:

$Na_2CO_3 + H_2SO_4 \rightarrow Na_2SO_4 + CO_2 + H_2O$

proizlazi da je

$n(H_2SO_4) = n(Na_2CO_3)$

odnosno 50 cm^3 otopine natrijeva karbonata sadržava 1,42 mmol Na_2CO_3.

25 cm^3 otopine natrijeva karbonata sadržava 0,71 mmol Na_2CO_3.

Prema jednadžbi reakcije

$2\ HCl + Na_2CO_3 \rightarrow 2\ NaCl + CO_2 + H_2O$

proizlazi

$n(HCl) = 2\ n(Na_2CO_3)$

odnosno

$n(HCl) = 2 \times 0{,}71\ mmol = 1{,}42\ mmol$

Koncentracija otopine klorovodične kiseline je:

$$c(HCl) = \frac{n(HCl)}{V(HCl)} = \frac{1{,}42\ mmol}{38{,}6\ cm^3} = \mathbf{0{,}0368\ mol\ dm^{-3}}$$

5.34. Vidi STEHIOMETRIJA

Oksalna kiselina neutralizira se natrijevim hidroksidom prema jednadžbi:

$H_2C_2O_4 + 2\ NaOH + \rightarrow Na_2C_2O_4 + 2\ H_2O$

Oksalna kiselina i natrijev hidroksid reagiraju u molarnom omjeru 1 : 2. Odavde proizlazi:

$$\begin{aligned} n(H_2C_2O_4) &= ½ \times n(NaOH) = ½ \times V(otop.NaOH) \times c(otop.NaOH) \\ &= ½ \times 26{,}8\ cm^3 \times 0{,}0934\ mmol\ cm^{-3} \\ &= 1{,}25156\ mmol \end{aligned}$$

Oksalna kiselina i kalijev permanganat reagiraju prema jednadžbi:

$5\ H_2C_2O_4 + 2\ KMnO_4 + 3\ H_2SO_4 \rightarrow K_2SO_4 + 2\ MnSO_4 + 10\ CO_2 + 8\ H_2O$

Iz jednadžbe reakcije proizlazi da oksalna kiselina i kalijev permanganat reagiraju u molarnom omjeru 5 : 2. Odavde proizlazi:

$5 \times n(KMnO_4) = 2 \times n(H_2C_2O_4)$

$$n(KMnO_4) = \frac{2 \times n(H_2C_2O_4)}{5} = \frac{2 \times 1{,}25156\ mmol}{5} = 0{,}5006\ mmol$$

$$c(KMnO_4) = \frac{n(KMnO_4)}{V(otop.\ KMnO_4)} = \frac{0{,}5006\ mmol}{23{,}8\ cm^3} = \mathbf{0{,}0210\ mol\ dm^{-3}}$$

ili **"0,02 M", *f* = 1,0517**

5.35. Vidi STEHIOMETRIJA

Napišimo jednadžbu reakcije

$10\ FeSO_4 + 2\ KMnO_4 + 8\ H_2SO_4 \rightarrow 5\ Fe_2(SO_4)_3 + K_2SO_4 + 2\ MnSO_4 + 8\ H_2O$

Željezov(II) sulfat i kalijev permanganat reagiraju u molarnom omjeru 5 : 1. Odavde proizlazi:

$$\begin{aligned} n(FeSO_4 \cdot 7\ H_2O) &= 5 \times n(KMnO_4) \\ &= 5 \times c(\text{otop.}KMnO_4) \times V(\text{otop.}KMnO_4) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} m(FeSO_4 \cdot 7\ H_2O) &= M(FeSO_4 \cdot 7\ H_2O) \times n(FeSO_4 \cdot 7\ H_2O) \\ &= M(FeSO_4 \cdot 7\ H_2O) \times 5 \times c(\text{otop.}KMnO_4) \times V(\text{otop.}KMnO_4) \\ &= 278{,}05\ \text{g mol}^{-1} \times 5 \times 0{,}02\ \text{mol dm}^{-3} \times 0{,}028\ \text{dm}^3 \\ &= \mathbf{0{,}7785\ g} \end{aligned}$$

5.36. Vidi STEHIOMETRIJA

Problem rješavamo jednakim postupkom kao u zadatku 5.35

Napišimo jednadžbu reakcije u ionskom obliku

$5\ Fe^{2+} + MnO_4^- + 8\ H^+ \rightarrow 5\ Fe^{3+} + Mn^{2+} + 4\ H_2O$

Željezovi ioni i permanganatni ioni reagiraju u molarnom omjeru 5 : 1. Odavde proizlazi:

$$\begin{aligned} n(Fe^{2+}) &= 5 \times n(MnO_4^-) \\ &= 5 \times c(\text{otop.}KMnO_4) \times V(\text{otop.}KMnO_4) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} m(Fe^{2+}) &= M(Fe^{2+}) \times n(Fe^{2+}) \\ &= M(Fe^{2+}) \times 5 \times c(\text{otop.}KMnO_4) \times V(\text{otop.}KMnO_4) \\ &= 55{,}85\ \text{g mol}^{-1} \times 5 \times 0{,}004\ \text{mol dm}^{-3} \times 0{,}00221\ \text{dm}^3 \\ &= 0{,}00247\ \text{g} \end{aligned}$$

Maseni udio željeza u uzorku sumporne kiseline je:

$$w(Fe^{2+}) = \frac{m(Fe^{2+})}{m(H_2SO_4)} = \frac{m(Fe^{2+})}{V(H_2SO_4) \times \rho(H_2SO_4)} = \frac{0{,}00247\ \text{g}}{100\ \text{cm}^3 \times 1{,}84\ \text{g cm}^{-3}.} = \mathbf{1{,}34 \times 10^{-5}}$$

5.37. Vidi STEHIOMETRIJA

Napišimo najprije jednadžbu reakcije

$5\ U^{+4} + 2\ MnO_4^- + 2\ H_2O \rightarrow 2\ Mn^{2+} + 5\ UO_2^{2+} + 4\ H^+$

Uranijevi ioni i permanganatni ioni reagiraju u molarnom omjeru 5 : 2. Odavde proizlazi:

$n(U^{4+}) = {}^5/_2 \times n(MnO_4^-)$

$= {}^5/_2 \times c(\text{otop.}KMnO_4) \times V(\text{otop.}KMnO_4)$

$m(U^{4+}) = M(U^{4+}) \times n(U^{4+})$

$= M(U^{4+}) \times {}^5/_2 \times c(\text{otop.}KMnO_4) \times V(\text{otop.}KMnO_4)$

$= 238{,}0\ \text{g mol}^{-1} \times {}^5/_2 \times 0{,}02\ \text{mol dm}^{-3} \times 0{,}0248\ \text{dm}^3$

$= 0{,}29512\ \text{g}$

Maseni udio uranija u uzorku je:

$$w(U^{4+}) = \frac{m(U^{4+})}{m(\text{uzorak})} = \frac{0{,}29512\ \text{g}}{0{,}335\ \text{g}} = \mathbf{0{,}881}$$

5.38. Vidi STEHIOMETRIJA

Napišimo najprije jednadžbe reakcija.

$CaC_2O_4 + H_2SO_4 \rightarrow H_2C_2O_4 + CaSO_4$

Odavde proizlazi da je $n(Ca^{2+}) = n(C_2O_4^{2-})$

Oksalna kiselina i kalijev permanganat reagiraju prema jednadžbi:

$5\ H_2C_2O_4 + 2\ KMnO_4 + 3\ H_2SO_4 \rightarrow K_2SO_4 + 2\ MnSO_4 + 10\ CO_2 + 8\ H_2O$

Iz jednadžbe reakcije proizlazi da oksalna kiselina i kalijev permanganat reagiraju u molarnom omjeru 5 : 2. Odavde proizlazi:

$5 \times n(KMnO_4) = 2 \times n(Ca^{2+})$

$n(Ca^{2+}) = {}^5/_2 \times n(KMnO_4)$

$= {}^5/_2 \times c(\text{otop.}KMnO_4) \times V(\text{otop.}KMnO_4)$

$m(Ca^{2+}) = M(Ca^{2+}) \times n(Ca^{2+})$

$$w(Ca^{2+}) = \frac{m(Ca^{2+})}{m(\text{uzorak})} = \frac{M(Ca^{2+}) \times n(Ca^{2+})}{m(\text{uzorak})} = \frac{M(Ca^{2+}) \times {}^5/_2 \times c(\text{otop.}KMnO_4) \times V(\text{otop.}KMnO_4)}{m(\text{uzorak})}$$

$$= \frac{40{,}08\ \text{g mol}^{-1} \times {}^5/_2 \times 0{,}02\ \text{mol dm}^{-3} \times 0{,}0287\ \text{dm}^3}{0{,}450\ \text{g}} = \mathbf{0{,}1278}$$

5.39. Vidi STEHIOMETRIJA

Moramo doznati množinu oksalne kiseline utrošene u reakciji s olovovim dioksidom.

Iz jednadžbe reakcije

$PbO_2 + H_2C_2O_4 \rightarrow PbO + H_2O + 2\ CO_2$.

vidi se da olovov dioksid i oksalna kiselina reagiraju u molarnom omjeru 1 : 1. Zato vrijedi:

$n(H_2C_2O_4) = n(PbO_2)$

Na talog olovova dioksida dodano je V_1 = 50 cm^3 otopine oksalne kiseline, $c_1(H_2C_2O_4)$ = 0,1 mmol cm^{-3}. Množina upotrijebljene oksalne kiseline je:

$n_1(H_2C_2O_4) = V_1(H_2C_2O_4) \times c_1(H_2C_2O_4)$

Višak oksalne kiseline titriran je otopinom kalijeva permanganata prema jednadžbi:

$5\ H_2C_2O_4 + 2\ KMnO_4 + 3\ H_2SO_4 \rightarrow K_2SO_4 + 2\ MnSO_4 + 10\ CO_2 + 8\ H_2O$

Iz jednadžbe reakcije proizlazi da oksalna kiselina i kalijev permanganat reagiraju u molarnom omjeru 5 : 2., pa vrijedi:

$5 \times n(KMnO_4) = 2 \times n(H_2C_2O_4)$

Odavde proizlazi da višak oksalne kiseline iznosi:

$n_2(H_2C_2O_4) = {}^5/_2 \times n(KMnO_4) = {}^5/_2 \times V(KMnO_4) \times c(KMnO_4)$

Kako je

$n_1(H_2C_2O_4) - n_2(H_2C_2O_4) = n(H_2C_2O_4) = n(PbO_2)$

konačno dobivamo:

$$
\begin{aligned}
n(PbO_2) &= V_1(H_2C_2O_4) \times c_1(H_2C_2O_4) - {}^5/_2 \times V(KMnO_4) \times c(KMnO_4) \\
&= 50\ \text{cm}^3 \times 0{,}1\ \text{mmol cm}^{-3} - {}^5/_2 \times 37{,}5\ \text{cm}^3 \times 0{,}04\ \text{mmol cm}^{-3} \\
&= 1{,}25\ \text{mmol}
\end{aligned}
$$

$m(PbO_2) = n(PbO_2) \times M(PbO_2)$

$$
w(PbO_2) = \frac{m(PbO_2)}{m(\text{minij})} = \frac{n(PbO_2) \times M(PbO_2)}{m(\text{minij})} = \frac{1{,}25\ \text{mmol} \times 239{,}2\ \text{g mol}^{-1}}{1\ \text{g}} = \mathbf{0{,}299}
$$

5.40. Vidi STEHIOMETRIJA

Napišimo jednadžbu reakcije kalijeva permanganata s vodikovim peroksidom u kiseloj otopini.

$H_2O_2 \rightarrow 2\ H^+ + O_2 + 2\ e$
$MnO_4^- + 8\ H^+ + 5\ e \rightarrow Mn^{2+} + 4\ H_2O$

$2\ MnO_4^- + 5\ H_2O_2 + 6\ H^+ \rightarrow 2\ Mn^{2+} + 5\ O_2 + 8\ H_2O$

Prema uvjetima zadatka pri titraciji 1 g vodikova peroksida, $w(H_2O_2)$ = 100 %, utrošak otopine kalijeva permanganata treba biti 100 cm^3. Prema tome treba odrediti množinu vodikova peroksida u 1 g čistog vodikova peroksida.

$$n(H_2O_2) = \frac{m(H_2O_2)}{M(H_2O_2)}$$

Iz jednadžbe reakcije vidimo da kalijev permanganat i vodikov peroksid međusobno reagiraju u molarnom omjer 2 : 5, pa možemo pisati:

$$n(KMnO_4) = {}^2/_5 \times n(H_2O_2)$$

Odavde proizlazi

$$n(KMnO_4) = \frac{2 \times m(H_2O_2)}{5 \times M(H_2O_2)} = \frac{2 \times 1\ g}{5 \times 34{,}01\ g\ mol^{-1}} = 0{,}01176\ mol$$

100 cm^3 otopine mora sadržavati izračunanu množinu kalijeva permanganata, pa proizlazi da je koncentracija kalijeva permanganata u otopini:

$$c(KMnO_4) = \frac{n(KMnO_4)}{V(\text{otop.}KMnO_4)} = \frac{0{,}01176\ mol}{100\ cm^3} = \mathbf{0{,}1176\ mol\ dm^{-3}}$$

5.41. Vidi STEHIOMETRIJA

Osnovni problem je u tome što ne znamo koncentraciju otopine željezova(II) sulfata. Moramo je odrediti na temelju rezultata titracije otopinom kalijeva permanganata poznate koncentracije.

Ioni Fe^{2+} s permanganatnim ionima reagiraju prema jednadžbi:

$5\ Fe^{2+} + MnO_4^- + 8\ H^+ \rightarrow 5\ Fe^{3+} + Mn^{2+} + 4\ H_2O$

odnosno u molarnom omjeru 5 : 1. Odavde proizlazi da 75 cm^3 otopine željezova sulfata sadržava sljedeću množinu iona Fe^{2+}:

$n(Fe^{2+}) = 5 \times n(MnO_4^-)$

$= 5 \times c(\text{otop.}KMnO_4) \times V(\text{otop.}KMnO_4)$

$= 5 \times 0{,}1\ \text{mmol cm}^{-3} \times 73\ \text{cm}^3 = 36{,}5\ \text{mmol}.$

Nakon dodatka 75 cm^3 zakiseljene otopine željezova sulfata, odnosno 36,5 mmol, na manganov dioksid, za titraciju viška iona Fe^{2+} utrošeno je V_1 = 30 cm^3 otopine kalijeva permanganata, $c(KMnO_4)$ = 0,1 mol dm^{-3}. Odavde proizlazi da množina iona, $n_1(Fe^{2+})$, preostalih u otopini nakon oksidacije manganovim dioksidom iznosi:

$n_1(Fe^{2+}) = 5 \times n(MnO_4^-)$

$= 5 \times c(\text{otop.}KMnO_4) \times V_1(\text{otop.}KMnO_4)$

$= 5 \times 0{,}1\ \text{mmol cm}^{-3} \times 30\ \text{cm}^3 = 15\ \text{mmol}.$

Prema tome, množina iona, $n_2(Fe^{2+})$, koja je oksidirana uzorkom piroluzita iznosi:

$n_2(Fe^{2+}) = n(Fe^{2+}) - n_1(Fe^{2+}) = 36{,}5\ \text{mmol} - 15\ \text{mmol} = 21{,}5\ \text{mmol}.$

Sada možemo odrediti množinu, masu i maseni udio manganova dioksida u uzorku piroluzita.

Napišimo najprije jedndžbu reakcije oksidacije iona Fe^{2+} manganovim dioksidom u kiseloj otopini.

$2\ Fe^{2+} + MnO_2 + 4\ H^+ \rightarrow 2\ Fe^{3+} + Mn^{2+} + H_2O$

Ioni Fe^{2+} i MnO_2 međusobno reagiraju u molarnom omjeru 2 :1, pa možemo pisati:

$n(MnO_2) = ½ \times n_2(Fe^{2+})$

$m(MnO_2) = n(MnO_2) \times M(MnO_2) = ½ \times n_2(Fe^{2+}) \times M(MnO_2)$

$= ½ \times 21{,}5\ \text{mmol} \times 86{,}94\ \text{g mol}^{-1}$

$= 0{,}934\ \text{g}$

Maseni udio MnO_2 u piroluzitu je:

$$w(MnO_2) = \frac{m(MnO_2)}{m(\text{piroluzit})} = \frac{½ \times n_2(Fe^{2+}) \times M(MnO_2}{m(\text{piroluzit})}$$

$$= \frac{½ \times 21{,}5\ \text{mmol} \times 86{,}94\ \text{g mol}^{-1}}{1{,}0866\ \text{g}} = \mathbf{0{,}860}$$

5.42. Vidi STEHIOMETRIJA

Problem je identičan onom u zadatku 5.39. i rješavamo ga jednakim postupkom.

Moramo doznati množinu oksalne kiseline utrošene u reakciji s manganovim dioksidom.

Iz jednadžbe reakcije

$MnO_2 + H_2C_2O_4 + 2\ H^+ \rightarrow Mn^{2+} + 2\ H_2O + 2\ CO_2$.

vidi se da manganov dioksid i oksalna kiselina reagiraju u molarnom omjeru 1 : 1. Zato vrijedi:

$n(H_2C_2O_4) = n(MnO_2)$

Na piroluzit je dodano $V_1 = 75\ cm^3$ otopine oksalne kiseline, $c_1(H_2C_2O_4) = 0{,}25\ mmol\ cm^{-3}$. Množina upotrijebljene oksalne kiseline je:

$n_1(H_2C_2O_4) = V_1(H_2C_2O_4) \times c_1(H_2C_2O_4)$

Višak oksalne kiseline titriran je otopinom kalijeva permanganata prema jednadžbi:

$5\ H_2C_2O_4 + 2\ KMnO_4 + 3\ H_2SO_4 \rightarrow K_2SO_4 + 2\ MnSO_4 + 10\ CO_2 + 8\ H_2O$

Iz jednadžbe reakcije proizlazi da oksalna kiselina i kalijev permanganat reagiraju u molarnom omjeru 5 : 2., pa vrijedi:

$5 \times n(KMnO_4) = 2 \times n(H_2C_2O_4)$

Odavde proizlazi da višak oksalne kiseline iznosi:

$n_2(H_2C_2O_4) = {}^5/_2 \times n(KMnO_4) = {}^5/_2 \times V(KMnO_4) \times c(KMnO_4)$

Kako je

$n_1(H_2C_2O_4) - n_2(H_2C_2O_4) = n(H_2C_2O_4) = n(MnO_2)$

konačno dobivamo:

$$\begin{aligned} n(MnO_2) &= V_1(H_2C_2O_4) \times c_1(H_2C_2O_4) - {}^5/_2 \times V(KMnO_4) \times c(KMnO_4) \\ &= 75\ cm^3 \times 0{,}25\ mmol\ cm^{-3} - {}^5/_2 \times 32\ cm^3 \times 0{,}1\ mmol\ cm^{-3} \\ &= 10{,}75\ mmol \end{aligned}$$

$m(MnO_2) = n(MnO_2) \times M(MnO_2)$

$$w(MnO_2) = \frac{m(MnO_2)}{m(\text{piroluzit})} = \frac{n(MnO_2) \times M(MnO_2)}{m(\text{piroluzit})} = \frac{10{,}75\ mmol \times 86{,}94\ g\ mol^{-1}}{1\ g} = \mathbf{0{,}935}$$

5.43. Vidi STEHIOMETRIJA

Npišimo najprije jednadžbu reakcije.

$2\ KMnO_4 + 3\ HCOOK \rightarrow 2\ K_2CO_3 + KHCO_3 + H_2O + 2\ MnO_2$

Kalijev permanganat i kalijev oksalat reagiraju u molarnom omjeru 2 : 3, pa vrijedi:

$n(HCOOH) = {}^3/_2 \times n(MnO_4^-) = {}^3/_2 \times V(KMnO_4) \times c(KMnO_4)$

$$\begin{aligned} m(HCOOH) &= n(HCOOH) \times M(HCOOH) \\ &= {}^3/_2 \times V(KMnO_4) \times c(KMnO_4) \times M(HCOOH) \\ &= {}^3/_2 \times 0{,}040\ dm^3 \times 0{,}2\ mol\ dm^{-3} \times 46\ g\ mol^{-1} \\ &= 0{,}552\ g \end{aligned}$$

$$w(HCOOH) = \frac{m(HCOOH)}{m(\text{uzorak})} = \frac{0{,}552\ g}{25\ g} = \mathbf{0{,}0221}$$

5.44. Vidi STEHIOMETRIJA

Potrebno je doznati množinu kalijeva permanganata koja u kiseloj otopini reagira s mravljom kiselinom. Prikažimo tijek analize shemom:

25 cm^3	+	25 cm^3	+	10 cm^3	+	5 cm^3
otop. HCOOH		$c(KMnO_4)$ = 0,02 mol dm^{-3}		$c(H_2C_2O_4)$ = 0,05 mol dm^{-3}		$c(KMnO_4)$ = 0,02 mol dm^{-3}
?		$n(KMnO_4)$ = 0,0005 mol		$n(H_2C_2O_4)$ = 0,0005 mol		$n_1(KMnO_4)$ = 0,0001 mol
		↓		↕ ekviv. 0,0002 mol $KMnO_4$		↓
↑ 0,0004 mol $KMnO_4$						

Poznate su nam množine dodana kalijeva permanganata i oksalne kiseline. Odbijmo množinu kalijeva permanganata koja reagira s oksalnom kiselinom, pa ćemo dobiti ostatak,odnosno množinu kalijeva permanganata koja je reagirala s mravljom kiselinom.

Ukupna množina upotrijebljena kalijeva permanganata, $n_1(KMnO_4)$

$n_1(KMnO_4)$ = (25 + 5) cm^3 × 0,02 mol dm^{-3} = 0,0006 mol.

Množina dodane oksalne kiseline, $n(H_2C_2O_4)$

$n(H_2C_2O_4)$ = 10 cm^3 × 0,05 mol dm^{-3} = 0,0005 mol.

Prema jednadžbi reakcije

$5\ H_2C_2O_4 + 2\ KMnO_4 + 3\ H_2SO_4 \rightarrow K_2SO_4 + 2\ MnSO_4 + 10\ CO_2 + 8\ H_2O$

proizlazi da oksalna kiselina i kalijev permanganat reagiraju u molarnom omjeru 5 : 2, pa vrijedi:

$n_2(KMnO_4) = {}^2/_5 \times n(H_2C_2O_4) = {}^2/_5 \times 0{,}0005\ \text{mol} = 0{,}0002\ \text{mol}$.

Množina kalijeva permanganata utrošena za oksidaciju mravlje kiseline, $n_3(KMnO_4)$ je:

$n_3(KMnO_4) = n_1(KMnO_4) - n_2(KMnO_4) = 0{,}0006\ \text{mol} - 0{,}0002\ \text{mol} = 0{,}0004\ \text{mol}$

Mravlja kiselina i kalijev permanganat u kiseloj otopini.reagiraju prema jednadžbi

$5\ HCOOH + 2\ KMnO_4 + 3\ H_2SO_4 \rightarrow K_2SO_4 + 2\ MnSO_4 + 8\ H_2O + 5\ CO_2$

pa se dobiva

$n(HCOOH) = {}^5/_2 \times n_3(MnO_4^-)$

$m(HCOOH) = {}^5/_2 \times n_3(MnO_4^-) \times M(HCOOH)$

$$\gamma(HCOOH) = \frac{m(HCOOH)}{V(\text{otop.}HCOOH)} = \frac{{}^5/_2 \times n_3(MnO_4^-) \times M(HCOOH)}{V(\text{otop.}HCOOH)}$$

$$= \frac{{}^5/_2 \times 4{,}00 \times 10^{-4}\ \text{mol} \times 46\ \text{g mol}^{-1}}{0.025\ \text{dm}^3} = \mathbf{1{,}84\ g\ dm^{-3}}$$

5.45. Vidi STEHIOMETRIJA

Napšimo jednadžbu reakcije

$5\ NO_2^- + 2\ MnO_4^- + 6\ H^+ \rightarrow 5\ NO_3^- + 2\ Mn^{2+} + 3\ H_2O$

Nitritni i permanganatni ioni reagiraju u molarnom omjeru 5 : 2, pa vrijedi:

$n(NO_2^-) = {}^5/_2 \times n(MnO_4^-)$

$= {}^5/_2 \times 0{,}004\ \text{mol} = 0{,}01\ \text{mol}$

$m(NaNO_2) = n(NaNO_2) \times M(NaNO_2)$

$$c(NaNO_2) = \frac{m(NaNO_2)}{V(\text{otop.}NaNO_2)} = \frac{n(NaNO_2) \times M(NaNO_2)}{V(\text{otop.}NaNO_2)}$$

$$= \frac{0{,}01\ \text{mol} \times 69\ \text{g mol}^{-1}}{0{,}038\ \text{dm}^3} = \mathbf{18{,}16\ g\ dm^{-3}}$$

5.46. Vidi STEHIOMETRIJA

Napšimo jednadžbu reakcije kalijeva permanganata i barijeva peroksida u kiseloj otopini

$2\ MnO_4^- + 5\ O_2^{2-} + 16\ H^+ \rightarrow 2\ Mn^{2+} + 5\ O_2 + 8\ H_2O$

Iz jednadžbe reakcije vidimo da permanganatni i peroksidni ioni međusobno reagiraju u molarnom omjer 2 : 5, pa možemo pisati:

$n(BaO_2) = {}^5/_2 \times n(KMnO_4)$

$m(BaO_2) = n(BaO_2) \times M(BaO_2) = {}^5/_2 \times n(KMnO_4) \times M(BaO_2)$

$= {}^5/_2 \times V(\text{otop.}KMnO_4) \times c(\text{otop.}KMnO_4) \times M(BaO_2)$

$$w(BaO_2) = \frac{m(BaO_2)}{m(\text{uzorak})} = \frac{{}^5/_2 \times V(\text{otop.}KMnO_4) \times c(\text{otop.}KMnO_4) \times M(BaO_2)}{m(\text{uzorak})}$$

$$= \frac{{}^5/_2 \times 0{,}030\ \text{cm}^3 \times 0{,}02\ \text{mol dm}^{-3} \times 169{,}34\ \text{g mol}^{-1}}{0{,}4\ \text{g}} = \mathbf{0{,}635}$$

5.47. Vidi STEHIOMETRIJA

Načinimo shemu reakcije:

0,150 g uzorka $(NH_4)_2S_2O_8$	+	30 cm^3 0,05 M $FeSO_4$	+	3 cm^3 0,02 M $KMnO_4$
		0,0015 mol $FeSO_4$		= 0,00006 mol $KMnO_4$
$\updownarrow$		– 0,0003 mol $FeSO_4$		$\updownarrow$
ekvivalentno 0,0012 mol Fe^{2+}				ekvivalentno 0,0003 mol Fe^{2+}

Na osnovi jednadžbe reakcije

$5\ Fe^{2+} + MnO_4^- + 8\ H^+ \rightarrow 5\ Fe^{3+} + Mn^{2+} + 4\ H_2O$

vidimo da je

$n(Fe^{2+}) = 5 \times n(KMnO_4) = 5 \times 0{,}00006$ mol = 0,0003 mol,

pa je s amonijevim persulfatom reagiralo (0,0015 – 0,0003 = 0,0012) mol $FeSO_4$ prema sljedećoj jednadžbi reakcije:

$S_2O_8^{2-} + 2\ Fe^{2+} \rightarrow 2\ SO_4^{2-} + 2\ Fe^{3+}$

Odavde proizlazi

$n((NH_4)_2S_2O_8) = ½ \times n(FeSO_4) = ½ \times 0{,}0012\ \text{mol} = 0{,}0006\ \text{mol}.$

$$w((NH_4)_2S_2O_8) = \frac{m((NH_4)_2S_2O_8)}{m(\text{uzorak})} = \frac{n((NH_4)_2S_2O_8) \times M((NH_4)_2S_2O_8)}{m(\text{uzorak})}$$

$$= \frac{0{,}0006\ \text{mol} \times 228\ \text{g mol}^{-1}}{0{,}150\ \text{g}} = \mathbf{0{,}912}$$

5.48. Vidi STEHIOMETRIJA

Izračunajmo najprije množinu iona Fe^{2+}.

$5\ Fe^{2+} + MnO_4^- + 8\ H^+ \rightarrow 5\ Fe^{3+} + Mn^{2+} + 4\ H_2O$

Ioni Fe^{2+} s permanganatnim ionima reagiraju u molarnom omjeru 5 : 1. Odavde proizlazi:

$$n(Fe^{2+}) = 5 \times n(MnO_4^-)$$
$$= 5 \times c(\text{otop.}KMnO_4) \times V(\text{otop.}KMnO_4)$$

Iz jednadžbe reakcije

$2\ NH_2OH + 2\ Fe_2(SO_4)_3 \rightarrow 4\ FeSO_4 + 2\ H_2SO_4 + H_2O + N_2O.$

vidimo da je

$n(NH_2OH) = ½ \times n(FeSO_4)$

$m(NH_2OH) = ½ \times n(FeSO_4) \times M(NH_2OH)$

$$w(NH_2OH) = \frac{m(NH_2OH)}{m(\text{uzorak})} = \frac{½ \times n(FeSO_4) \times M(NH_2OH)}{m(\text{uzorak})}$$

$$= \frac{½ \times 5 \times c(\text{otop.}KMnO_4) \times V(\text{otop.}KMnO_4) \times M(NH_2OH)}{m(\text{uzorak})}$$

$$= \frac{½ \times 5 \times 0{,}02\ \text{mol dm}^{-3} \times 0{,}025\ \text{dm}^3 \times 33\ \text{g mol}^{-1}}{0{,}1\ \text{g}} = \mathbf{0{,}4125}$$

5.49. Vidi STEHIOMETRIJA

Napišimo jednadžbu reakcije

$10\ I^- + 2\ MnO_4^- + 16\ H^+ \rightarrow\ 2\ Mn^{2+} + 5\ I_2 + 8\ H_2O$

Jodidni i permanganatni ioni međusobno reagiraju u molarnom omjeru 5 : 1. Odavde proizlazi:

$n(I) = 5 \times n(KMnO_4)$

$m(I) = n(I) \times M(I) = 5 \times n(KMnO_4) \times M(I)$

$\quad = 5 \times V(otop.KMnO_4) \times c(KMnO_4) \times M(I)$

$\quad = 5 \times 0{,}001\ dm^3 \times 0{,}02\ mol\ dm^{-3} \times 126{,}9\ g\ mol^{-1} = 0{,}01269\ g = \mathbf{12{,}69\ mg}$

$10\ KI + 2\ KMnO_4 + 8\ H_2SO_4 \rightarrow 2\ MnSO_4 + 6\ K_2SO_4 + 5\ I_2 + 8\ H_2O,$

5.50. Vidi STEHIOMETRIJA

Napišimo jednadžbu reakcije

$2\ S_2O_3^{2-} + I_2 \rightarrow S_4O_6^{2-} + 2\ I^-$

Tisulfatni ioni i jod reagiraju u molarnom omjeru 2 : 1. Odavde proizlazi:

$n(S_2O_3^{2-}) = 2 \times n(I_2)$

$$c(S_2O_3^{2-}) = \frac{n(S_2O_3^{2-})}{V(otop.S_2O_3^{2-})} = \frac{2 \times n(I_2)}{V(otop.S_2O_3^{2-})} = \frac{2 \times\ m(I_2)}{V(otop.S_2O_3^{2-}) \times M(I_2)}$$

$$= \frac{2 \times 0{,}25\ g}{0{,}020\ dm^3 \times 253{,}8\ g\ mol^{-1}} = \mathbf{0{,}0985\ mol\ dm^{-3}}$$

5.51. Vidi STEHIOMETRIJA

Napišimo jednadžbu reakcije

$2\ S_2O_3^{2-} + I_2 \rightarrow S_4O_6^{2-} + 2\ I^-$

Tisulfatni ioni i jod reagiraju u molarnom omjeru 2 : 1. Odavde proizlazi:

$n(I_2) = ½ \times n(S_2O_3^{2-})$

$m(I_2) = n(I_2) \times M(I_2) = ½ \times n(S_2O_3^{2-}) \times M(I_2) = ½ \times V(otop.S_2O_3^{2-}) \times c(otop.S_2O_3^{2-}) \times M(I_2)$

$$\gamma(I_2) = \frac{m(I_2)}{V(otop.I_2)} = \frac{½ \times V(otop.S_2O_3^{2-}) \times c(otop.S_2O_3^{2-}) \times M(I_2)}{V(otop.I_2)}$$

$$= \frac{½ \times 0{,}025\ dm^3 \times 0{,}05\ mol\ dm^{-3} \times 253{,}8\ g\ mol^{-1}}{0{,}020\ dm^3} = \mathbf{7{,}93\ g\ dm^{-3}}$$

5.52. Vidi STEHIOMETRIJA

Napišimo jednadžbu reakcije

$Br_2 + 2\ KI \rightarrow I_2 + 2\ KBr$

Odavde proizlazi

$n(Br_2) = n(I_2)$

Natrijev tiosulfat i izlučeni jod reagiraju prema jednadžbi

$2\ S_2O_3^{2-} + I_2 \rightarrow S_4O_6^{2-} + 2\ I^-$

Tisulfatni ioni i jod reagiraju u molarnom omjeru 2 : 1. Odavde proizlazi:

$n(I_2) = n(Br_2) = ½ \times n(S_2O_3^{2-})$

$m(Br_2) = n(Br_2) \times M(Br_2) = ½ \times n(S_2O_3^{2-}) \times M(Br_2) = ½ \times V(\text{otop.}S_2O_3^{2-}) \times c(\text{otop.}S_2O_3^{2-}) \times M(Br_2)$

$$\gamma(Br_2) = \frac{m(Br_2)}{V(\text{otop.}Br_2)} = \frac{½ \times V(\text{otop.}S_2O_3^{2-}) \times c(\text{otop.}S_2O_3^{2-}) \times M(Br_2)}{V(\text{otop.}Br_2)}$$

$$= \frac{½ \times 0{,}030\ \text{dm}^3 \times 0{,}10\ \text{mol dm}^{-3} \times 159{,}8\ \text{g mol}^{-1}}{0{,}010\ \text{dm}^3} = \mathbf{23{,}97\ g\ dm^{-3}}$$

5.53. Vidi STEHIOMETRIJA

Kalijev jodid s otopinom klora i hipokloraste kiseline reagira prema jednadžbama:

$HOCl + 2\ KI \rightarrow KCl + KOH + I_2,$

$Cl_2 + 2\ KI \rightarrow 2\ KCl + I_2$

Odredimo najprije ukupnu množinu joda na temelju utroška otopine $Na_2S_2O_3$.

$2\ S_2O_3^{2-} + I_2 \rightarrow S_4O_6^{2-} + 2\ I^-$

Tisulfatni ioni i jod reagiraju u molarnom omjeru 2 : 1. Odavde proizlazi:

$n(I_2) = ½ \times n(S_2O_3^{2-}) = ½ \times V(\text{otop.}S_2O_3^{2-}) \times c(\text{otop.}S_2O_3^{2-})$

$= ½ \times 0{,}038\ \text{dm}^3 \times 0{,}1\ \text{mol dm}^{-3} = 0{,}0019\ \text{mol.}$

Na temelju jednadžbe reakcije hipokloraste kiseline i kalijeva jodida, $HOCl + 2\ KI \rightarrow KCl + KOH + I_2$, proizlazi $n(HOCl) = n(KOH)$.

Množinu KOH, odnosno HOCl, odredit ćemo kao razliku množine dodane klorovodične kiseline, $n(HCl)$ i množine natrijeva hidroksida, $n(NaOH)$, utrošena za retitraciju viška HCl.

$n(HOCl) = n(\text{otop.HCl}) – n(\text{otop.NaOH})$

$= V(\text{otop.HCl}) \times c(\text{otop.HCl}) – V(\text{otop.NaOH}) \times c(\text{otop.NaOH})$

$= 0{,}025\ \text{dm}^3 \times 0{,}1\ \text{mol dm}^{-3} – 0{,}010\ \text{dm}^3 \times 0{,}1\ \text{mol dm}^{-3} = 0{,}0015\ \text{mol}$

Na temelju prvih dviju jednadnadžbi možemo zaključiti da je množina elementarnog klora sadržana u otopini jednaka razlici ukupne množine izlučena joda i množine hipokloraste kiseline.

$n(Cl_2) = n(I_2) – n(HOCl) = 0{,}0019\ \text{mol} – 0{,}0015\ \text{mol} = 0{,}0004\ \text{mol}$

$\gamma(Cl_2) = m(Cl_2) / V(\text{otop}) = n(Cl_2) \times M(Cl_2) / V(\text{otop})$

$= 0{,}0004\ \text{mol} \times 70{,}9\ \text{g mol}^{-1} / 0{,}025\ \text{dm}^3 = \mathbf{1{,}134\ g\ dm^{-3}}$

$\gamma(HOCl) = m(HOCl) / V(\text{otop}) = n(HOCl) \times M(HOCl) / V(\text{otop})$

$= 0{,}0015\ \text{mol} \times 52{,}45\ \text{g mol}^{-1} / 0{,}025\ \text{dm}^3 = \mathbf{3{,}147\ g\ dm^{-3}}$

5.54. Vidi STEHIOMETRIJA

Napišimo jednadžbu reakcije manganova dioksida i klorovodične kiseline.

$MnO_2 + 4\ HCl \rightarrow MnCl_2 + Cl_2 + 2\ H_2O$

Dobiveni klor istiskuje jod iz otopine kalijeva jodida.

$Cl_2 + 2\ KI \rightarrow 2\ KCl + I_2$

Odavde proizlazi

$n(I_2) = n(Cl_2) = n(MnO_2)$

Zadan nam je maksimalni volumen otopine natrijeva tiosulfata, $V(\text{otop.}Na_2S_2O_3) = 50\ cm^3$, koncentracije, $c(Na_2S_2O_3) = 0,1\ mol\ dm^{-3}$, koji smijemo utrošiti za titraciju izlučena joda. Na osnovi jednadžbe reakcije joda i otopine tiosulfata:

$2\ S_2O_3^{2-} + I_2 \rightarrow S_4O_6^{2-} + 2\ I^-$

zaključujemo da tisulfatni ioni i jod reagiraju u molarnom omjeru 2 : 1. Odavde proizlazi:

$n(I_2) = n(Cl_2) = n(MnO_2) = ½ \times n(S_2O_3^{2-}) = ½ \times V(\text{otop.}S_2O_3^{2-}) \times c(\text{otop.}S_2O_3^{2-})$

Za maksimalnu masu piroluzita, odnosno čistog MnO_2, dobivamo:

$m(MnO_2) = n(MnO_2) \times M(MnO_2)$

$= ½ \times V(\text{otop.}S_2O_3^{2-}) \times c(\text{otop.}S_2O_3^{2-}) \times M(MnO_2)$

$= ½ \times 0,050\ dm^3 \times 0,1\ mol\ dm^{-3} \times 86,94\ g\ mol^{-1} = \mathbf{0,217\ g}$

5.55. Vidi STEHIOMETRIJA

Napišimo jednadžbu reakcije cerijeva(IV) oksida i kalijeva jodida.

$2\ CeO_2 + 2\ KI + 8\ H^+ \rightarrow 2\ Ce^{3+} + 2\ K^+ + I_2 + 4\ H_2O$

Odavde proizlazi

$n(I_2) = 2 \times n(CeO_2)$

Zadan nam je maksimalni volumen otopine natrijeva tiosulfata, $V(\text{otop.}Na_2S_2O_3) = 50\ cm^3$, koncentracije, $c(Na_2S_2O_3) = 0,1\ mol\ dm^{-3}$, koji smijemo utrošiti za titraciju izlučena joda. Na osnovi jednadžbe reakcije joda i otopine tiosulfata:

$2\ S_2O_3^{2-} + I_2 \rightarrow S_4O_6^{2-} + 2\ I^-$

zaključujemo da tisulfatni ioni i jod reagiraju u molarnom omjeru 2 : 1. Odavde proizlazi:

$n(I_2) = 2 \times n(CeO_2) = ½ \times n(S_2O_3^{2-}) = ½ \times V(\text{otop.}S_2O_3^{2-}) \times c(\text{otop.}S_2O_3^{2-})$

Za maksimalnu masu CeO_2, dobivamo:

$m(CeO_2) = 2 \times n(CeO_2) \times M(CeO_2)$

$= 2 \times ½ \times V(\text{otop.}S_2O_3^{2-}) \times c(\text{otop.}S_2O_3^{2-}) \times M(CeO_2)$

$= 0,050\ dm^3 \times 0,1\ mol\ dm^{-3} \times 172,1\ g\ mol^{-1} = \mathbf{0,860\ g}$

5.56. Vidi STEHIOMETRIJA

Klor istiskuje jod iz kalijeva jodida prema jednadžbi:

$Cl_2 + 2\ KI \rightarrow I_2 + 2\ KCl$

Odavde proizlazi:

$n(Cl_2) = n(I_2)$

Izlučeni se jod titrira natrijevim tiosulfatom.

$2\ S_2O_3^{2-} + I_2 \rightarrow S_4O_6^{2-} + 2\ I^-$

Tisulfatni ioni i jod reagiraju u molarnom omjeru 2 : 1. Odavde proizlazi:

$n(I_2) = n(Cl_2) = ½ \times n(S_2O_3^{2-}) = ½ \times V(\text{otop.}S_2O_3^{2-}) \times c(\text{otop.}S_2O_3^{2-})$

Zadanu masu klora, 10 mg, iskažimo množinom pa dobivamo:

$$n(Cl_2) = \frac{10\text{ mg}}{M(Cl_2)}$$

Uvrstimo ovaj rezultat u prethodnu jednadžbu:

$$\frac{10\text{ mg}}{M(Cl_2)} = ½ \times V(\text{otop.}S_2O_3^{2-}) \times c(\text{otop.}S_2O_3^{2-})$$

Odavde se za koncentraciju otopine natrijeva tiosulfata dobiva:

$$c(S_2O_3^{2-}) = \frac{10\text{ mg}}{M(Cl_2)\ \times\ ½ \times V(\text{otop.}S_2O_3^{2-})} = \frac{0{,}010\text{ g}}{71\text{ g mol}^{-1} \times 0{,}0005\text{ dm}^3} = \mathbf{0{,}282\ mol\ dm^{-3}}$$

5.57. Vidi STEHIOMETRIJA

$Pb^{4+} + 2\ I^- \rightarrow\ Pb^{2+} + I_2$

Odavde proizlazi:

$n(PbO_2) = n(I_2)$

Izlučeni se jod titrira natrijevim tiosulfatom.

$2\ S_2O_3^{2-} + I_2 \rightarrow S_4O_6^{2-} + 2\ I^-$

Tisulfatni ioni i jod reagiraju u molarnom omjeru 2 : 1. Odavde proizlazi:

$n(I_2) = n(PbO_2) = ½ \times n(S_2O_3^{2-}) = ½ \times V(\text{otop.}S_2O_3^{2-}) \times c(\text{otop.}S_2O_3^{2-})$

$$w(PbO_2) = \frac{m(PbO_2)}{m(\text{uzorak})} = \frac{n(PbO_2) \times M(PbO_2)}{m(\text{uzorak})}$$

$$= \frac{½ \times V(\text{otop.}S_2O_3^{2-}) \times c(\text{otop.}S_2O_3^{2-}) \times M(PbO_2)}{m(\text{uzorak})}$$

$$= \frac{½ \times 0{,}038\text{ dm}^3 \times 0{,}1\text{ mol dm}^{-3} \times 239{,}2\text{ g mol}^{-1}}{0{,}5\text{ g}} = \mathbf{0{,}909}$$

5.58. Vidi STEHIOMETRIJA

$H_2O_2 + 2\ KI + 2\ H^+ \rightarrow 2\ K^+ + 2\ H_2O + I_2$

$n(H_2O_2) = n(I_2)$

Izlučeni se jod titrira natrijevim tiosulfatom.

$2\ S_2O_3^{2-} + I_2 \rightarrow S_4O_6^{2-} + 2\ I^-$

Tisulfatni ioni i jod reagiraju u molarnom omjeru 2 : 1. Odavde proizlazi:

$n(I_2) = n(H_2O_2) = ½ \times n(S_2O_3^{2-}) = ½ \times V(\text{otop.}S_2O_3^{2-}) \times c(\text{otop.}S_2O_3^{2-})$

$$w(H_2O_2) = \frac{m(H_2O_2)}{m(\text{uzorak})} = \frac{n(H_2O_2) \times M(H_2O_2)}{m(\text{uzorak})}$$

$$= \frac{½ \times V(\text{otop.}S_2O_3^{2-}) \times c(\text{otop.}S_2O_3^{2-}) \times M(H_2O_2)}{m(\text{uzorak})}$$

$$= \frac{½ \times 0{,}036\ \text{dm}^3 \times 1\ \text{mol dm}^{-3} \times 34\ \text{g mol}^{-1}}{5\ \text{g}} = \mathbf{0{,}122}$$

5.59. Vidi STEHIOMETRIJA

$2\ Fe^{3+} + 2\ I^- \rightarrow 2\ Fe^{2+} + I_2$

$n(Fe^{3+}) = 2 \times n(I_2)$

Izlučeni se jod titrira natrijevim tiosulfatom.

$2\ S_2O_3^{2-} + I_2 \rightarrow S_4O_6^{2-} + 2\ I^-$

Tisulfatni ioni i jod reagiraju u molarnom omjeru 2 : 1. Odavde proizlazi:

$n(I_2) = ½ \times n(Fe^{3+}) = ½ \times n(S_2O_3^{2-}) = ½ \times V(\text{otop.}S_2O_3^{2-}) \times c(\text{otop.}S_2O_3^{2-})$

$$w(Fe^{3+}) = \frac{m(Fe^{3+})}{m(\text{uzorak})} = \frac{n(Fe^{3+}) \times M(Fe^{3+})}{m(\text{uzorak})}$$

$$= \frac{V(\text{otop.}S_2O_3^{2-}) \times c(\text{otop.}S_2O_3^{2-}) \times M(Fe^{3+})}{m(\text{uzorak})}$$

$$= \frac{0{,}025\ \text{dm}^3 \times 0{,}1\ \text{mol dm}^{-3} \times 55{,}85\ \text{g mol}^{-1}}{1\ \text{g}} = \mathbf{0{,}1396}$$

5.60. Vidi STEHIOMETRIJA

$2\ CuSO_4 + 4\ KI \rightarrow 2\ CuI + I_2 + K_2SO_4$,

$n(CuSO_4 \cdot 5\ H_2O) = 2 \times n(I_2)$

Izlučeni se jod titrira natrijevim tiosulfatom.

$2\ S_2O_3^{2-} + I_2 \rightarrow S_4O_6^{2-} + 2\ I^-$

Tisulfatni ioni i jod reagiraju u molarnom omjeru 2 : 1. Odavde proizlazi:

$n(I_2) = ½ \times n(CuSO_4 \cdot 5\ H_2O) = ½ \times n(S_2O_3^{2-}) = ½ \times V(\text{otop.}S_2O_3^{2-}) \times c(\text{otop.}S_2O_3^{2-})$

$$w(CuSO_4 \cdot 5\ H_2O) = \frac{m(CuSO_4 \cdot 5\ H_2O)}{m(\text{uzorak})} = \frac{n(CuSO_4 \cdot 5\ H_2O) \times M(CuSO_4 \cdot 5\ H_2O)}{m(\text{uzorak})}$$

$$= \frac{V(\text{otop.}S_2O_3^{2-}) \times c(\text{otop.}S_2O_3^{2-}) \times M(CuSO_4 \cdot 5\ H_2O)}{m(\text{uzorak})}$$

$$= \frac{0{,}020\ \text{dm}^3 \times 0{,}1\ \text{mol dm}^{-3} \times 249{,}7\ \text{g mol}^{-1}}{0{,}5\ \text{g}} = \mathbf{0{,}9988}$$

5.61. Vidi STEHIOMETRIJA

$2\ Cu^{2+} + 2\ I^- \rightarrow 2\ Cu^+ + I_2$

$n(I_2) = ½ \times n(Cu^{2+})$

Kako nam je zadana masa bakra, proizlazi:

$$n(I_2) = \frac{m(Cu^{2+})}{2 \times M(Cu^{2+})}$$

Izlučeni se jod titrira natrijevim tiosulfatom.

$2\ S_2O_3^{2-} + I_2 \rightarrow S_4O_6^{2-} + 2\ I^-$

Tisulfatni ioni i jod reagiraju u molarnom omjeru 2 : 1. Odavde proizlazi:

$$n(S_2O_3^{2-}) = 2 \times n(I_2) = 2\ \frac{m(Cu^{2+})}{2 \times M(Cu^{2+})}$$

$$c(\text{otop.}S_2O_3^{2-}) = \frac{n(S_2O_3^{2-}}{V(\text{otop.}S_2O_3^{2-})} = \frac{m(Cu^{2+})}{V(\text{otop.}S_2O_3^{2-}) \times M(Cu^{2+})}$$

$$= \frac{0{,}2\ \text{g}}{0{,}025\ \text{dm}^3 \times 63{,}55\ \text{g mol}^{-1}} = \mathbf{0{,}126\ mol\ dm^{-3}}$$

5.62. Vidi STEHIOMETRIJA

$3\ H_3AsO_3 + KBrO_3 + HCl \rightarrow KCl + HBr + 3\ H_3AsO_4$

Ioni As^{3+} s bromatnim ionima, BrO_3^-, reagiraju u molarnom omjeru 3 : 1. Odavde proizlazi:

$n(As^{3+}) = 3 \times n(BrO_3^-)$

$m(As^{3+}) = n(As^{3+}) \times M(As^{3+})$

$= 3 \times n(BrO_3^-) \times M(As^{3+})$

$= 3 \times V(\text{otop.}BrO_3^-) \times c(BrO_3^-) \times M(As^{3+})$

$= 3 \times 0{,}030\ \text{dm}^3 \times {}^1/_{60}\ \text{mol dm}^{-3} \times 74{,}92\ \text{g mol}^{-1} = \mathbf{0{,}112\ g}$

5.63. Vidi STEHIOMETRIJA

Otopine sumporovodika i joda međusobno reagiraju u molarnom omjeru 1:1.

$H_2S + I_2 \rightarrow 2\ HI + S$

Odavde proizlazi

$n(I_2) = n(H_2S)$

Množina joda, $n_1(I_2)$ dodanog u otopinu sumporovodika je:

$$n_1(I_2) = \frac{m(I_2)}{M(I_2)} = \frac{\gamma(I_2) \times V(\text{otop.}I_2)}{M(I_2)} = \frac{12{,}69\ \text{g dm}^{-3} \times 0{,}040\ \text{dm}^3}{253{,}8\ \text{g mol}^{-1}} = 0{,}002\ \text{mol}$$

,

Višak joda, $n_2(I_2)$, koji nije reagirao sa sumporovodikom određen je titracijom s natrijevim tiosulfatom.

$2\ S_2O_3^{2-} + I_2 \rightarrow S_4O_6^{2-} + 2\ I^-$

Tisulfatni ioni i jod reagiraju u molarnom omjeru 2 : 1. Odavde proizlazi:

$n_2(I_2) = ½ \times n(S_2O_3^{2-}) = ½ \times V(\text{otop.}S_2O_3^{2-}) \times c(\text{otop.}S_2O_3^{2-})$

$= ½ \times 0{,}010\ \text{dm}^3 \times 0{,}05\ \text{mol dm}^{-3} = 0{,}00025\ \text{mol}$

Ako od ukupne množine dodanog joda, $n_1(I_2)$, odbijemo množinu viška joda, $n_2(I_2)$, dobit ćemo množinu joda koja je reagirala sa sumporovodikom, a ta je jednaka množini sumporovodika. Za koncentraciju sumporovodika u otopini konačno dobivamo:

$$c(H_2S) = \frac{n(H_2S)}{V(\text{otop.}H_2S)} = \frac{n(I_2)}{V(\text{otop.}H_2S)} = \frac{n_1(I_2) - n_2(I_2)}{V(\text{otop.}H_2S)}$$

$$= \frac{0{,}002\ \text{mol} - 0{,}00025\ \text{mol}}{0{,}020\ \text{dm}^3} = \mathbf{0{,}0875\ mol\ dm^{-3}}$$

5.64. Vidi STEHIOMETRIJA

Formaldehid i jod reagiraju prema sljedećoj jednadžbi reakcije:

$HCHO + I_2 + H_2O \rightarrow HCOOH + 2\ HI$

Odavde proizlazi da je

$n(HCHO) = n(I_2)$

Množina joda, $n_1(I_2)$ dodanog u razrijeđenu otopinu formalina je:

$n_1(I_2) = V(\text{otop.}I_2) \times c(\text{otop.}I_2)$

Višak joda, $n_2(I_2)$, koji nije reagirao s formalinom određen je titracijom s natrijevim tiosulfatom.

$2\ S_2O_3^{2-} + I_2 \rightarrow S_4O_6^{2-} + 2\ I^-$

Tisulfatni ioni i jod reagiraju u molarnom omjeru 2 : 1. Odavde proizlazi:

$n_2(I_2) = ½ \times n(S_2O_3^{2-}) = ½ \times V(\text{otop.}S_2O_3^{2-}) \times c(\text{otop.}S_2O_3^{2-})$

Ako od ukupne dodane množine joda, $n_1(I_2)$, odbijemo množinu viška joda, $n_2(I_2)$, dobit ćemo množinu joda koja je reagirala s 10 cm^3 razrijeđene otopine formalina. Kako je $n(HCHO) = n(I_2)$, proizlazi:

$$n(HCHO) = n(I_2) = n_1(I_2) - n_2(I_2) = V(\text{otop.}I_2) \times c(\text{otop.}I_2) - ½ \times V(\text{otop.}S_2O_3^{2-}) \times c(\text{otop.}S_2O_3^{2-})$$

$$= 0{,}040\ dm^3 \times 0{,}05\ mol\ dm^{-3} - ½ \times 0{,}010\ dm^3 \times 0{,}05\ rnol\ dm^{-3}$$

$$= 0{,}0020\ mol - 0{,}00025\ mol = 0{,}00175\ mol$$

Prema uvjetima zadatka znamo da je 10 g kupovnog "formalina" razrijeđeno na volumen 400 cm^3, i od te otopine za analizu uzeto 10 cm^3. To znači da 10 g kupovnog formalina sadržava 400 puta veću množinu formaldehida pa je maseni udio formaldehida u kupovnom formalinu:

$$w(HCHO) = \frac{40 \times m(HCHO)}{m(\text{formalin})} = \frac{40 \times M(HCHO) \times n(HCHO)}{m(\text{formalin})}$$

$$= \frac{40 \times M(HCHO) \times [n_1(I_2) - n_2(I_2)]}{m(\text{formalin})}$$

$$= \frac{40 \times 30\ g\ mol^{-1} \times 0{,}00175\ mol}{10\ g} = \mathbf{0{,}21}$$

5.65. Vidi STEHIOMETRIJA

$Ag^+ + Cl^- \rightarrow AgCl$

$n(Ag^+) = n(Cl^-)$

$Ag^+ + SCN^- \rightarrow AgSCN$

$n_1(Ag^+) = n(SCN)$

$$\gamma(Cl^-) = \frac{m(Cl^-)}{V(\text{otop.}Cl^-)} = \frac{n(Cl^-) \times M(Cl^-)}{V(\text{otop.}Cl^-)} = \frac{[n(Ag^+) - n_1(Ag^+)] \times M(Cl^-)}{V(\text{otop.}Cl^-)}$$

$$= \frac{[\ V(\text{otop.}Ag^+) \times c(\text{otop.}Ag+) - V(\text{otop.}SCN^-) \times c(\text{otop.}SCN^-)] \times M(Cl^-)}{V(\text{otop.}Cl^-)}$$

$$= \frac{[0{,}025\ dm^3 \times 0{,}1\ mol\ dm^{-3} - 0{,}010\ dm^3 \times 0{,}1\ mol\ dm^{-3}\ ] \times 35{,}45\ g\ mol^{-1}}{0{,}025\ dm^3} = \mathbf{2{,}13\ g\ dm^{-3}}$$

5.66. Vidi STEHIOMETRIJA

$Ag^+ + Br^- \rightarrow AgBr$

$n(Ag^+) = n(Br^-)$

$$\gamma(Br^-) = \frac{n(Br^-) \times M(Br^-)}{V(\text{otop. }Br^-)} = \frac{V(\text{otop.}Ag^+) \times c(\text{otop.}Ag^+) \times M(Br^-)}{V(\text{otop. }Br^-)}$$

$$= \frac{0{,}010\ \text{dm}^3 \times 0{,}1\ \text{mol dm}^{-3} \times 79{,}90\ \text{g mol}^{-1}}{0{,}025\ \text{dm}^3} = \mathbf{3{,}196\ g\ dm^{-3}}$$

5.67. Vidi STEHIOMETRIJA

$BaCl_2 + 2\ Ag^+ \rightarrow 2\ AgCl + Ba^{2+}$

$n(Ag^+) = 2 \times n(Ba^{2+})$

$$n(Ba^{2+}) = \frac{m(BaCl_2 \cdot 2\ H_2O)}{M(BaCl_2 \cdot 2\ H_2O)}$$

$n(Ag^+) = V(\text{otop.}Ag^+) \times c(\text{otop.}Ag^+)$

$$V(\text{otop.}Ag^+) = \frac{n(Ag^+)}{c(\text{otop.}Ag^+)} = \frac{2 \times n(Ba^{2+})}{c(\text{otop.}Ag^+)} = \frac{2 \times m(BaCl_2 \cdot 2\ H_2O)}{c(\text{otop.}Ag^+) \times M(BaCl_2 \cdot 2\ H_2O)}$$

$$= \frac{2 \times 0{,}25\ \text{g}}{0{,}15\ \text{mol dm}^{-3} \times 244{,}25\ \text{g mol}^{-1}}\ 0{,}01365\ \text{dm}^3 = \mathbf{13{,}65\ cm^3.}$$

5.68. Vidi STEHIOMETRIJA

$2\ BaCl_2 + KAl(SO_4)_2{\cdot}12\ H_2O \rightarrow 2\ BaSO_4 + KCl + AlCl_3$

Barijev klorid i alaun reagiraju u molarnom omjeru 2:1, pa vrijedi

$n(BaCl_2) = 2 \times n(KAl(SO_4)_2 \cdot 12\ H_2O)$

Kako je

$n = V \times c$

Za volumen otopine $BaCl_2$ dobivamo:

$$V(\text{otop.}BaCl_2) = \frac{n(BaCl_2)}{c(\text{otop.}BaCl_2)} = \frac{2 \times n(KAl(SO_4)_2 \cdot 12\ H_2O)}{c(\text{otop.}BaCl_2)}$$

$$= \frac{2 \times m(KAl(SO_4)_2 \cdot 12\ H_2O)}{c(\text{otop.}BaCl_2) \times M(KAl(SO_4)_2 \cdot 12\ H_2O)}$$

$$= \frac{2 \times 0{,}5\ \text{g}}{0{,}05\ \text{mol dm}^{-3} \times 474{,}4\ \text{g mol}^{-1}} = 0{,}04216\ \text{dm}^3 = \mathbf{42{,}16\ cm^3}$$

5.69. Vidi STEHIOMETRIJA

$Cr_2O_7^{2-} + 2\ Ba^{2+} + H_2O \rightarrow 2\ BaCrO_4 + 2\ H^+$

Bikromatni i barijevi ioni reagiraju u molarnom omjeru 1 : 2. Odavde proizlazi:

$n(Cr_2O_7^{2-}) = ½ \times n(Ba^{2+})$

Kako je

$n = V \times c$

Za volumen otopine kalijeva bikromata dobivamo.

$$V(\text{otop.}K_2Cr_2O_7) = \frac{n(K_2Cr_2O_7)}{c(\text{otop.}K_2Cr_2O_7)} = \frac{½ \times n(BaCl_2)}{c(\text{otop.}K_2Cr_2O_7)} = \frac{½ \times m(BaCl_2)}{c(\text{otop.}K_2Cr_2O_7) \times M(BaCl_2)}$$

$$= \frac{½ \times 0{,}244\ \text{g}}{{}^1/_{60}\ \text{mol dm}^{-3} \times 244{,}28\ \text{g mol}^{-1}} = 0{,}02996\ \text{dm}^3 = \mathbf{29{,}96\ cm^3}$$

5.70. Vidi STEHIOMETRIJA

$Ag^+ + SCN^- \rightarrow AgSCN$

$n(Ag^+) = n(SCN^-)$

Izračunajmo najprije množinu iona srebra, $n(Ag^+)$, upotrijebljenih za taloženje klorida i jodida iz smjese $BaCl_2$ i BaI_2 tako da od dodane množine iona, $n_1(Ag^+)$ odbijemo višak, odnosno onu množinu iona, $n_2(Ag^+)$, koja je reagirala s otopinom KSCN.

$n(Ag^+) = n_1(Ag^+) - n_2(Ag^+) = V(\text{otop.}AgNO_3) \times c(\text{otop.}AgNO_3) - V(\text{otop.KSCN}) \times c(\text{otop.KSCN})$

$= 0{,}040\ dm^3 \times 0{,}2\ mol\ dm^{-3} - 0{,}0133\ dm^3 \times 0{,}1\ mol\ dm^{-3} = 0{,}00667\ mol$

Možemo napisati dvije jednadžbe:

$m(BaCl_2) + m(BaI_2) = 1\ g$

$n(Cl^-) + n(I^-) = 0{,}00667\ mol$

uzmemo li da je

$m(BaCl_2) = x$

$m(BaI_2) = y$

i cijeli izraz podijelimo jedinicom mase dobivamo

$$x + y = 1 \qquad (1)$$

Druga jednadžba mora uzeti u obzir množinu kloridnih i jodidnih iona. Ne zaboravimo da je množina kloridnih i jodidnih iona dva puta veća od množine barijeva klorida i jodida, pa vrijedi

$$\frac{2 \times m(BaCl_2)}{M(BaCl_2)} + \frac{2 \times m(BaI_2)}{M(BaI_2)} = 0{,}00667\ mol$$

Ako cjelu jednadžbu podijelimo s 2 i s jedinicom množine, te uvrstimo nepoznanice x i y, dobivamo:

$$\frac{x}{208{,}25} + \frac{y}{391{,}15} = 0{,}003335 \qquad (2)$$

Izlučimo iz prve jednadžbe x i uvrstimo u drugu jednadžbu pa dobivamo:

$$\frac{1 - y}{208{,}25} + \frac{y}{391{,}15} = 0{,}003335$$

odnosno

$0{,}004802 - 0{,}004802\ y + 0{,}002556\ y = 0{,}003335$

Odavde proizlazi

$0{,}001467 = 0{,}002246\ y$

odnosno

$$y = \frac{0{,}001467}{0{,}002246} = 0{,}6532$$

Kako je $m(BaI_2) = y$

slijedi

$m(BaI_2) = 0{,}653\ g$

$m(BaCl_2) = 0{,}347\ g$

$$w(I) = \frac{m(BaI_2) \times M(I2)}{m(\text{uzorak}) \times M(BaI_2)} = \frac{0{,}653\ g \times 253{,}8\ g\ mol^{-1}}{1{,}0\ g \times 391{,}15\ g\ mol^{-1}} = \mathbf{0{,}424}$$

5.71. Vidi STEHIOMETRIJA

$$w(\text{Fe, FeSO}_4\cdot 7\text{H}_2\text{O}) = \frac{M_r(\text{Fe})}{M_r(\text{FeSO}_4\cdot 7\text{H}_2\text{O})} = \frac{55{,}85}{278{,}05} = 0{,}2008 = 20{,}08\ \%$$

Za taloženje je utrošeno 20,08 cm^3 otopine barijeva klorida, $c(BaCl_2)$ = 0,1 mol dm^{-3}.

$n(BaCl_2) = V(\text{otop.}BaCl_2) \times c(\text{otop. }BaCl_2) = 20{,}08\ cm^3 \times 0{,}1\ mol\ dm^{-3} = 0{,}002008\ mol.$

$FeSO_4 + BaCl_2 \rightarrow FeCl_2 + BaSO_4$

Željezov(II) sulfat heptahidrat i barijev klorid reagiraju u molarnom omjeru 1 : 1. Odavde proizlazi:

$n(BaCl_2) = n(FeSO_4)$

Za masu uzorka željezova(II) sulfata heptahidrata dobivamo:

$m(FeSO_4\cdot 7H_2O) = n(BaCl_2) \times M(FeSO_4\cdot 7H_2O)$

$= 0{,}002008\ mol \times 278{,}05\ g\ mol^{-1} = \mathbf{0{,}5583\ g}$

5.72. Vidi STEHIOMETRIJA

$m(Ni) = m(\text{uzorak}) \times w(Ni) = 0{,}50\ g \times 0{,}10 = 0{,}050\ g$

$Ni^{2+}(aq) + 4\ CN^-(aq) \rightarrow Ni(CN)_4^{2-}$

Ioni Ni^{2+} i ioni CN^- međusobno reagiraju u molarnom omjeru 1 : 4. Odavde proizlazi:

$$n(CN^-) = 4 \times n(Ni) = 4 \times \frac{m(Ni)}{M(Ni)} = 4 \times \frac{0{,}050\ g}{58{,}69\ g\ mol^{-1}} = 0{,}003408\ mol$$

Množina dodanog kalijeva cijanida, iskazana kao $n_1(CN^-)$ je:

$n_1(CN^-) = V(\text{otop.KCN}) \times c(\text{otop.KCN}) = 0{,}0500\ dm^3 \times 0{,}1\ mol\ dm^{-3} = 0{,}0050\ mol$

Višak cijanidnih iona, $n_2(CN^-)$ je:

$n_2(CN^-) = n_1(CN^-) - n(CN^-) = 0{,}0050\ mol - 0{,}003408\ mol = 0{,}001592\ mol$

Srebrovi i cijanidni ioni reagiraju prema jednadžbi:

$Ag^+ + 2\ CN^- = Ag(CN)_2^-$

Dodatak sljedeća kapi otopine srebrobva nitrata uzrokuje zamućenje otopin.

Odavde proizlazi:

$n(Ag^+) = 2\ n(CN^-)$

Volumen otopine srebrova nitrata potreban za taloženje viška cijanidnih iona je

$$V(\text{otop.}Ag^+) = \frac{n(Ag^+)}{2 \times c(\text{otop.}Ag^+)} = \frac{0{,}001592\ mol}{0{,}2\ mol\ dm^{-3}} = 0{,}00796\ dm^3 = \mathbf{7{,}96\ cm^3}$$

5.73. Vidi STEHIOMETRIJA

Masa smjese KCl i NaCl = 0,209 g

Množina klorida u smjesi određena je titracijom srebrovim nitratom prema jednadžbi:

$Ag^+ + Cl^- \rightarrow AgCl$; Odavde proizlazi:

$n(Ag^+) = n(Cl^-) = n(Na^+) + n(K^+) = 0{,}0314\ dm^3 \times 0{,}1\ mol\ dm^{-3} = 0{,}00314\ mol.$

Možemo napisati dvije jednadžbe:

$m(NaCl) + m(KCl) = 0{,}209\ g$

$n(Na^+) + n(K^+) = 0{,}00314\ mol$

uzmemo li da je:

$m(NaCl) = x$, $m(KCl) = y$,

i cijeli izraz podijelimo jedinicom mase dobivamo

$x + y = 0{,}209$ (1)

Druga jednadžba mora uzeti u obzir množinu natrijevih i kloridnih iona.

$$\frac{m(NaCl)}{M(NaCl)} + \frac{m(KCl)}{M(KCl)} = 0{,}00314\ mol$$

Ako cjelu jednadžbu podijelimo jedinicom množine, te uvrstimo nepoznanice x i y, dobivamo:

$$\frac{x}{58{,}44} + \frac{y}{74{,}56} = 0{,}00314 \qquad (2)$$

Izlučimo iz prve jednadžbe x i uvrstimo u drugu jednadžbu pa dobivamo:

$$\frac{0{,}209 - y}{58{,}44} + \frac{y}{74{,}56} = 0{,}00314$$

odnosno

$0{,}003576 - 0{,}01711\ y + 0{,}013412\ y = 0{,}00314$

Odavde proizlazi

$0{,}003698\ y = 0{,}000436$

odnosno

$$y = \frac{0{,}000436}{0{,}003698} = 0{,}1179$$

Kako je $m(KCl) = y$, slijedi

$m(KCl) = 0{,}1179\ g$

$m(NaCl) = 0{,}209\ g - 0{,}1179\ g = 0{,}0911\ g$

$$c(NaCl) = \frac{n(NaCl)}{V(otop.NaCl)} = \frac{m(NaCl)}{M(NaCl) \times V(otop.NaCl)} = \frac{0{,}0911\ g}{58{,}44\ g\ mol^{-1} \times 0{,}025\ dm^3} = \mathbf{0{,}06235\ mol\ dm^{-3}}$$

$$c(KCl) = \frac{n(KCl)}{V(otop.KCl)} = \frac{m(KCl)}{M(KCl) \times V(otop.KCl)} = \frac{0{,}1179\ g}{74{,}56\ g\ mol^{-1} \times 0{,}025\ dm^3} = \mathbf{0{,}06325\ mol\ dm^{-3}}$$

Zadatak je postavljen tako da su koncentracije NaCl i KCl jednake. Razlika koncentracija u rješenju uzrokovana je zaokruživanjem međurezultata s kojima se ušlo u rješavanje algebarske jednadžbe.

5.74. Vidi STEHIOMETRIJA

Napišimo jednadžbu reakcije otapanja kalcijeva karbonata (mineral kalcit) u klorovodičnoj kiselini.

$CaCO_3 + 2\,HCl \rightarrow CaCl_2 + H_2O + CO_2$

Kalciti i klorovodična kiselina reagiraju u molarnom omjeru 1 : 2. Odavde proizlazi:

$2 \times n(CaCO_3) = n(HCl)$

Kako je $n(CaCO_3) = \dfrac{m(CaCO_3)}{M(CaCO_3)} = \dfrac{0{,}5\text{ g}}{100\text{ g mol}^{-1}} = 0{,}005\text{ mol}$

proizlazi

$n(HCl) = 2 \times n(CaCO_3) = 2 \times 0{,}005\text{ mol} = 0{,}010\text{ mol}$

Za koncentraciju klorovodične kiseline dobivamo:

$$c(HCl) = \frac{n(HCl)}{V(\text{otop.}HCl)} = \frac{0{,}010\text{ mol}}{0{,}050\text{ dm}^3} = \mathbf{0{,}20\text{ mol dm}^{-3}}$$

Za taloženje klorida utrošeno je 40 cm^3 otopine srebrova nitrata kojemu je koncentracija:

$$c(AgNO_3) = \frac{n(HCl)}{V(\text{otop.}AgNO_3)} = \frac{0{,}010\text{ mol}}{0{,}040\text{ dm}^3} = \mathbf{0{,}25\text{ mol dm}^{-3}}.$$

5.75. Vidi STEHIOMETRIJA

$m(NaCl) = w(NaCl) \times m(\text{uzorak}) = 0{,}02 \times 0{,}1\text{ g} = 0{,}002\text{ g}$

$$n(NaCl) = \frac{m(NaCl)}{M(NaCl)}$$

$m(KCl) = w(KCl) \times m(\text{uzorak}) = 0{,}98 \times 0{,}1\text{ g} = 0{,}098\text{ g}$

$$n(KCl) = \frac{m(KCl)}{M(KCl)}$$

Kloridni ioni i srebrovi ioni reagiraju u molarnom omjeru 1 : 1 pa slijedi da je množina srebrova nitrata potrebna za taloženje klorida

$n(AgNO_3) = n(KCl) + n(NaCl) = n(Cl^-)$

Volumen otopine srebrova nitrata potreban za taloženje kloridnih iona je:

$$V(\text{otop. }AgNO_3) = \frac{n(Cl^-)}{c(\text{otop. }AgNO_3)} = \frac{n(KCl) + n(NaCl)}{c(\text{otop. }AgNO_3)}$$

$$= \frac{m(KCl)}{M(KCl) \times c(\text{otop. }AgNO_3)} + \frac{m(NaCl)}{M(NaCl) \times c(\text{otop. }AgNO_3)}$$

$$= \frac{0{,}098\text{ g}}{74{,}56\text{ g mol}^{-1} \times 0{,}1\text{ mol dm}^{-3}} + \frac{0{,}002\text{ g}}{58{,}44\text{ g mol}^{-1} \times 0{,}1\text{ mol dm}^{-3}} = \mathbf{0{,}01349\text{ dm}^3}$$

5.76. Vidi STEHIOMETRIJA

Množinski udio elementa u spoju jednak je omjeru množine tog elementa prema ukupnoj množini svih elemenata u spoju ili formulskoj jedinki spoja.

NaCl $x(\text{Na}) = \dfrac{1}{2} = \mathbf{0{,}50}$ $x(\text{Cl}) = \dfrac{1}{2} = \mathbf{0{,}50}$

$\mathbf{H_3PO_4}$ $x(\text{H}) = \dfrac{3}{8} = 0{,}\mathbf{375}$ $x(\text{P}) = \dfrac{1}{8} = \mathbf{0{,}125}$ $x(\text{O}) = \dfrac{4}{8} = \mathbf{0{,}50}$

$\mathbf{Na_2B_4O_7\cdot 10H_2O}$ $x(\text{H}) = \dfrac{20}{43} = \mathbf{0{,}465}$ $x(\text{O}) = \dfrac{17}{43} = \mathbf{0{,}395}$

$x(\text{B}) = \dfrac{4}{43} = \mathbf{0{,}093}$ $x(\text{Na}) = \dfrac{2}{43} = \mathbf{0{,}047}$

Zbroj svih udjela sastojaka smjese ili spoja mora biti 1.

5.77. Vidi STEHIOMETRIJA

Treba izračunati množinu vode i množinu alkohola. Djeljenjem množine vode (ili alkohola) s ukupnom množinom tvari u smjesi (vode i alkohola) dobivamo množinski udio vode (ili alkohola) u smjesi.

$$n(\text{H}_2\text{O}) = \frac{m(\text{H}_2\text{O})}{M(\text{H}_2\text{O})} = \frac{30\ \text{g}}{18\ \text{g mol}^{-1}} = 1{,}667\ \text{mol}$$

$$n(\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}) = \frac{m(\text{C}_2\text{H}_5\text{OH})}{M(\text{C}_2\text{H}_5\text{OH})} = \frac{50\ \text{g}}{46\ \text{g mol}^{-1}} = 1{,}087\ \text{mol}$$

$$\overline{2{,}754\ \text{mol}}$$

$$x(\text{H}_2\text{O}) = \frac{n(\text{H}_2\text{O})}{n(\text{H}_2\text{O}) + n(\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}} = \frac{1{,}667\ \text{mol}}{2{,}754\ \text{mol}} = \mathbf{0{,}605}$$

$$x(\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}) = \frac{n(\text{C}_2\text{H}_5\text{OH})}{n(\text{H}_2\text{O}) + n(\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}} = \frac{1{,}087\ \text{mol}}{2{,}754\ \text{mol}} = \mathbf{0{,}395}$$

5.78. Vidi STEHIOMETRIJA

Maseni udio sastojaka u smjesi jednak je omjeru mase pojedinog sastojka prema ukupnoj masi sastojaka smjese.

w(Cu) = **0,745**

w(Zn) = 1 – w(Cu) = 1 – 0,745 = 0,255

Množinski udio sastojaka u smjesi jednak je omjeru množine pojedinog sastojka prema ukupnoj množini svih sastojaka smjese.

Primjerice, u 100 g zadane slitine (legure) za množinu bakra i cinka dobivamo:

$$n(\mathrm{Cu}) = \frac{m(\mathrm{Cu})}{M(\mathrm{Cu})} = \frac{74{,}5\ \mathrm{g}}{63{,}55\ \mathrm{g\ mol^{-1}}} = 1{,}172\ \mathrm{mol}$$

$$n(\mathrm{Zn}) = \frac{m(\mathrm{Zn})}{M(\mathrm{Zn})} = \frac{25{,}5\ \mathrm{g}}{65{,}41\ \mathrm{g\ mol^{-1}}} = 0{,}390\ \mathrm{mol}$$

$$1{,}562\ \mathrm{mol}$$

$$x(\mathrm{Cu}) = \frac{n(\mathrm{Cu})}{n(\mathrm{Cu}) + n(\mathrm{Zn})} = \frac{1{,}172\ \mathrm{mol}}{1{,}562\ \mathrm{mol}} = \mathbf{0{,}750}$$

$$x(\mathrm{Zn}) = \frac{n(\mathrm{Zn})}{n(\mathrm{Cu}) + n(\mathrm{Zn})} = \frac{0{,}390\ \mathrm{mol}}{1{,}562\ \mathrm{mol}} = 0{,}250$$

5.79. Vidi STEHIOMETRIJA

Vidi zadatke 5.76., 5.77. i 5.78.

$$x(\mathrm{U}) = \frac{4}{12} = \mathbf{0{,}333} \qquad x(\mathrm{Mo}) = \frac{5}{12} = \mathbf{0{,}417} \qquad x(\mathrm{Si}) = \frac{3}{12} = \mathbf{0{,}250}$$

$$M_r(\mathrm{U_4Mo_5Si_3}) = 4\,A_r(\mathrm{U}) + 5\,A_r(\mathrm{Mo}) + 3\,A_r(\mathrm{Si}) = 4 \times 238 + 5 \times 95{,}94 + 3 \times 28{,}09 = 1516$$

Da bismo doznali koliko treba odvagati pojedinih sastojaka za pripremu 100 g slitine (legure) moramo izračunati njihov maseni udio u spoju. Maseni udio pojedinog sastojka (elementa), iskazan u postotcima, brojčano je jednak masi tog sastojka potreban za pripremu 100 g slitine.

$$w(\mathrm{U}) = \frac{4\,A_r(\mathrm{U})}{M_r(\mathrm{U_4Mo_5Si_3})} = \frac{4 \times 238}{1516} = 0{,}628 = 62{,}8\ \% \qquad m(\mathrm{U}) = \mathbf{62{,}8\ g}$$

$$w(\mathrm{Mo}) = \frac{5\,A_r(\mathrm{Mo})}{M_r(\mathrm{U_4Mo_5Si_3})} = \frac{5 \times 95{,}94}{1516} = 0{,}316 = 31{,}6\ \% \qquad m(\mathrm{Mo}) = \mathbf{31{,}6\ g}$$

$$w(\mathrm{Si}) = \frac{3\,A_r(\mathrm{Si})}{M_r(\mathrm{U_4Mo_5Si_3})} = \frac{3 \times 28{,}09}{1516} = 0{,}056 = 5{,}6\ \% \qquad m(\mathrm{Si}) = \mathbf{5{,}6\ g}$$

$$100\ \mathrm{g}$$

5.80. Vidi STEHIOMETRIJA

$$x(\mathrm{Fe}) = \frac{3}{4} = \mathbf{0{,}75}$$

$$x(\mathrm{C}) = \frac{1}{4} = \mathbf{0{,}25}$$

$M_r(\mathrm{Fe_3C}) = 3 \times A_r(\mathrm{Fe}) + A_r(\mathrm{C}) = 3 \times 55{,}85 + 12 = 179{,}55$

$$w(\mathrm{Fe}) = \frac{3 \times A_r(\mathrm{Fe})}{M_r(\mathrm{Fe_3C})} = \frac{3 \times 55{,}85}{179{,}55} = \mathbf{0{,}933}$$

$$w(\mathrm{C}) = \frac{3 \times A_r(\mathrm{C})}{M_r(\mathrm{Fe_3C})} = \frac{12}{179{,}55} = \mathbf{0{,}067}$$

1,000