

1. Iz sljedećih podataka izračunajte entalpiju kristalne strukture (kristalne rešetke) kalcijeva klorida,  $\text{CaCl}_2(\text{s})$ :

$$\Delta_f H(\text{CaCl}_2, \text{s}) = -795,4 \text{ kJ/mol}; \Delta_f H(\text{Ca}, \text{g}) = 177,8 \text{ kJ/mol};$$

$$\Delta_f H(\text{Cl}, \text{g}) = 121,3 \text{ kJ/mol};$$

$$E_i(\text{Ca}) = 6,113 \text{ eV}; E_i(\text{Ca}^+) = 11,872 \text{ eV}; E_i(\text{Cl}^-) = 3,613 \text{ eV};$$

$$\{1 \text{ eV} = 1,6022 \times 10^{-19} \text{ J}\}$$

	$\Delta_f H^\circ$	$\Delta_f H / \text{kJ mol}^{-1}$		ostv	max
$\text{CaCl}_2(\text{s}) \rightarrow \text{Ca}(\text{s}) + \text{Cl}_2(\text{g})$	$-\Delta_f H^\circ(\text{CaCl}_2, \text{s})$	795,4	/1		
$\text{Ca}(\text{s}) \rightarrow \text{Ca}(\text{g})$	$\Delta_f H^\circ(\text{Ca}, \text{g})$	177,8	/1		
$\text{Ca}(\text{g}) \rightarrow \text{Ca}^+(\text{g}) + \text{e}^-$	$L E_i(\text{Ca})$	589,8	/1		
$\text{Ca}^+(\text{g}) \rightarrow \text{Ca}^{2+}(\text{g}) + \text{e}^-$	$L E_i(\text{Ca}^+)$	1145,5	/1		
$\text{Cl}_2(\text{g}) \rightarrow 2 \text{Cl}(\text{g})$	$2 \Delta_f H^\circ(\text{Cl}, \text{g})$	242,6	/1		
$2 \text{Cl}(\text{g}) + 2 \text{e}^- \rightarrow 2 \text{Cl}^-(\text{g})$	$-2 L E_i(\text{Cl}^-)$	-697,2	/1		
$\text{CaCl}_2(\text{s}) \rightarrow \text{Ca}^{2+}(\text{g}) + 2 \text{Cl}^-(\text{g})$	$\Delta_{\text{ks}} H^\circ(\text{CaCl}_2, \text{s})$	<u>2253,9</u>	/1		

Ispituje se poznavanje pojma entalpije kristalne strukture uključujući predznak. Pa još razlikovanje mikro- i makro-skopskih veličina.

7

2. Što je elektronegativnost nekog elementa X i s kojim je mjerljivim veličinama povezana?

To je mjera kojom se iskazuje koliko atom dotičnog elementa privlači elektrone, u nekom spoju.

Povezana je s energijom ionizacije i elektronskim afinitetom atoma X (prema Mullikenu).

Alternativno prema Paulingu je razlika elektronegativnosti atoma X i Y povezana s energijama disocijacije molekula XY u odnosu na  $X_2$  i  $Y_2$ .

(ukupno 2 boda).

(po bod za svaki podcrtani pojam, no ne mora doslovce takva formulacija)

/1

/ ili 1

/ ili 1

2

**3.** Sustav, koji s okolinom ne može izmjenjivati tvari nego samo energiju, zovemo zatvorenim sustavom.

a) Navedite primjer zatvorenog sustava?

Začepljena tikvica.

/1

b) Zašto se uslijed procesa u zatvorenom sustavu u okolini ipak može mijenjati entropija? Kada je  $\Delta S_{\text{oko}} > 0$ , a kada  $\Delta S_{\text{oko}} < 0$ .

Jer dolazi do izmjene energije s okolinom.

Za egzotermne procese  $\Delta S_{\text{oko}} > 0$ , a za endotermne  $\Delta S_{\text{oko}} < 0$ .

/1

/1

c) Ovisi li promjena entropije u okolini (zaokružite ispravno) o:

- temperaturi sustava,

- temperaturi okoline,

- temperaturi sustava i okoline?

/1

d) Kolika je ukupna promjena entropije kada se toplina od 240 kJ prenese iz tijela pri 400 K na tijelo pri 300 K.

$$\Delta S = \frac{q_1}{T_1} + \frac{q_2}{T_2} = \frac{-240\,000 \text{ J}}{400 \text{ K}} + \frac{240\,000 \text{ J}}{300 \text{ K}} = \underline{\underline{200 \text{ J/K}}}$$

/2

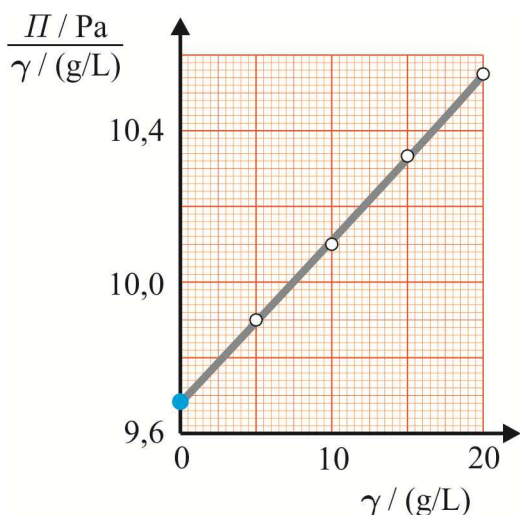
6

4. Koligativna svojstva mogu se objasniti jednostavnim iskustvenim jednadžbama, međutim pri višim koncentracijama otopina dolazi do većih odstupanja zbog međudjelovanja čestica. Svojstva se onda određuju pri što nižim koncentracijama, obično ekstrapolacijom\* kvocijenta osmotskog tlaka i masene koncentracije do koncentracije nula. Odredite molarnu masu poliizobutena na temelju izmjerenih podataka osmotskog tlaka u ovisnosti o masenoj koncentraciji polimera u benzenu pri 25 °C:

$\gamma / \text{g L}^{-1}$	5	10	15	20
$\Pi / \text{Pa}$	49,5	101	155	211

- a) Na temelju danih podataka procijenite vrijednost  $(\Pi/\gamma)_0$  pri masenoj koncentraciji 0, kada očekujemo idealno ponašanje.

--	--	--	--	--



$$\left( \frac{\Pi / \text{Pa}}{\gamma / (\text{g/L})} \right)_0 = \underline{\underline{9,68 \pm 0,02}}$$

- b) Izračunajte molarnu masu polimernih molekula.

$$\Pi = cRT = \frac{\gamma}{M} RT \Rightarrow M = \frac{RT}{(\Pi / \gamma)_0}$$

$$M = \frac{8,314 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1} \cdot 298 \text{ K}}{9,68 \cdot 0,001 \text{ J g}^{-1}} = \underline{\underline{256 \text{ kg mol}^{-1}}}$$

Posebni tablični redak je za unošenje vrijednosti  $\Pi/\gamma$ , a grafički se određuje vrijednost pri  $\gamma = 0$ . Račun uključuje  $\text{Pa} \cdot \text{L} = 0,001 \text{ J}$ .

/1

/3

/1,5

/1,5

7

\* Napomena: Ekstrapolacija je procjenjivanje vrijednosti neke veličine u području u kome nemamo podataka a na temelju niza mjernih vrijednosti u susjednom području.

5. Blizu početka kemijske reakcije  $A_2 + B_2 \rightarrow 2 AB$  izmjerene su koncentracije  $c_0(A_2) = 0,62 \text{ mol/L}$ ;  $c_0(B_2) = 0,40 \text{ mol/L}$  i  $c_0(AB) = 0,02 \text{ mol/L}$  u otopini stalna volumena od 400 mL. Na kraju, u ravnoteži, nađeno je da je reaktanta  $B_2$  ostalo još  $c_{eq}(B_2) = 0,16 \text{ mol/L}$ .

- a) Odredite ravnotežne koncentracije pojedinih sastojaka u reakcijskoj smjesi.

$$c_{eq}(R) = c_0(R) - |v_R| \cdot x$$

$$x = \{c_0(B_2) - c_{eq}(B_2)\} / |v_R| = (0,40 - 0,16) \text{ mol/L} = 0,24 \text{ mol/L}$$

$$\text{za } A_2: c_{eq}(A_2) = (0,62 - 0,24) \text{ mol/L} = 0,38 \text{ mol/L}$$

$$\text{za } AB: c_{eq}(AB) = (0,02 + 2 \cdot 0,24) \text{ mol/L} = 0,50 \text{ mol/L}$$

- b) Doda li se nakon postignute prve ravnoteže reaktanta  $B_2$  u reakcijsku smjesu da mu koncentracija poraste na  $0,36 \text{ mol/L}$ , odredite kolike će biti konačne koncentracije svih sudionika reakcije u drugoj ravnoteži pri stalnoj temperaturi.

$$K = \frac{\{c_1(AB)\}^2}{c_1(A_2) \cdot c_1(B_2)} = \frac{0,50^2}{0,38 \cdot 0,16} = 4,11$$

$$K = \frac{\{c_2(AB)\}^2}{c_2(A_2) \cdot c_2(B_2)} = \frac{(0,50 + 2x)^2}{(0,38 - x) \cdot (0,36 - x)} = 4,11$$

$$0,11 x^2 - 5,04 x + 0,31 = 0$$

$$x = \frac{5,04 - \sqrt{5,04^2 - 0,137}}{0,22} = 0,062$$

$$c_2(A_2) = (0,38 - 0,062) \text{ mol/L} = 0,318 \text{ mol/L}$$

$$c_2(B_2) = (0,36 - 0,062) \text{ mol/L} = 0,298 \text{ mol/L}$$

$$c_2(AB) = (0,50 + 2 \cdot 0,062) \text{ mol/L} = 0,624 \text{ mol/L}$$

Vrijednost  $x$  je doseg podijeljen volumenom. Iz nje se određuju koncentracije ostalih sudionika reakcije. Pod b) se prvo postavlja jednačba za ravnotežu da se odredi  $x$ .

/1

/1

/1

/1

/1

/1

/2

8

6. Ionski produkt vode, kao svaka konstanta ravnoteže, ovisi o temperaturi. Pri 0 °C iznosi  $1,153 \times 10^{-15}$ , a pri 100 °C  $4,990 \times 10^{-13}$  (mol/L)<sup>2</sup>.

a) Objasnite takvu ovisnost.

Kidanje veze O—H je endotermna reakcija i povišenjem temperature ravnoteža se pomiče prema produktima, tj.  $H^+$  i  $OH^-$ .

/1

b) Izračunajte pH čiste vode pri 0 i 100 °C.

Pri 0 °C: 
$$pH = -\frac{1}{2} \lg(K_w / (\text{mol/L})^2) = -\frac{1}{2} \lg(1,153 \times 10^{-15}) = \underline{7,47}$$

/1

pri 100 °C: 
$$pH = -\frac{1}{2} \lg(4,990 \times 10^{-13}) = \underline{6,15}$$

/1

c) Ako je pH vode pri 35 °C 6,85, a pri 40 °C 6,77, procijenite koliki je pH pri 37 °C (temperaturi čovječjeg tijela).

Linearna interpolacija daje: 
$$\frac{pH_{37} - pH_{35}}{37 - 35} = \frac{pH_{40} - pH_{35}}{40 - 35}$$

pa slijedi 
$$pH_{37} = pH_{35} + \frac{2}{5} \cdot (pH_{40} - pH_{35}) = \underline{6,82}$$

/1,5

d) Kolike bi bile koncentracije iona  $H^+$  i  $OH^-$  u vodenoj otopini kiseline pri 25 °C kada bi pH bio kao u čistoj vodi pri 37 °C (Ako nemate vrijednost iz prethodnog zadatka 6.c, pretpostavite pH = 6,80).

$pH = 6,82$   $[H^+] = 10^{-6,82} \text{ mol/L} = \underline{1,51 \times 10^{-7} \text{ mol/L}}$

/0,5

$pOH = 14 - pH = 7,18$   $[OH^-] = 10^{-7,18} \text{ mol/L} = \underline{6,61 \times 10^{-8} \text{ mol/L}}$

/1,0

e) Koliko kapi otopine HCl koncentracije 1 mmol/L treba dodati u jednu litru čiste vode pri 25 °C da se postigne takva vrijednost pH (rješenje iz 6.c, a ako ga nemate, uzmite pH = 6,8). Uzmite da sto kapi ima volumen od 4,3 mL.

Za postizanje veće konc.  $H^+$  treba očito  $\Delta n = (1,51 - 1,00) \times 10^{-7} \text{ mol} = 0,51 \times 10^{-7} \text{ mol}$ , a za neutraliziranje dijela  $OH^-$  treba  $(1,00 - 0,66) \times 10^{-7} \text{ mol} = 0,34 \times 10^{-7} \text{ mol}$ , dakle ukupno je potrebno  $0,85 \times 10^{-7}$  mola iona  $H^+$ . Množina iona  $H^+$  u jednoj kapi je:

/2

$n_{\text{kapi}}(H^+) = c \cdot V = 1 \times 10^{-3} \text{ mol/L} \cdot 4,3 \times 10^{-5} \text{ L} = 4,3 \times 10^{-8} \text{ mol}$

/1

pa su nam dovoljne dvije kapi.

/1

Svrha je da se upoznaju i uvjeti u vodi kada temperatura nije 25 °C.

10

1. stranica

+

2. stranica

+

3. stranica

+

4. stranica

+

5. stranica

=

**Ukupni bodovi**

	40
--	----

--	--