

SVET KEMIJE

Andrej Smrdu

# K E M I J A

---

## Snov in spremembe 2

**UČBENIK**

za kemijo v 2. letniku gimnazije

III. izdaja  
po učnem načrtu  
iz leta 2008

ZALOŽNIŠTVO  
**JUTRO**

SVET KEMIJE  
**Andrej Smrdu**  
**KEMIJA, Snov in spremembe 2**  
Učbenik za kemijo v 2. letniku gimnazije

III. IZDAJA

po učnem načrtu iz leta 2008

Recenzenti:

prof. dr. Alojz Demšar, mag. Mojca Orel, Alenka Mozer, Leon Čelik

Jezikovni pregled:

Milan Koželj

Likovno-tehnična urednica:

Karmen S. Žnidaršič

Stavek in oprema:

ONZ Jutro

Izdalo in založilo:

Založništvo Jutro, © Jutro d.o.o., Ljubljana

Za založbo:

Stane Kodrič

2012 2013 2014  
2 3 4 5 6 7 8 9 10

Strokovni svet Republike Slovenije za splošno izobraževanje je na 121. seji dne 23. 4. 2009 s sklepom št. 6130-1/2009/73 potrdil knjigo "KEMIJA, SNOV IN SPREMEMBE 2" kot učbenik za pouk kemije v 2. letniku gimnazijskega izobraževanja.

Strokovni svet Republike Slovenije za poklicno in strokovno izobraževanje je na 116. seji dne 3. 4. 2009 s sklepom št. 6130-3/2009/16 potrdil knjigo "KEMIJA, SNOV IN SPREMEMBE 2" kot učbenik za pouk modula Splošna in anorganska kemija v programu kemijski tehnik.

© Vse pravice pridržane.

**Fotokopiranje** in vse druge vrste reproduciranja po delih ali v celoti **ni dovoljeno** brez pisnega dovoljenja založbe.

CIP - Kataložni zapis o publikaciji  
Narodna in univerzitetna knjižnica, Ljubljana

54(075.3)

SMRDU, Andrej

Kemija. Snov in spremembe 2 : učbenik za kemijo v 2. letniku gimnazije / Andrej Smrdu. - 3. izd. po učnem načrtu iz leta 2008. - Ljubljana : Jutro, 2012. - (Svet kemije)

ISBN 978-961-6746-22-9  
244770048

**NAROČILA:**

JUTRO d.o.o., Črnuška c. 3, p.p. 4986, 1001 Ljubljana

Tel. (01) 561-72-30, 031 521-195, 041 698-788

Faks (01) 561-72-35

E-pošta: Jutro@siol.net • www.jutro.si

# PREDGOVOR

Učbenik »Kemija, Snov in spremembe 2«, III. izdaja, je namenjen dijakom drugega letnika gimnazije. Temelji na novem učnem načrtu (v veljavi za drugi letnik od šolskega leta 2009/10) in obsega snov od raztopin do lastnosti izbranih elementov in spojin v bioloških sistemih in sodobnih tehnologijah.

Učbenik je urejen v sedem poglavij, ki se naprej delijo na manjše enote.

V tretji izdaji je dodatno poglavje »Nomenklatura anorganske kemije«, v katerem je s številnimi primeri pojasnjeno imenovanje anorganskih spojin. V glavnem delu učbenika sem pri poimenovanju oksokislin in njihovih soli kot osnovo ohranil Stockov sistem imenovanja, ki pa sem mu pri razlagi imenovanja dodal sprejemljiva običajna imena v skladu z novo nomenklaturo anorganske kemije. Prav tako sem upošteval spremembe pri imenovanju koordinacijskih spojin, zato je enota »Koordinacijske spojine« temeljito prenovljena.

Pri pisanju učbenika sem si prizadeval pisati v preprostem in razumljivem jeziku, primernem za samostojno učenje. Zahtevnejši pojmi so posebej razloženi. Večina spojin je v besedilu navedena z imenom in s formulo. Posebna pozornost je namenjena povezovanju kemije z vsakdanjim življenjem. Precej je tudi nazornih prikazov reševanja računskih nalog, k boljšemu razumevanju pa pripomore tudi večje število primerov.

Vsebine, ki so v učnem načrtu opredeljene kot posebna znanja, so označene z modro črto ob besedilu.

Vsebine, ki presegajo splošna in posebna znanja učnega načrta, so označene z rdečo črto ob besedilu.

Pomembni pojmi in ugotovitve so krepko tiskani, bistvo obravnavane snovi pa je še posebej označeno in poudarjeno. Večina besedila je urejena v dveh stolpcih; v glavnem stolpcu je razloženo bistvo obravnavane snovi, v stranskem stolpcu pa se nahajajo zanimivosti, opombe in večina slikovnega gradiva. Veliko pozornosti je namenjeno vizualizaciji delcev; mnoge snovi so predstavljene s krogličnimi oz. kalotnimi modeli. Precej je tudi preglednic, fotografij, grafov, shem in drugega slikovnega gradiva.

Na koncu vsakega poglavja so vprašanja za preverjanje in utrjevanje znanja. Več nalog pa lahko dijaki najdejo v zbirki nalog »Kemijo razumem, kemijo znam 2«, ki podpira učbenik.

Ob koncu učbenika je tudi slovarček, ki vsebuje več kot 200 pojmov. Z njim si lahko dijaki hitro pomagajo pri razumevanju obravnavane snovi.

Verjamem, da bodo dijaki spoznali, da kemija ni težka. Upam, da bodo pozitivne izkušnje, pridobljene v prvem in drugem letniku gimnazije, vplivale na izbiro kemije kot izbirnega maturitetnega predmeta.

Andrej Smrdu

## Literatura:

- A dictionary of chemistry, 3. izd.; Oxford University Press, 1996.
- A dictionary of scientists; Oxford University Press, 1999.
- Brady, J. E.; Russel, J. W.; Holum, J. R.: Chemistry: Matter and Its Changes, 3. izd.; John Wiley & Sons, Inc., New York, 2000.
- Čeh, B.: Splošna in anorganska kemija, Zbirka pojmov, vprašanj in nalog z odgovori in rešitvami; Univerza v Ljubljani, Fakulteta za kemijo in kemijsko tehnologijo, Ljubljana, 2005.
- Ebbing, D. D.; Gammon, S. D.: General Chemistry, 8. izd.; Houghton Mifflin Company, New York, 2005.
- Grlić, L.: Mali kemijski leksikon; Naprijed, Zagreb, 1988.
- Jones, L.; Atkins, P. W.: Chemistry: Molecules, Matter, and Change, 4. izd.; W. H. Freeman and Company, New York, 1999.
- Lazarini, B.; Brenčič, J.: Splošna in anorganska kemija (visokošolski učbenik); DZS, Ljubljana, 1989.
- Moore, J. W.; Stanitski, C. L.; Jurs, P. C.: Chemistry, The Molecular Science; Harcourt College Publishers, 2002.
- Nomenklatura anorganske kemije, Priporočila IUPAC 2005, Slovensko kemijsko društvo, Ljubljana, 2008.
- Olmsted III, J.; Williams, G. M.: Chemistry, 3. izd; John Wiley & Sons, Inc., New York, 2001.
- Rayner-Canham G.; Overton T.: Descriptive Inorganic Chemistry, 3. izd.; W. H. Freeman and & Co., New York, 2002.
- Schröter, W.; Lautenschläger, K. H., Bibrack, H; Schnabel, H.: Kemija, splošni priročnik (slovenski prevod); Tehniška založba Slovenije, Ljubljana, 1993.
- The Merck index, 13. izd.; Merck & Co., Inc., Rahway, 2001.
- [www.talum.si](http://www.talum.si)
- [www.webelements.com](http://www.webelements.com)
- [www.wikipedia.com](http://www.wikipedia.com)

## Zahvala

Večina fotografij v učbeniku je delo avtorja in studija ONZ Jutro.

Uporabili smo tudi fotografije iz naslednjih virov: NASA, Carlsberg Archives, TKI Hrastnik (Boris Kreže), Rudnik živega srebra Idrija (Jani Peternelj), Talum Kidričevo (Drago Ferlinc), Wikipedia.

Slikovno in drugo gradivo so prispevali tudi naslednji posamezniki: Francois Arragain, Owen Linzmayer, Vlado Pirc, Jerzy Rutkowski, Karmen S. Žnidaršič.

Pri fotografiranju kemijskih poskusov v Šolskem centru Ljubljana je sodelovala Maja Auman.

VSEM SE ISKRENO ZAHVALJUJEMO.

# VSEBINA

<b>1. Raztopine . . . . .</b>	<b>7</b>	<b>4.5 Izračun pH. . . . .</b>	<b>71</b>
<b>1.1 Masni delež in topnost . . . . .</b>	<b>8</b>	Izračun pH in pOH. . . . .	71
Masni delež . . . . .	8	<b>4.6 Nevtralizacija . . . . .</b>	<b>73</b>
Topnost. . . . .	9	Nastanek soli . . . . .	73
<b>1.2 Množinska in masna koncentracija . . . . .</b>	<b>12</b>	Titracija. . . . .	74
Izračun množinske in masne koncentracije . . . . .	12	<b>4.7 Hidroliza soli. . . . .</b>	<b>77</b>
Topnost plinov v vodi . . . . .	15	Protolitske reakcije v vodnih raztopinah soli . . . . .	77
<b>1.3 Priprava raztopin. . . . .</b>	<b>16</b>	<b>4.8 Ionske reakcije v vodnih raztopinah . . . . .</b>	<b>79</b>
Mešanje, redčenje in koncentriranje raztopin. . . . .	16	Ionske reakcije so reakcije med ioni. . . . .	79
<b>1.4 Hidratacija. . . . .</b>	<b>18</b>	<b>5. POTEK KEMIJSKIH REAKCIJ</b>	
Raztapljanje kristalov v vodi. . . . .	18	<b>Reakcije oksidacije in redukcije. . . . .</b>	<b>85</b>
Mrežna in hidratacijska entalpija . . . . .	18	<b>5.1 Oksidacija in redukcija . . . . .</b>	<b>86</b>
<b>2. POTEK KEMIJSKIH REAKCIJ</b>		Redoks reakcije. . . . .	86
<b>Hitrost kemijskih reakcij. . . . .</b>	<b>23</b>	<b>5.2 Urejanje enačb redoks reakcij. . . . .</b>	<b>88</b>
<b>2.1 Ugotavljanje hitrosti kemijskih reakcij . . . . .</b>	<b>24</b>	Zaporedje pri urejanju enačb redoks reakcij . . . . .	88
Hitrost spreminjanja koncentracije snovi. . . . .	24	<b>5.3 Galvanski člen . . . . .</b>	<b>91</b>
Izračun povprečne hitrosti kemijske reakcije . . . . .	26	Zgradba galvanskega člena. . . . .	91
<b>2.2 Vplivi na hitrost kemijske reakcije . . . . .</b>	<b>27</b>	<b>5.4 Redoks vrsta . . . . .</b>	<b>95</b>
Kemijske reakcije		Standardni elektrodni potenciali . . . . .	95
lahko pospešimo ali upočasnimo . . . . .	27	Uporaba redoks vrste . . . . .	97
Teorija trkov. . . . .	30	<b>5.5 Elektroliza . . . . .</b>	<b>100</b>
<b>3. POTEK KEMIJSKIH REAKCIJ</b>		Z električno energijo izvajamo reakcije . . . . .	100
<b>Kemijsko ravnotežje . . . . .</b>	<b>33</b>	Količina izločene snovi pri elektrolizi . . . . .	104
<b>3.1 Ravnotežne reakcije. . . . .</b>	<b>34</b>	<b>6. Elementi v periodnem sistemu. . . . .</b>	<b>109</b>
Dinamično ravnotežje. . . . .	34	<b>6.1 Področja elementov v periodnem sistemu . . . . .</b>	<b>110</b>
Zapis konstante ravnotežja. . . . .	36	Sodobni periodni sistem . . . . .	110
Vrednost konstante ravnotežja. . . . .	37	<b>6.2 Prehodni elementi . . . . .</b>	<b>113</b>
Pretvarjanje konstant ravnotežja. . . . .	38	Industrijsko pomembne kovine. . . . .	113
<b>3.2 Izračun konstante ravnotežja . . . . .</b>	<b>39</b>	Železo . . . . .	114
Izračun iz ravnotežnih koncentracij . . . . .	39	Krom. . . . .	115
<b>3.3 Vplivi na kemijsko ravnotežje . . . . .</b>	<b>42</b>	Koordinacijske spojine. . . . .	116
Le Chatelierovo načelo. . . . .	42	<b>7. Lastnosti izbranih elementov</b>	
<b>4. POTEK KEMIJSKIH REAKCIJ</b>		<b>in spojin v bioloških sistemih</b>	
<b>Ravnotežja v vodnih raztopinah . . . . .</b>	<b>47</b>	<b>in sodobnih tehnologijah. . . . .</b>	<b>121</b>
<b>4.1 Imenovanje kislin, baz in soli . . . . .</b>	<b>48</b>	<b>7.1 Nekatere pomembne kovine . . . . .</b>	<b>122</b>
Imenovanje kislin . . . . .	48	Kovine pridobivamo iz rud . . . . .	122
Imenovanje baz . . . . .	50	<b>7.2 Nekatere pomembne anorganske spojine . . . . .</b>	<b>124</b>
Imenovanje soli . . . . .	51	Žveplova(VI) kislina $H_2SO_4$ . . . . .	124
<b>4.2 Protolitske reakcije . . . . .</b>	<b>55</b>	Amonijak $NH_3$ . . . . .	125
Kislina. . . . .	55	Dušikova(V) kislina $HNO_3$ . . . . .	126
Baze . . . . .	57	Fosforjeva(V) kislina $H_3PO_4$ . . . . .	127
Konjugirani kislinsko-bazni pari . . . . .	59	Umetna gnojila. . . . .	128
Konstanta kisline, konstanta baze. . . . .	61	Klorove kisline in klorati. . . . .	129
<b>4.3 Avtoprotoliza vode . . . . .</b>	<b>63</b>	<b>7.3 Silicij in njegove spojine . . . . .</b>	<b>130</b>
Ionski produkt vode . . . . .	63	Silicij je polkovina. . . . .	130
Koncentracije oksonijevih in hidroksidnih ionov	64	<b>8. Nomenklatura anorganske kemije . . . . .</b>	<b>134</b>
<b>4.4 Ugotavljanje pH . . . . .</b>	<b>68</b>	<b>9. Kemijski slovar . . . . .</b>	<b>142</b>
Lestvica pH . . . . .	68	<b>Rešitve računskih nalog . . . . .</b>	<b>152</b>
Indikatorji. . . . .	70		

### Pomembnejše enačbe

MNOŽINA SNOVI:

$$n = \frac{m}{M} = \frac{N}{N_A} = \frac{P \cdot V}{R \cdot T} = c \cdot V = \frac{w \cdot \rho \cdot V}{M} = \frac{\gamma \cdot V}{M}$$

MASNI

DELEŽ TOPLJENCA:

$$w(\text{topljenec}) = \frac{m(\text{topljenec})}{m(\text{raztopina})}$$

TOPNOST:

$$\text{topnost} = \frac{100 \cdot w}{1 - w}$$

MNOŽINSKA  
KONCENTRACIJA:

$$c(\text{topljenec}) = \frac{n(\text{topljenec})}{V(\text{raztopina})}$$

MASNA

KONCENTRACIJA:

$$\gamma(\text{topljenec}) = \frac{m(\text{topljenec})}{V(\text{raztopina})}$$

RAZTOPINE:

$$c(\text{topljenec}) = \frac{w(\text{topljenec}) \cdot \rho(\text{raztopina})}{M(\text{topljenec})} = \frac{\gamma(\text{topljenec})}{M(\text{topljenec})}$$

HITROST REAKCIJE:  $v(R) = -\frac{\Delta[R]}{\Delta t}$  oz.  $v(P) = \frac{\Delta[P]}{\Delta t}$

KONSTANTA RAVNOTEŽJA:  $K_c = \frac{[\text{PRODUKTI}]}{[\text{REAKTANTI}]}$

IONSKI PRODUKT VODE:  $K_w = [\text{H}_3\text{O}^+] \cdot [\text{OH}^-] = 10^{-14}$

pH, pOH:  $\text{pH} = -\log[\text{H}_3\text{O}^+]$   $\text{pOH} = -\log[\text{OH}^-]$   
 $\text{pH} + \text{pOH} = 14$

KONCENTRACIJA  $\text{H}_3\text{O}^+$ ,  $\text{OH}^-$  IONOV:

$$[\text{H}_3\text{O}^+] = 10^{-\text{pH}} \quad [\text{OH}^-] = 10^{-\text{pOH}}$$

ELEKTRENINA:  $Q = I \cdot t = n \cdot z \cdot F$

### Predpone za desetiške mnogokratnike

Simbol	Ime	Vrednost
Y	jota	$10^{24}$
Z	zeta	$10^{21}$
E	eksa	$10^{18}$
P	peta	$10^{15}$
T	tera	$10^{12}$
G	giga	$10^9$
M	mega	$10^6$
k	kilo	$10^3$
h	hekto	$10^2$
da	deka	$10^1$
d	deci	$10^{-1}$
c	centi	$10^{-2}$
m	mili	$10^{-3}$
μ	mikro	$10^{-6}$
n	nano	$10^{-9}$
p	piko	$10^{-12}$
f	femto	$10^{-15}$
a	ato	$10^{-18}$
z	zepto	$10^{-21}$
y	jokto	$10^{-24}$

### Osnovne veličine in enote

VELIČINA	SIMBOL	ENOTA	KRATICA
Masa	<i>m</i>	kilogram	kg
Dolžina	<i>l</i>	meter	m
Čas	<i>t</i>	sekunda	s
Temperatura	<i>T</i>	kelvin	K
Množina snovi	<i>n</i>	mol	mol
Električni tok	<i>I</i>	amper	A
Svetilnost	<i>I<sub>v</sub></i>	kandela	cd

### Konstante

Avogadrova konstanta:

$$N_A = 6,02 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$$

Splošna plinska konstanta:

$$R = 8,31 \text{ kPa L mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$$

Faradayeva konstanta:

$$F = 96500 \text{ A s mol}^{-1}$$

### Pretvarjanje enot za temperaturo

Kelvinova temperaturna lestvica:  $T [\text{K}] = T [^\circ\text{C}] + 273,15$

Fahrenheitova temperaturna lestvica:  $T [^\circ\text{F}] = \frac{9}{5} \cdot T [^\circ\text{C}] + 32$

# 1.

# Raztopine

## VSEBINA 1. POGLAVJA

- 1.1 - MASNI DELEŽ IN TOPNOST
- 1.2 - MNOŽINSKA IN MASNA KONCENTRACIJA
- 1.3 - PRIPRAVA RAZTOPIN
- 1.4 - HIDRATACIJA
- ZAPOMNIM SI
- VPRAŠANJA ZA UTRJEVANJE ZNANJA

## 1.1 Masni delež in topnost

### Kako izražamo sestavo raztopin?

#### Masni delež

**Raztopina** je homogena zmes **topljenca** in **topila**. Topljenec je snov, ki se raztaplja. Topilo je snov, v kateri raztapljamo topljenec. Običajno za raztapljanje uporabljamo vodo, ki je dobro topilo za mnoge snovi. Včasih uporabljamo organska (organske spojine vsebujejo ogljik) topila, npr. etanol  $C_2H_5OH$ , aceton  $CH_3COCH_3$ , heksan  $C_6H_{14}$  idr. Omejili se bomo le na raztopine, v katerih je topilo tekoče.

Oglejmo si primer. Če kuhinjsko sol raztopimo v vodi, dobimo slano vodo. V tem primeru je **kuhinjska sol topljenec**, **voda je topilo**, **slana voda pa je raztopina**.

Sestavo raztopine izražamo na različne načine. Pogosto uporabljamo **masni delež topljenca** v raztopini. Označujemo ga s črko  $w$ , izračunamo pa z enačbo:

$$w(\text{topljenec}) = \frac{m(\text{topljenec})}{m(\text{raztopina})}$$

↑  
masni delež topljenca v raztopini

← masa topljenca  
← masa raztopine

Za izračun masnega deleža topljenca v raztopini potrebujemo **maso topljenca** in **maso raztopine**. Maso raztopine izračunamo s **seštevanjem mase topljenca in mase topila**.

$$m(\text{raztopina}) = m(\text{topljenec}) + m(\text{topilo})$$

Oglejmo si primer.

**Naloga:** V 150 g vode smo raztopili 50 g sladkorja. Kolikšen je masni delež sladkorja v raztopini?

$$m(\text{topljenec}) = 50 \text{ g} \quad \leftarrow \text{Sladkor je topljenec.}$$

$$m(\text{topilo}) = 150 \text{ g} \quad \leftarrow \text{Voda je topilo.}$$

$$w(\text{topljenec}) = ? \quad \leftarrow \text{Izračunali bomo masni delež topljenca (sladkorja) v raztopini.}$$

**Račun:**

$$w(\text{topljenec}) = \frac{m(\text{topljenec})}{m(\text{raztopina})} = \frac{m(\text{topljenec})}{m(\text{topljenec}) + m(\text{topilo})} = \frac{50 \text{ g}}{50 \text{ g} + 150 \text{ g}} = \frac{50 \text{ g}}{200 \text{ g}} = \underline{\underline{0,25}}$$

Uporabimo enačbo za izračun masnega deleža topljenca iz poznanih mas topljenca in topila. Vstavimo podatke in izračunamo. Masni delež nima enote.

**Odgovor:** Masni delež sladkorja v raztopini je 0,25.

Masni delež pretvorimo v masni odstotek tako, da rezultat pomnožimo s 100 %.

$$\text{Masni odstotek: } 0,25 \cdot 100 \% = 25 \%$$

Homogena zmes je zmes, ki je na zunaj videti enotna in ima enakomerno sestavo.



Kis je vodna raztopina etanojske (ocetne) kisline  $CH_3COOH$ . V običajnem jedilnem kislu je od 4 do 5 % etanojske kisline. Poznamo pa tudi t. i. alkoholni kis, ki vsebuje 9 % etanojske kisline.

**Raztopina je homogena zmes topljenca in topila. Topljenec je snov, ki se raztaplja. Topilo je snov, v kateri raztapljamo topljenec. Sestavo raztopine izražamo na različne načine. Masni delež topljenca ( $w$ ) v raztopini izračunamo tako, da maso topljenca delimo z maso raztopine.**



## Zapomnim si

- Rastopina je homogena zmes topljenca in topila. Topljenec je snov, ki se raztaplja. Topilo je snov, v kateri raztapljamo topljenec. Sestavo rastopine izražamo na različne načine. Masni delež topljenca ( $w$ ) v rastopini izračunamo tako, da maso topljenca delimo z maso rastopine.
- Topnost je največja količina topljenca, ki ga lahko rastopimo v neki količini določenega topila pri določeni temperaturi. Običajno jo navajamo kot maso rastopljenega topljenca v 100 g topila pri določeni temperaturi. Odvisna je od vrste topljenca, vrste topila in od temperature. Nasičena rastopina je rastopina, ki vsebuje največjo možno količino rastopljenega topljenca pri določeni temperaturi. Topnost je odvisna od temperature. Večina trdnih topljencev ima večjo topnost pri višji temperaturi.
- Množinska ali molarna koncentracija predstavlja množino topljenca v litru rastopine. Masna koncentracija predstavlja maso topljenca v litru rastopine. Množinska koncentracija ima enoto "mol/L", masna koncentracija pa "g/L".
- Plini se bolje raztapljajo pri nižji temperaturi topila in pri višjem tlaku plina nad gladino topila (vode).
- Rastopine lahko pripravimo tudi z mešanjem, redčenjem ali koncentriranjem (izparevanjem topila) obstoječih rastopin. Pri redčenju se koncentracija topljenca v rastopini zmanjša, pri koncentriranju pa poveča.
- Pri raztapljanju pride do prekinitve vezi med delci topljenca v trdni snovi, nastanejo nove vezi med delci topljenca in delci topila. Hidracija je proces, pri katerem molekule vode obdajo delce topljenca v vodnih rastopinah.
- Raztapljanje trdnih topljencev v vodi je lahko eksotermen ali endotermen proces. Energijske spremembe pri raztapljanju izražamo z entalpijo raztapljanja, ki jo lahko izračunamo iz mrežnih in hidracijskih entalpij.

## Vprašanja za utrjevanje znanja

### 1.1 Masni delež in topnost

- Pojasnite pojme »raztopina«, »topljenec« in »topilo«.
- Kako izračunamo masni delež topljenca v raztopini?
- Kolikšen je masni delež natrijevega klorida v raztopini, ki smo jo pripravili tako, da smo 10,0 g natrijevega klorida raztopili v 150 g vode?
- Koliko gramov topljenca se nahaja v 200 g raztopine, ki vsebuje 10,0 % topljenca?
- Pojasnite pojem »topnost«. Od česa je odvisna topnost? S katero enoto jo običajno izražamo?
- Kaj je nasičena raztopina?
- Kako se topnost večine trdnih topljencev spreminja s temperaturo?
- Kako se topnost plinov spreminja s temperaturo?
- Kaj predstavlja krivulja topnosti?
- Iz krivulje topnosti citronske kisline na strani 9 odberite topnost te spojine pri 60 °C. Kolikšen je masni delež citronske kisline v nasičeni raztopini pri 60 °C? Koliko gramov citronske kisline in koliko gramov vode potrebujemo za pripravo 300 g nasičene raztopine pri 60 °C?
- Kako lahko povečamo hitrost raztapljanja?
- Napišite enačbo, s katero preračunamo masni delež v topnost.
- Pri 20 °C je masni delež amonijevega bromida  $\text{NH}_4\text{Br}$  v nasičeni raztopini 0,430. Izračunajte topnost amonijevega bromida.
- S pomočjo podatkov v stranskem stolpcu na strani 10 izračunajte masni delež kalijevega nitrata(V)  $\text{KNO}_3$  v nasičeni raztopini pri temperaturi 20 °C.
- Iz diagrama topnosti šestih topljencev v vodi na strani 9 opišite spreminjanje topnosti natrijevega klorida s temperaturo.

### 1.2 Množinska in masna koncentracija

- Kaj predstavlja množinska koncentracija in kaj masna koncentracija topljenca?
- Izračunajte množinsko koncentracijo natrijevega klorida v 250 mL raztopine, v kateri je raztopljeno 10,0 g NaCl.

- Koliko gramov amonijevega klorida  $\text{NH}_4\text{Cl}$  je raztopljeno v 200 mL 0,0500 M raztopine?
- Izračunajte masno koncentracijo kalijevega klorida v 100 mL raztopine, v kateri je raztopljeno 5,0 g KCl.
- Masni delež natrijevega hidroksida v raztopini je 0,10. Gostota raztopine je 1,11 g/mL. Izračunajte množinsko koncentracijo natrijevega hidroksida v raztopini.
- Pri 25 °C je množinska koncentracija sečnine  $(\text{NH}_2)_2\text{CO}$  v nasičeni vodni raztopini 10,3 mol/L. Gostota raztopine je 1,15 g/mL. Izračunajte masni delež in topnost sečnine pri 25 °C.
- Kako je topnost plina v vodi odvisna od njegovega tlaka nad gladino topila?
- Iz diagrama odvisnosti topnosti plinov v vodi od njihovega tlaka na str. 15 odberite topnost pri tlaku 120 kPa in jo preračunajte v »mg  $\text{O}_2$ /L«.
- Iz diagrama odvisnosti topnosti plinov v vodi od njihovega tlaka na str. 15 odberite tlak kisika, pri katerem bo njegova topnost v vodi 0,001 mol/L.
- S pomočjo diagrama odvisnosti topnosti plinov v vodi od njihovega tlaka na str. 15 razvrstite pline  $\text{N}_2$ ,  $\text{O}_2$ ,  $\text{CO}_2$  in He po topnosti od najmanj do najbolj topnega v vodi (pri enakem tlaku).

### 1.3 Priprava raztopin

- Zmešamo 150 g 10,0 % raztopine in 200 g 15,0 % raztopine kalijevega klorida. Kolikšen je masni delež kalijevega klorida v nastali raztopini?
- Iz 300 g 15,0 % raztopine natrijevega klorida smo odparili 50 g vode. Kolikšen je masni delež natrijevega klorida v nastali raztopini?
- K 200 g 20,0 % raztopine natrijevega klorida smo dodali 5,00 g čistega NaCl. Kolikšen je masni delež natrijevega klorida v nastali raztopini?

### 1.4 Hidratacija

- Pojasnite procese, ki potekajo pri raztapljanju ionskega kristala.
- Pojasnite pojma »hidratacija« in »hidrirani ioni«.
- V epruveto damo nek trden topljenec. Raztapljanje tega topljenca v vodi je zelo eksotermno. Kaj bomo opazili pri dodatku vode k topljencu?

# 2.

## Potek kemijskih reakcij

## Hitrost kemijskih reakcij

### VSEBINA 2. POGLAVJA

- 2.1 - UGOTAVLJANJE HITROSTI KEMIJSKIH REAKCIJ
- 2.2 - VPLIVI NA HITROST KEMIJSKE REAKCIJE
- ZAPOMNIM SI
- VPRAŠANJA ZA UTRJEVANJE ZNANJA

## 2.1 Ugotavljanje hitrosti kemijskih reakcij

### Kako ugotovimo hitrost kemijske reakcije?

#### Hitrost spreminjanja koncentracije snovi

Kemijske reakcije potekajo različno hitro. Nekatere reakcije so počasne, druge pa hitre. Rjavenje železa je pri sobnih pogojih počasna, gorenje bencina v avtomobilskem motorju pa hitra kemijska reakcija.

**Kemijska kinetika** se ukvarja s proučevanjem hitrosti kemijske reakcije in vplivov na hitrost. Proučuje tudi način (mehanizem), po katerem se reaktanti pretvorijo v produkte.

Pri kemijski reakciji se s časom zmanjšujejo koncentracije reaktantov (reaktanti se porabljajo) in povečujejo koncentracije produktov (produkti nastajajo). **Hitrost kemijske reakcije običajno izražamo s spremembo množinske koncentracije snovi (reaktantov oz. produktov) v časovni enoti.** Hitrost spreminjanja koncentracije snovi izračunamo tako, da spremembo koncentracije delimo s časovnim intervalom.

Za preprosto reakcijo pretvorbe reaktanta R v produkt P v skladu s kemijsko enačbo  $R \rightarrow P$  lahko napišemo naslednji enačbi hitrosti:

Enačbi hitrosti za pretvorbo  $R \rightarrow P$ :

$$v(R) = - \frac{\Delta c(R)}{\Delta t} = - \frac{c_K(R) - c_Z(R)}{\Delta t}$$

$$v(P) = \frac{\Delta c(P)}{\Delta t} = \frac{c_K(P) - c_Z(P)}{\Delta t}$$

**Veličine [najpogostejše enote]:**

$v(R)$  – hitrost spremembe koncentracije reaktanta R [ $\text{mol L}^{-1} \text{s}^{-1}$ ]

$v(P)$  – hitrost spremembe koncentracije produkta P [ $\text{mol L}^{-1} \text{s}^{-1}$ ]

$\Delta c$  – sprememba množinske koncentracije [ $\text{mol L}^{-1}$ ]

$c_K$  – množinska koncentracija snovi na koncu časovnega intervala (končna množinska koncentracija) [ $\text{mol L}^{-1}$ ]

$c_Z$  – množinska koncentracija snovi na začetku časovnega intervala (začetna množinska koncentracija) [ $\text{mol L}^{-1}$ ]

$\Delta t$  – časovni interval [s]

Spremembo množinske koncentracije izračunamo tako, da od končne množinske koncentracije odštejemo začetno množinsko koncentracijo.

Simbol za množinsko koncentracijo »c« lahko nadomestimo z oglatim oklepajem, znotraj katerega napišemo formulo snovi. Tovrsten zapis je enostavnejši. V našem primeru lahko enačbi hitrosti napišemo na naslednji način:

$$v(R) = - \frac{\Delta[R]}{\Delta t} \quad \text{oz.} \quad v(P) = \frac{\Delta[P]}{\Delta t}$$

**Hitrost kemijske reakcije lahko primerjamo s hitrostjo gibanja.** Na avtocesti je omejitev hitrosti 130 km/h. To pomeni, da bomo ob upoštevanju omejitve hitrosti v eni uri prevozili kvečjemu 130 km.

**Hitrost reakcije 0,5 mol/(L h) pomeni, da se v eni uri spremeni koncentracija snovi za 0,5 mol/L.**



30 % raztopino vodikovega peroksida  $\text{H}_2\text{O}_2$  smo kanili na košček jeter. Potekla je burna reakcija razpada vodikovega peroksida na vodo in kisik. Razpad vodikovega peroksida pri sobni temperaturi je dokaj počasen proces. Reakcija pa poteče zelo hitro v prisotnosti encimov v jetrih.

**Grška črka  $\Delta$  (delta) označuje spremembo vrednosti merjene veličine.** Običajno jo izračunamo tako, da od končne vrednosti odštejemo začetno vrednost.

## Zapomnim si

Hitrost kemijske reakcije izražamo s spremembo množinske koncentracije snovi v časovni enoti. Enačba hitrosti glede na reaktant ima negativni predznak, ker se koncentracija reaktanta med potekom reakcije zmanjšuje.

Izračunana hitrost ima vedno pozitivno vrednost. Hitrost reakcije se med potekom reakcije spreminja.

Na hitrost kemijske reakcije poleg lastnosti reaktantov (njihove reaktivnosti) vplivajo tudi koncentracija reaktantov (pri večji koncentraciji je večje število uspešnih trkov med delci reaktantov), temperatura (pri višji temperaturi imajo delci reaktantov v povprečju večjo energijo, zato je tudi večje število uspešnih trkov med njimi), prisotnost katalizatorja (katalizator spremeni reakcijski mehanizem, zmanjša aktivacijsko energijo) in način, kako reaktanti prihajajo v medsebojni stik (velikost in površina trdnega reaktanta, mešanje, agregatna stanja). Večja površina trdnega reaktanta omogoča večje število mest, na katerih poteka reakcija.

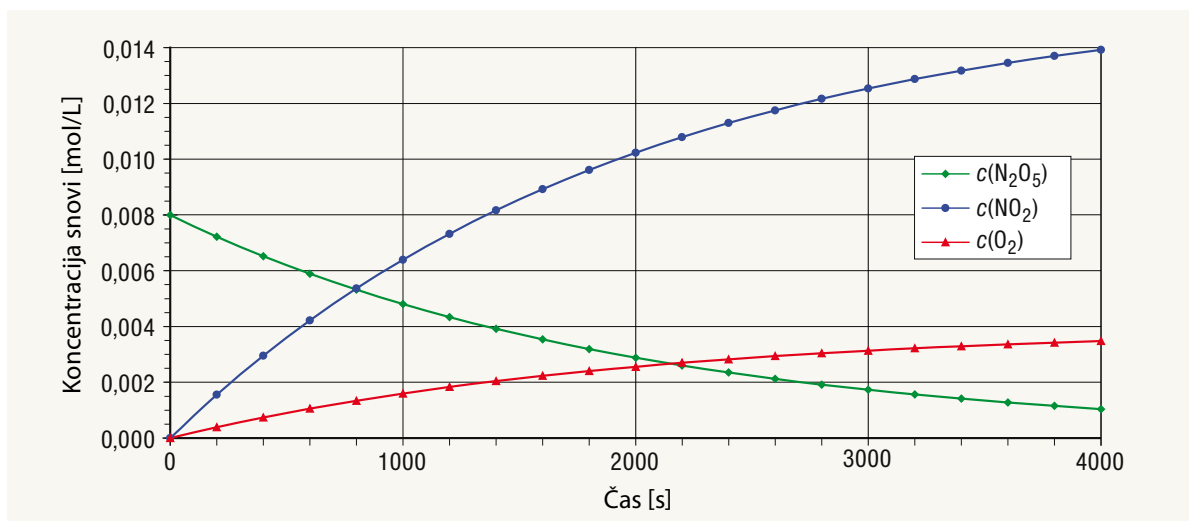
Za uspešen trk morajo imeti delci reaktantov ustrezno orientacijo in zadostno energijo (najmanj aktivacijsko energijo). Čim višja je temperatura snovi, tem večja je povprečna hitrost gibanja delcev in s tem tudi povprečna kinetična energija delcev.

## Vprašanja za utrjevanje znanja

### 2.1 Ugotavljanje hitrosti kemijskih reakcij

- S čim se ukvarja kemijska kinetika?
- Kako se s časom spreminjajo koncentracije reaktantov in kako koncentracije produktov?
- Na kakšen način običajno izražamo hitrost kemijske reakcije?
- Kako izračunamo hitrost spreminjanja koncentracije snovi?
- Katero veličino predstavlja oglati oklepaj, znotraj katerega napišemo formulo snovi?
- Zakaj je v enačbi za hitrost spreminjanja koncentracije reaktanta negativni predznak?
- Vodik in jod se spajata v vodikov jodid. Vse snovi so pri določenih pogojih v plinastem agregatnem stanju. Napišite enačbo reakcije z navedenimi agregatnimi stanji in enačbe hitrosti za vse tri snovi.
- Dušikov(II) oksid reagira z ozonom, pri tem nastaneta kisik in dušikov(IV) oksid. Vse snovi so pri določenih pogojih v plinastem agregatnem stanju. Napišite enačbo reakcije z navedenimi agregatnimi stanji in enačbe hitrosti za vse snovi.
- S pomočjo podatkov v preglednici na str. 26 izračunajte povprečno hitrost reakcije glede na vodikov peroksid:
  - v intervalu med 200. in 400. minuto;
  - v intervalu med 300. in 400. minuto;
  - v prvih 300 minutah.
- S pomočjo diagrama na str. 25 izračunajte povprečno hitrost reakcije glede na vodikov peroksid:
  - v prvih 500 minutah;
  - v intervalu med 500. in 1000. minuto;
  - v intervalu med 1000. in 2000. minuto.
- Primerjajte rezultate, dobljene pri prejšnji nalogi. Kakšno ugotovitev lahko povzamete?
- Kako se običajno s časom spreminja hitrost reakcije?
- Dušikov(V) oksid  $N_2O_5$  razpada na dušikov(IV) oksid  $NO_2$  in kisik. Pri določenih pogojih je hitrost reakcije glede na dušikov(V) oksid  $5,2 \cdot 10^{-6} \text{ mol L}^{-1} \text{ s}^{-1}$ . Na začetku je koncentracija  $N_2O_5$   $0,0120 \text{ mol L}^{-1}$ . Kolikšna je koncentracija  $N_2O_5$  po 10 minutah?

14. Oglejte si diagram spreminjanja koncentracij snovi s časom pri reakciji razpada didušikovega pentaoksida na dušikov dioksid in kisik ter odgovorite na vprašanja.



- Napišite urejeno enačbo reakcije razpada  $\text{N}_2\text{O}_5$ .
- Pojasnite spreminjanje koncentracij vseh treh snovi s časom. Zakaj se koncentracija  $\text{N}_2\text{O}_5$  zmanjšuje, koncentraciji  $\text{NO}_2$  in  $\text{O}_2$  pa povečujeta?
- Ali so hitrosti reakcije (upoštevajoč enak časovni interval) glede na  $\text{N}_2\text{O}_5$  oz. glede na  $\text{NO}_2$  oz. glede na  $\text{O}_2$  enake? Pojasnite.
- Iz diagrama je razvidno, da se koncentracija  $\text{NO}_2$  povečuje hitreje kot koncentracija  $\text{O}_2$ . Kolikokrat hitreje? Pojasnite.
- Predpostavimo, da sčasoma ves  $\text{N}_2\text{O}_5$  razpade na  $\text{NO}_2$  in  $\text{O}_2$ . Kolikšna bo koncentracija  $\text{NO}_2$  in  $\text{O}_2$  po koncu reakcije? (Namig: upoštevajte množinska razmerja med snovmi in začetno koncentracijo  $\text{N}_2\text{O}_5$ .)

## 2.2. Vplivi na hitrost kemijske reakcije

- Kaj vpliva na hitrost kemijske reakcije?
- Pojasnite vpliv koncentracije reaktantov na hitrost kemijske reakcije.
- Pojasnite vpliv temperature na hitrost kemijske reakcije.
- Zakaj kemijske reakcije potekajo hitreje pri višji temperaturi?
- Pojasnite vpliv površine trdne snovi na hitrost kemijske reakcije.
- Kaj je katalizator?
- Pojasnite razliko med »homogeno katalizo« in »heterogeno katalizo«.
- Pojasnite pretvorbe v avtomobilskem katalizatorju.
- Pojasnite pojem »aktivacijska energija«.
- Prikažite energijski graf hipotetične reakcije z naslednjimi vrednostmi:
  - $\Delta H_r^\circ = 20 \text{ kJ mol}^{-1}$   
 $E_a$  (kat. reak.) =  $40 \text{ kJ mol}^{-1}$   
 $E_a$  (nekat. reak.) =  $80 \text{ kJ mol}^{-1}$
  - $\Delta H_r^\circ = -20 \text{ kJ mol}^{-1}$   
 $E_a$  (kat. reak.) =  $40 \text{ kJ mol}^{-1}$   
 $E_a$  (nekat. reak.) =  $60 \text{ kJ mol}^{-1}$
- Zakaj katalizirana reakcija poteka hitreje kot nekatalizirana reakcija?
- Kaj je pogoj za uspešen trk med delci reaktantov?
- Pojasnite izraz »neustrezna orientacija delcev«.
- Kaj je aktivacijski kompleks?
- Skicirajte in pojasnite diagram porazdelitve delcev glede na njihovo kinetično energijo. V diagramu si na poljubnem mestu označite vrednost aktivacijske energije in opredelite, v katerem področju diagrama imajo delci reaktantov zadostno energijo za pretvorbo v produkte.
- Kako povišana temperatura vpliva na porazdelitev delcev glede na njihovo kinetično energijo?
- S stališča teorije trkov pojasnite, zakaj povišanje temperature pospeši kemijsko reakcijo.

# 3.

# Potek kemijskih reakcij

# Kemijsko ravnotežje

## VSEBINA 3. POGLAVJA

- 3.1 - RAVNOTEŽNE REAKCIJE
- 3.2 - IZRAČUN KONSTANTE RAVNOTEŽJA
- 3.3 - VPLIVI NA KEMIJSKO RAVNOTEŽJE
- ZAPOMNIM SI
- VPRAŠANJA ZA UTRJEVANJE ZNANJA

## 3.1 Ravnotežne reakcije

### Kaj je značilno za ravnotežne reakcije?

#### Dinamično ravnotežje

Pri kemijskih reakcijah se reaktanti pretvarjajo v produkte. Kemijska reakcija se ustavi, ko se reaktanti popolnoma pretvorijo v produkte.

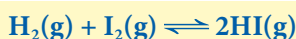
Pri mnogih reakcijah poteka tudi nasproten proces: produkti se pretvarjajo nazaj v reaktante. V teh primerih govorimo o **obojesmernih ali reverzibilnih reakcijah**.

Pogosto opazimo, da se le del reaktantov pretvori v produkte, del reaktantov pa ne zreagira. Ne glede na to, koliko časa izvajamo reakcijo, imamo pri določenih pogojih v reakcijski zmesi vedno enake koncentracije posameznih snovi. Med reaktanti in produkti se vzpostavi **ravnotežje**, tovrstne reakcije imenujemo **ravnotežne reakcije**. V enačbah ravnotežnih reakcij namesto enosmerne puščice → uporabljamo **dvosmerno puščico**  $\rightleftharpoons$ .

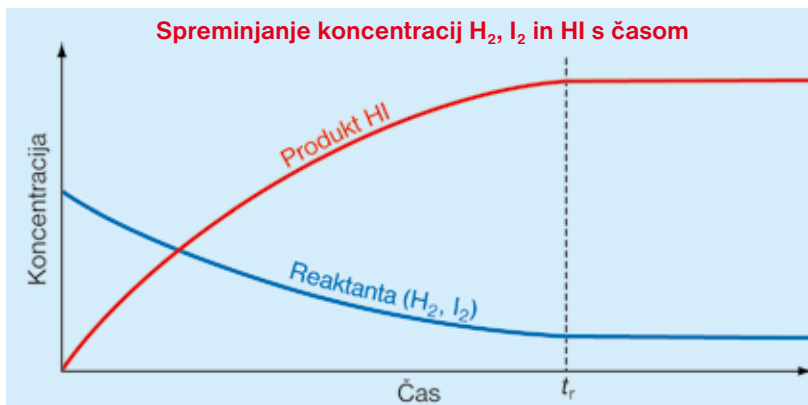
V tem poglavju se bomo omejili le na **homogena ravnotežja** med snovmi v plinastem agregatnem stanju.

Poznamo mnoge ravnotežne reakcije. Oglejmo si nekaj primerov.

Pri reakciji med vodikom  $H_2$  in jodom  $I_2$  nastane vodikov jodid HI. Enačba ravnotežne reakcije:

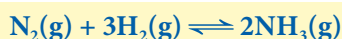


Če pri  $460\text{ }^\circ\text{C}$  zmešamo 1,00 mol vodika in 1,00 mol joda, bomo po določenem času v reakcijski zmesi dobili 0,22 mol vodika, 0,22 mol joda in 1,56 mol vodikovega jodida. Pri tem razmerju se množine snovi (in s tem tudi koncentracije) ne spreminjajo več. Oglejmo si diagram spreminjanja koncentracij snovi s časom.



Na začetku imamo v posodi le reaktanta (vodik  $H_2$  in jod  $I_2$ ). Tekom reakcije se koncentraciji obeh reaktantov (modra črta) manjšata, koncentracija produkta (vodikov jodid HI, rdeča črta) pa narašča. Po določenem času (oznaka  $t_r$ ) se med reaktantoma in produktom vzpostavi ravnotežje. Koncentracije snovi se ne spreminjajo več (krivulji se izravnata).

Med pomembnejšimi ravnotežnimi reakcijami je nastanek amonijaka iz dušika in vodika. Reakcija omogoča vezavo dušika iz zraka in je prva stopnja v proizvodnji mnogih dušikovih spojin (uporabnih za izdelavo gnojil, razstreliv idr.). Enačba ravnotežne reakcije:



Nemški kemik Fritz Haber (1868–1934, Nobelova nagrada za kemijo 1918) je odkril način proizvodnje amonijaka iz dušika in vodika. V industrijsko merilo je ta proces vpeljal nemški kemik Carl Bosch (1874–1940, Nobelova nagrada za kemijo 1931). Postopek imenujemo po obeh Haber-Boschev postopek.

**Ravnotežje, v katerem so vse snovi v enakem agregatnem stanju, imenujemo homogeno ravnotežje. Ravnotežje, v katerem snovi niso v enakem agregatnem stanju, imenujemo heterogeno ravnotežje.**



Reakcija v nasprotno smer, torej nastanek  $\text{N}_2\text{O}_4$  iz  $\text{NO}_2$  je seveda ravno nasprotno – eksotermna reakcija.

Kam se pomakne ravnotežje pri zvišanju oz. pri znižanju temperature?

- Pri zvišanju temperature se ravnotežje pomakne v smer endotermne reakcije. V našem primeru je to reakcija v desno, nastane več produkta (dušikovega dioksida  $\text{NO}_2$ ).
- Pri znižanju temperature se ravnotežje pomakne v smer eksotermne reakcije. V našem primeru je to reakcija v levo, nastane več reaktanta (didušikovega tetraoksida  $\text{N}_2\text{O}_4$ ).

### Vpliv spremembe koncentracije snovi

S spremembo koncentracije posamezne snovi lahko vplivamo na ravnotežne reakcije. V reakcijsko zmes namreč lahko dodajamo posamezne snovi (na ta način povečujemo njihove koncentracije) ali pa jih iz reakcijske zmesi odvezujemo (na ta način zmanjšujemo njihove koncentracije).

Kako na položaj ravnotežja vpliva sprememba koncentracije snovi?

**Pri povečanju koncentracije reaktantov ali zmanjšanju koncentracije produktov se ravnotežje pomakne v smer nastanka produktov. Pri zmanjšanju koncentracije reaktantov ali povečanju koncentracije produktov se ravnotežje pomakne v smer nastanka reaktantov.**

Oglejmo si primer:  $\text{N}_2\text{O}_4(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{NO}_2(\text{g})$

V prikazani enačbi reakcije je reaktant didušikov tetraoksid  $\text{N}_2\text{O}_4$ , produkt pa dušikov dioksid  $\text{NO}_2$ .

- Če povečamo koncentracijo reaktanta ( $\text{N}_2\text{O}_4$ ) ali zmanjšamo koncentracijo produkta ( $\text{NO}_2$ ), se ravnotežje pomakne v smer nastanka produkta ( $\text{NO}_2$ ).
- Če zmanjšamo koncentracijo reaktanta ( $\text{N}_2\text{O}_4$ ) ali povečamo koncentracijo produkta ( $\text{NO}_2$ ), se ravnotežje pomakne v smer nastanka reaktanta ( $\text{N}_2\text{O}_4$ ).

Ugotovili smo, da lahko na položaj kemijskega ravnotežja vplivamo s spremembo temperature, tlaka (oz. prostornine) in koncentracij snovi. **Na položaj kemijskega ravnotežja pa ne moremo vplivati s katalizatorjem.** Katalizator zgolj pospeši (poveča hitrost) kemijsko reakcijo. Ravnotežje se torej zgolj hitreje vzpostavi, ravnotežno stanje pa je enako, kot če katalizatorja ne uporabljamo.



Dušikov dioksid  $\text{NO}_2$  je rjave barve, didušikov tetraoksid  $\text{N}_2\text{O}_4$  je brezbarven. Pri nižji temperaturi (leva slika, bolj svetla barva plinske zmesi) je ravnotežje pomaknjeno v smer  $\text{N}_2\text{O}_4$  (manjša količina  $\text{NO}_2$ ). Pri višji temperaturi (desna slika, bolj temna barva plinske zmesi) je ravnotežje pomaknjeno v smer  $\text{NO}_2$ .

**Le Chatelierovo načelo:** če se v sistemu, ki je v ravnotežju, spremeni temperatura, tlak ali koncentracija reaktantov oz. produktov, se položaj ravnotežja spremeni v smer, ki minimizira to spremembo.

Pri povečanju tlaka se ravnotežje pomakne v smer manjšega števila delcev plinastih snovi, pri zmanjšanju tlaka pa v smer večjega števila delcev plinastih snovi.

Pri zvišanju temperature se ravnotežje pomakne v smer endotermne reakcije, pri znižanju temperature pa v smer eksotermne reakcije.

Pri povečanju koncentracije reaktantov ali zmanjšanju koncentracije produktov se ravnotežje pomakne v smer nastanka produktov. Pri zmanjšanju koncentracije reaktantov ali povečanju koncentracije produktov se ravnotežje pomakne v smer nastanka reaktantov.

Katalizator ne vpliva na položaj kemijskega ravnotežja.

## Zapomnim si

Ravnotežne reakcije so reakcije, v katerih se le del reaktantov pretvori v produkte, nakar se med reaktanti in produkti vzpostavi dinamično ravnotežje. V enačbah ravnotežnih reakcij zapisujemo dvosmerno puščico  $\rightleftharpoons$ . Dinamično ravnotežje je stanje ravnotežnega sistema, v katerem sta hitrosti fizikalnih ali kemijskih sprememb v nasprotnih smereh enaki.

Konstanta ravnotežja  $K_c$  je matematični izraz, ki opisuje razmerje med ravnotežnimi koncentracijami produktov in reaktantov pri določeni temperaturi. Po dogovoru nima enote. V števcu izraza za konstanto ravnotežja zapisujemo množinske koncentracije produktov, v imenovalcu pa množinske koncentracije reaktantov. Pripadajoče stehiometrične koeficiente zapisujemo kot potence koncentracij.

Konstanta ravnotežja ima veliko vrednost, če v ravnotežju prevladujejo produkti, in majhno vrednost, če v ravnotežju prevladujejo reaktanti. Odvisna je od temperature.

Konstanta ravnotežja  $K_c$  je vezana na zapisano enačbo kemijske reakcije. Vrednost konstante ravnotežja je smiselno navajati le ob napisani enačbi kemijske reakcije.

Konstanto ravnotežja lahko izračunamo, če poznamo ravnotežne koncentracije snovi.

Le Chatelierovo načelo: če se v sistemu, ki je v ravnotežju, spremeni temperatura, tlak ali koncentracija reaktantov oz. produktov, se položaj ravnotežja spremeni v smer, ki minimizira to spremembo.

Pri povečanju tlaka se ravnotežje pomakne v smer manjšega števila delcev plinastih snovi, pri zmanjšanju tlaka pa v smer večjega števila delcev plinastih snovi.

Pri zvišanju temperature se ravnotežje pomakne v smer endotermne reakcije, pri znižanju temperature pa v smer eksotermne reakcije.

Pri povečanju koncentracije reaktantov ali zmanjšanju koncentracije produktov se ravnotežje pomakne v smer nastanka produktov. Pri zmanjšanju koncentracije reaktantov ali povečanju koncentracije produktov se ravnotežje pomakne v smer nastanka reaktantov.

Katalizator ne vpliva na položaj kemijskega ravnotežja.

## Vprašanja za utrjevanje znanja

### 3.1 Ravnotežne reakcije

- Kaj so obojesmerne ali reverzibilne reakcije?
- Kaj je značilno za ravnotežne reakcije?
- Kakšno puščico uporabljamo v enačbah ravnotežnih reakcij?
- Pojasnite razliko med izrazoma »homogeno ravnotežje« in »heterogeno ravnotežje«.
- Pojasnite izraz »dinamično ravnotežje«.
- Napišite urejene enačbe reakcij z navedenimi agregatnimi stanji (vse snovi so v plinastem agregatnem stanju) za naslednje ravnotežne kemijske reakcije:
  - ogljikov oksid se spaja s kisikom v ogljikov dioksid;
  - fosforjev(III) klorid reagira s klorom, nastane fosforjev(V) klorid;
  - dvoatomni kisik se pretvarja v ozon;
  - ogljikov oksid reagira z vodno paro, nastaneta ogljikov dioksid in vodik;
  - amonijak reagira s klorovim trifluoridom, nastanejo vodikov fluorid, dušik in klor;
  - žveplov(IV) oksid reagira s kisikom, nastane žveplov(VI) oksid;
  - nitrozil klorid (NOCl) razpade na dušikov(II) oksid in klor;
  - pri reakciji med ogljikovim(II) oksidom in klorom nastane fosgen (COCl).
- Kaj pomeni trditev »ravnotežje je pomaknjeno v smer reaktantov«?
- Kaj opisuje konstanta ravnotežja  $K_c$ ? Kakšna je njena enota?
- Napišite konstante ravnotežja  $K_c$  za reakcije, opisane v nalogi 6 na tej strani (zgoraj).
- Kakšno je razmerje med reaktanti in produkti, če je konstanta ravnotežja zelo velika?
- Zakaj konstanta ravnotežja ne more imeti negativne vrednosti?
- Pri 25 °C ima konstanta ravnotežja za reakcijo  $N_2O_4(g) \rightleftharpoons 2NO_2(g)$  vrednost  $5,9 \cdot 10^{-3}$ . Katera snov prevladuje v zmesi?
- Iz podatka v prejšnji nalogi izračunajte vrednost konstante ravnotežja pri 25 °C za reakcijo, podano z enačbo:
  - $2NO_2(g) \rightleftharpoons N_2O_4(g)$ ;
  - $NO_2(g) \rightleftharpoons \frac{1}{2}N_2O_4(g)$ .

- Od česa je odvisna vrednost konstante ravnotežja določene reakcije?

### 3.2 Izračun konstante ravnotežja

- Pri določenih pogojih je v ravnotežju 0,015 mol/L  $NO_2$  in 0,020 mol/L  $N_2O_4$ . Izračunajte konstanto ravnotežja za reakcijo  $N_2O_4(g) \rightleftharpoons 2NO_2(g)$ .
- Dopolnite preglednico z ustreznimi vrednostmi ravnotežnih koncentracij snovi oz. konstante ravnotežja za reakcijo  $N_2O_4(g) \rightleftharpoons 2NO_2(g)$ .

	$[N_2O_4]$	$[NO_2]$	$K_c$
a)	0,015 mol L <sup>-1</sup>	0,020 mol L <sup>-1</sup>	
b)	0,020 mol L <sup>-1</sup>		1,5
c)		0,020 mol L <sup>-1</sup>	1,5

- Pri 350 K ima konstanta ravnotežja za reakcijo  $2NO_2(g) \rightleftharpoons N_2O_4(g)$  vrednost 7,7. Kolikšna je ravnotežna koncentracija  $NO_2$ , če sta ravnotežni koncentraciji  $N_2O_4$  in  $NO_2$  enaki?
- Pri povišani temperaturi nitrozil klorid NOCl razpade v skladu z enačbo:  $2NOCl(g) \rightleftharpoons 2NO(g) + Cl_2(g)$ . Na začetku smo v posodi s prostornino 500 mL imeli 0,025 mol NOCl. Po določenem času je bilo v ravnotežju 0,015 mol NOCl. Izračunajte ravnotežne koncentracije vseh snovi in konstanto ravnotežja.

### 3.3 Vplivi na kemijsko ravnotežje

- Pojasnite Le Chatelierovo načelo.
- V katerih primerih s spremembo tlaka oz. prostornine ne moremo vplivati na položaj kemijskega ravnotežja?
- Kateri podatek potrebujemo za opredelitev vpliva spremembe temperature na položaj kemijskega ravnotežja?
- Kako znižanje temperature vpliva na ravnotežje eksotermne reakcije in kako na ravnotežje endotermne reakcije?
- Napovejte, v katero smer se pomakne ravnotežje pri reakciji  $N_2O_4(g) \rightleftharpoons 2NO_2(g)$  ( $\Delta H_r^\circ > 0$ ), če:
  - povečamo tlak;
  - povečamo temperaturo;
  - povečamo prostornino;
  - odstranimo dušikov dioksid;
  - dodamo katalizator.

# 4.

# Potek kemijskih reakcij Ravnotežja v vodnih raztopinah

## VSEBINA 4. POGLAVJA

- 4.1 - IMENOVANJE KISLIN, BAZ IN SOLI
- 4.2 - PROTOLITSKE REAKCIJE
- 4.3 - AVTOPROTOLIZA VODE
- 4.4 - UGOTAVLJANJE pH
- 4.5 - IZRAČUN pH
- 4.6 - NEVTRALIZACIJA
- 4.7 - HIDROLIZA SOLI
- 4.8 - IONSKE REAKCIJE V VODNIH RAZTOPINAH
- ZAPOMNIM SI
- VPRAŠANJA ZA UTRJEVANJE ZNANJA

## 4.1 Imenovanje kislin, baz in soli

### Kako imenujemo kisline, baze in soli?

#### Imenovanje kislin

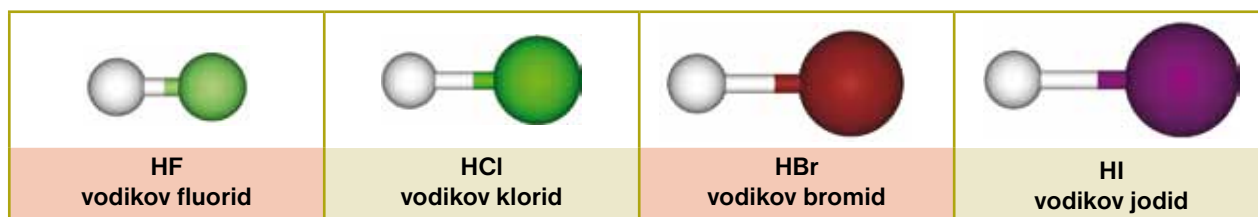
Anorganske kisline spoznamo po vodikovem atomu, ki ga zapisujemo na začetku formule. Oglejmo si najprej imenovanje preprostih **binarnih kislin**, ki vsebujejo le dva elementa: **vodik in še eno nekovino**. Imenujemo jih tako, da navedemo oba elementa v spojini.

Med preproste binarne kisline uvrščamo spojine vodika in halogenov (elementov 17. oz. VII. skupine periodnega sistema).

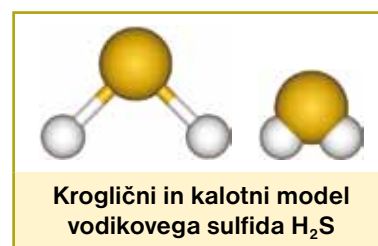
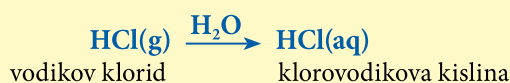
Med binarnimi kisljinami je najbolj znana **klorovodikova kislina HCl(aq)**. Njeno starejše ime je **solna kislina**. Klorovodikova kislina je brezbarvna tekočina. V prodaji je običajno kot 36-38 % raztopina HCl, ki se na zraku kadi. Ima velik pomen v industriji, najdemo pa jo tudi v želodčnem soku človeka.

**Binarno spojino vodika in halogena (fluor, klor, brom, jod) imenujemo vodikov halogenid.**

Skupine elementov so v periodnem sistemu oštevilčene z arabskimi številkami od 1 do 18. V srednji šoli pa zaradi pretežne uporabe zgolj glavnih elementov pri razlagi vezi in formul pogosto uporabljamo označevanje skupin glavnih elementov z rimskimi številkami od I do VIII.



Bodite pozorni na uporabo ustreznih izrazov. Vodikov klorid HCl(g) je plin, njegova vodna raztopina pa je klorovodikova kislina HCl(aq). Z raztapljanjem plina vodikovega klorida HCl(g) v vodi dobimo klorovodikovo kislino HCl(aq).

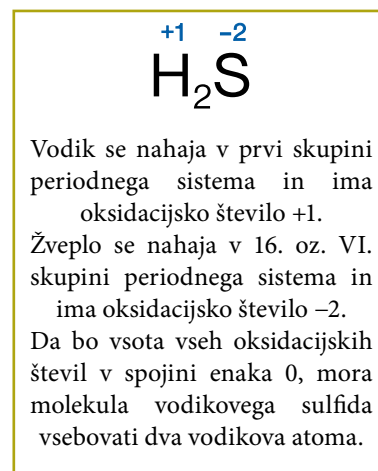


Nekoliko drugačno formulo ima plin **vodikov sulfid H<sub>2</sub>S(g)**. Njegovo vodno raztopino imenujemo **žveplovodikova kislina H<sub>2</sub>S(aq)**. Spojino H<sub>2</sub>S bi lahko imenovali tudi divodikov sulfid, vendar števnik »di« izpuščamo, ker je formula spojine očitna iz položajev obeh elementov v periodnem sistemu (glejte pojasnilo v stranskem stolpcu).

Vodikov sulfid je strupen brezbarven plin značilnega neprijetnega vonja (vonj po gnilih jajcih). V naravi nastaja pri gnitju žveplo vsebujočih organskih snovi brez prisotnosti kisika, najdemo ga tudi v vulkanskih plinih in v žvepljenih vrelicah.

Nekoliko drugačno formulo ima izjemno strupena cianovodikova kislina HCN (uporabljamo tudi ime vodikov cianid), ki jo uporabljamo za uničevanje mrčesa. V molekuli te spojine sta ob vodiku še ogljik in dušik.

Poznamo tudi t.i. **oksokisljine**, ki poleg vodika in značilne nekovine vsebujejo tudi **kisik**. V formulah teh snovi zapisujemo elemente po naslednjem vrstnem redu: **vodik–značilna (centralna) nekovina–kisik**.



## 4.5 Izračun pH

### Kako izračunamo pH?

Več o logaritmu boste izvedeli pri matematiki. Zaenkrat povejmo le, da je logaritem matematična operacija. Pretežno uporabljamo le dve vrsti logaritmov: desetiški in naravni. Na računalih ima tipka za desetiško logaritmiranje oznako LOG, tipka za naravno logaritmiranje pa oznako LN.

Na računalih desetiški logaritem izračunamo s tipko:



Na nekaterih računalih za izračun pH oz. pOH vnašamo številčne vrednosti in matematične operacije v enakem zaporedju, kot so napisane v računu.

Na nekaterih računalih pa najprej vnesemo številčno vrednost koncentracije oksonijevih oz. hidroksidnih ionov in nato pritisnemo tipko LOG, nakar pritisnemo še tipko za nasprotno vrednost (+/-).

Pri izračunu pH čiste vode vnesemo v računalno številčne vrednosti in matematične operacije v naslednjem zaporedju:

$$1, \text{EXP}, +/-, 7, \text{LOG}, +/-$$

$$\text{pH} = -\log(1 \cdot 10^{-7})$$

### Izračun pH in pOH

Vrednost pH lahko izmerimo z indikatorji ali elektronskimi pH metri. Lahko pa jo tudi izračunamo, če poznamo koncentracijo oksonijevih ionov v raztopini.

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

pH je negativni desetiški logaritem koncentracije oksonijevih ionov. Črke »log« predstavljajo matematično operacijo logaritmiranje.

Podobna povezava velja tudi za vrednost pOH, ki jo lahko izračunamo iz poznane koncentracije hidroksidnih ionov.

$$\text{pOH} = -\log[\text{OH}^-]$$

pOH je negativni desetiški logaritem koncentracije hidroksidnih ionov.

Dokažimo, da ima čista voda, v kateri je koncentracija oksonijevih ionov enaka koncentraciji hidroksidnih ionov ( $1 \cdot 10^{-7}$  mol/L), pH enak 7.

V enačbo za izračun pH vstavimo podatek za koncentracijo oksonijevih ionov v mol/L.

$$\text{pH} = -\log[\text{H}_3\text{O}^+] = -\log(1 \cdot 10^{-7}) = 7$$

Iz koncentracije oksonijevih ionov torej lahko izračunamo pH, iz koncentracije hidroksidnih ionov pa pOH. V oba računa vnašamo vrednosti koncentracij, izražene v enotah mol/L ( $\text{mol L}^{-1}$ ). pH in pOH nimata enot.

Oglejmo si primer.

**Naloga:** Izračunajte pH in pOH raztopine, v kateri je koncentracija oksonijevih ionov  $1,50 \cdot 10^{-5}$  mol/L.

**Račun:** *Izpišemo podatek za koncentracijo*  
 $[\text{H}_3\text{O}^+] = 1,50 \cdot 10^{-5}$  mol/L ← oksonijevih ionov.

pH = ?  
 pOH = ? ← Izračunali bomo pH in pOH.

**Izračun pH:**

$$\text{pH} = -\log[\text{H}_3\text{O}^+] = -\log(1,50 \cdot 10^{-5}) = \underline{\underline{4,82}}$$

*Iz koncentracije oksonijevih ionov lahko izračunamo pH. V enačbo vstavimo koncentracijo oksonijevih ionov (izraženo v enotah "mol/L").*

**Izračun pOH:**

$$\text{pH} + \text{pOH} = 14 \quad \text{Uporabimo enačbo za preračunavanje med pH in pOH.}$$

$$\text{pOH} = 14 - \text{pH} = 14 - 4,82 = \underline{\underline{9,18}}$$

*Iz enačbe Vstavimo vrednost pH izrazimo pOH. in izračunamo.*

**Odgovor:** pH raztopine je 4,82, pOH raztopine je 9,18.

## Vprašanja za utrjevanje znanja

### 4.1 Imenovanje kislin, baz in soli

- Pojasnite razliko med izrazoma »klorovodikova kislina« in »vodikov klorid«.
- Pojasnite pojem »oksokislina«.
- Napišite imena in formule petih oksokislin.
- Imenujte spojino  $\text{HBrO}_3$ . Kako imenujemo soli te spojine?
- Imenujte in napišite formuli dveh najpreprostejših organskih karboksilnih kislin.
- Napišite formuli kalijevega hidroksida in barijevega hidroksida.
- Zakaj v imenu spojine kalcijev hidroksid  $\text{Ca(OH)}_2$  običajno ne navedemo števnik »di« (kalcijev dihidroksid)?
- Imenujte spojini  $\text{K}_2\text{SO}_4$  in  $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ .
- Napišite formule naslednjih spojin:
  - natrijev karbonat;
  - amonijev sulfat(VI);
  - magnezijev nitrat(V).
- Pojasnite pojem »hidrogensoli«. Imenujte spojini  $\text{Mg(HSO}_4)_2$  in  $\text{Ca(H}_2\text{PO}_4)_2$ .
- Napišite formule naslednjih spojin:
  - kalcijev hidrogenkarbonat;
  - amonijev hidrogenfosfat(V);
  - kalcijev dihidrogenfosfat(V).
- Pojasnite pojem »kristalohidrati«. Imenujte spojini  $\text{Cu(NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  in  $\text{Ba(OH)}_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$ .

### 4.2 Protolitske reakcije

- Pojasnite izraze »kislina«, »baza« in »protolitska reakcija«.
- Kateri ion je značilen za vodne raztopine kislin? Napišite formulo in ime tega iona.
- Pojasnite razliko med protolitskima reakcijama klorovodikove kisline in fluorovodikove kisline. Kako to razliko prikažemo v enačbi?
- Pojasnite razliko med močnimi in šibkimi kisljinami.
- Napišite enačbe protolitskih reakcij navedenih kislin z vodo:
  - bromovodikova kislina;
  - dušikova(V) kislina;
  - žveplova(VI) kislina;
  - fosforjeva(V) kislina;
  - metanojska (mravljinčna) kislina;
  - etanojska (ocetna) kislina.

- Kateri ion je značilen za vodne raztopine baz? Napišite formulo in ime tega iona.
- Katere snovi uvrščamo med baze?
- Pojasnite izraze »konjugirani kislinsko-bazni par«, »konjugirana kislina« in »konjugirana baza«.
- Kdaj molekula vode deluje kot kislina in kdaj kot baza?
- Pojasnite povezavo med vrednostjo  $K_a$  in močjo kisline.

### 4.3 Avtoprotoliza vode

- Zakaj vodovodna voda, morska voda in mineralne vode prevajajo električni tok bolje kot popolnoma čista voda?
- Pojasnite izraza »avtoprotoliza vode« in »ionski produkt vode«. Kolikšna je vrednost ionskega produkta vode pri  $25\text{ }^\circ\text{C}$ ?
- Pojasnite razmerje med koncentracijama oksonijevih in hidroksidnih ionov v nevtralni, bazični in kisli raztopini.
- Kolikšna je koncentracija hidroksidnih ionov v raztopini pri  $25\text{ }^\circ\text{C}$ , če je koncentracija oksonijevih ionov  $1,60 \cdot 10^{-3}\text{ mol/L}$ ? Opredelite raztopino kot kislino ali bazično.
- Pri  $25\text{ }^\circ\text{C}$  je koncentracija  $\text{HNO}_3$  v raztopini  $0,015\text{ mol/L}$ . Kolikšni sta koncentraciji oksonijevih in hidroksidnih ionov v raztopini?

### 4.4 Ugotavljanje pH

- Kako izražamo kislost oz. bazičnost snovi?
- Opišite povezavo med pH vrednostjo ter kislostjo oz. bazičnostjo snovi.
- Katera snov ima pH enak 7?
- Kako je pH raztopine kisline odvisen od njene koncentracije?
- Od česa je odvisna pH vrednost raztopine kisline oz. baze?
- Pripravili smo raztopine kislin in baz enakih koncentracij. Katera snov v paru ima večji pH? Odgovor utemeljite.
  - $\text{H}_2\text{O}$        $\text{HCl}$
  - $\text{NH}_3$        $\text{H}_2\text{O}$
  - $\text{HCl}$        $\text{CH}_3\text{COOH}$
  - $\text{NaOH}$        $\text{NH}_3$
- Pripravili smo  $0,01\text{ M}$  raztopine  $\text{KOH}$ ,  $\text{NH}_3$ ,  $\text{KNO}_3$ ,  $\text{HCOOH}$ ,  $\text{HNO}_3$ . Razvrstite jih po naraščajoči pH vrednosti in pojasnite razvrstitev.

- Katera raztopina v paru ima večji pH? Odgovor utemeljite.
  - 0,1 M HCl      0,01 M HCl
  - 0,1 M NaOH    0,01 M NaOH
- Kako lahko pOH vrednost preračunamo v pH vrednost?
- Pojasnite izraz »indikator«. Opišite, kako se indikatorji lakmus, metiloranž in fenolftalein obarvajo v kislem oz. v bazičnem.
- S katero napravo lahko natančneje izmerimo pH vrednost snovi?

#### 4.5 Izračun pH

- Izračunajte pH in pOH raztopine, v kateri je koncentracija oksonijevih ionov 0,0025 mol/L.
- Kolikšni sta koncentraciji oksonijevih in hidroksidnih ionov v raztopini s pH = 5,6?
- Izračunajte pH in pOH raztopine, v kateri je koncentracija hidroksidnih ionov 0,020 mol/L.
- Kolikšni sta koncentraciji oksonijevih in hidroksidnih ionov v raztopini s pOH = 1,8?

#### 4.6 Nevtralizacija

- Pojasnite izraz »nevtralizacija«.
- Napišite enačbo nevtralizacije kalcijevega hidroksida s klorovodikovo kislino.
- Pojasnite izraze »titracija«, »standardna raztopina« in »titrant«.
- Koliko gramov natrijevega hidroksida se nahaja v vzorcu, če smo za njegovo titracijo porabili 20,5 mL raztopine klorovodikove kisline s koncentracijo 0,1006 mol/L? Napišite enačbo nevtralizacije.
- Kolikšno prostornino žveplove(VI) kisline  $H_2SO_4$  s koncentracijo 0,025 mol/L potrebujemo za popolno nevtralizacijo vzorca, v katerem je raztopljeno 0,015 g natrijevega hidroksida? Napišite enačbo nevtralizacije.
- Vzorec je raztopina dušikove(V) kisline  $HNO_3$ . Titriramo jo z raztopino natrijevega hidroksida. Katera snov je v erlenmajerici in katera v bireti? Opišite nastalo titracijsko krivuljo. Napišite enačbo nevtralizacije.
- Vzorec je raztopina kalijevega hidroksida. Titriramo jo z razredčeno klorovodikovo kislino. Katera snov je v erlenmajerici in katera v bireti? Opišite nastalo titracijsko krivuljo. Napišite enačbo nevtralizacije.
- Močno kislino titriramo z močno bazo. Pri kateri vrednosti pH je ekvivalentna točka?

#### 4.7 Hidroliza soli

- Kolikšen je pH raztopine soli, ki je nastala pri reakciji med:
  - močno kislino in močno bazo;
  - močno kislino in šibko bazo;
  - šibko kislino in močno bazo?
- Opredelite raztopine naslednjih soli kot kisle, bazične ali nevtralne:
  - $NH_4NO_3$ ; b)  $CH_3COOK$ ; c)  $Na_2SO_4$ .
- Pripravili smo 0,01 M raztopine  $NH_4Cl$ ,  $NaOH$ ,  $NH_3$ ,  $KCl$ ,  $CH_3COOH$ ,  $NaCH_3COO$ ,  $HCl$ . Razvrstite jih po naraščajoči pH vrednosti in pojasnite razvrstitev.

#### 4.8 Ionske reakcije v vodnih raztopinah

- Napišite formule navedenih snovi in jih opredelite kot dobro ali slabo topne v vodi.
  - magnezijev nitrat(V)
  - amonijev klorid
  - barijev sulfat(VI)
  - kalijev fosfat(V)
  - srebrov(I) nitrat(V)
- Napišite enačbo ionske reakcije med raztopinama srebrovega(I) nitrata(V) in kalijevega klorida v nedisociirani obliki, ionski obliki in skrajšani ionski obliki.
- Napišite enačbe ionskih reakcij med raztopinami navedenih snovi. Označite agregatna stanja snovi.
  - barijev nitrat(V) + kalijev sulfat(VI)
  - natrijev karbonat + kalcijev nitrat(V)
  - srebrov(I) nitrat(V) + natrijev jodid
  - svinčev(II) acetat + natrijev jodid
  - svinčev(II) nitrat(V) + kalijev sulfat(VI)
- K raztopini amonijevega klorida dodamo raztopino natrijevega hidroksida. Napišite enačbo ionske reakcije. Označite agregatna stanja snovi. Kakšna je značilnost izhajajočega plina?
- V epruveto s klorovodikovo kislino damo košček kalcijevega karbonata. Kaj opazimo? Napišite enačbo ionske reakcije. Označite agregatna stanja snovi. V ustje epruvete vstavimo gorečo vžigalico. Kaj se zgodi? Pojasnite.
- V epruveto s klorovodikovo kislino damo košček železovega(II) sulfida. Kaj opazimo? Napišite enačbo ionske reakcije. Označite agregatna stanja snovi.



# 5.

# Potek kemijskih reakcij

# Reakcije oksidacije in redukcije

## VSEBINA 5. POGLAVJA

- 5.1 - OKSIDACIJA IN REDUKCIJA
- 5.2 - UREJANJE ENAČB REDOKS REAKCIJ
- 5.3 - GALVANSKI ČLEN
- 5.4 - REDOKS VRSTA
- 5.5 - ELEKTROLIZA
- ZAPOMNIM SI
- VPRAŠANJA ZA UTRJEVANJE ZNANJA

## 5.1 Oksidacija in redukcija

### Kako prepoznamo redoks spremembe?

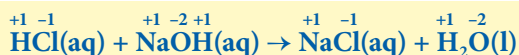
#### Redoks reakcije

Že v prvem letniku smo uporabili oksidacijska števila pri zapisovanju formul spojin. **Oksidacijsko število je naboj, ki bi ga imel element v spojini, če bi bila ta zgrajena zgolj iz ionov.** Zapisujemo ga nad simbolom elementa. Najprej navedemo predznak (+ ali -), nato pa še številčno vrednost.

Isti element ima lahko v različnih spojinah različna oksidacijska števila. V binarnih spojinah ima levo zapisani element običajno pozitivno, desno zapisani element pa negativno oksidacijsko število. Pri določanju oksidacijskih števil si pomagamo z naslednjimi pravili:

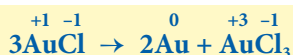
- element, ki ni vezan v spojini, ima oksidacijsko število 0;
- vsota oksidacijskih števil vseh elementov v spojini je 0;
- vodik ima v spojinah oksidacijsko število +1 ali -1;
- kovine I. skupine periodnega sistema imajo v spojinah oksidacijsko število +1, kovine II. skupine +2, kovine III. skupine pa običajno +3;
- kot negativni deli spojine (zapisani desno) imajo elementi VII. skupine periodnega sistema oksidacijsko število -1, elementi VI. skupine -2, elementi V. skupine pa -3;
- prehodni elementi imajo v spojinah različna oksidacijska števila.

Pri nekaterih reakcijah se oksidacijska števila elementov ne spremenijo, npr. pri običajni reakciji nevtralizacije med kislino in bazo:



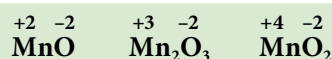
Pri navedeni reakciji se oksidacijsko število ni spremenilo nobenemu elementu. V HCl, NaOH in H<sub>2</sub>O ima vodik oksidacijsko število +1; v NaOH in H<sub>2</sub>O ima kisik oksidacijsko število -2; v HCl in NaCl ima klor oksidacijsko število -1; v NaOH in NaCl ima natrij oksidacijsko število +1.

Poznamo pa tudi reakcije, pri katerih se oksidacijska števila nekaterih elementov spremenijo. **Reakcije, pri katerih se oksidacijska števila elementov spremenijo, imenujemo redoks reakcije.** Oksidacijsko število se lahko spremeni enemu, dvema ali več elementom. Oglejmo si primer redoks reakcije, pri kateri se oksidacijsko število spremeni le enemu elementu.

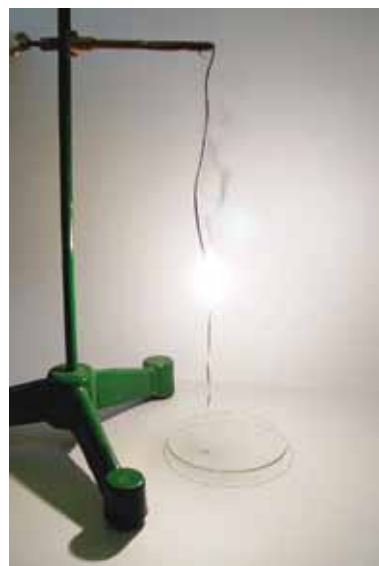
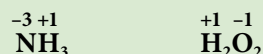


Zlatov(I) klorid AuCl razpade na elementarno zlato Au in zlatov(III) klorid AuCl<sub>3</sub>. Kloru se oksidacijsko število ne spremeni (v AuCl in v AuCl<sub>3</sub> ima klor oksidacijsko število -1). Pač pa se zlatu oksidacijsko število spremeni iz +1 (v AuCl) v 0 (elementarno zlato) oz. v +3 (v AuCl<sub>3</sub>). Razpad zlatovega(I) klorida je redoks reakcija.

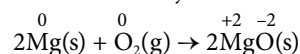
Mnogi prehodni elementi tvorijo spojine z različnimi oksidacijskimi števili. Npr. mangan tvori okside z oksidacijskimi števili +2, +3 in +4:



Bodite pozorni na oksidacijska števila v amonijaku NH<sub>3</sub> in vodikovem peroksidu H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>:



Magnezij gori na zraku z bleščečo belo svetlobo. Reakcijo so včasih uporabljali v fotografskih bliskavicah. Gorenje magnezija je redoks reakcija:



Pri reakciji se magnezij oksidira (Mg je reducent), kisik pa se reducira (O<sub>2</sub> je oksidant).

## Vprašanja za utrjevanje znanja

### 5.1 Oksidacija in redukcija

1. Kaj je oksidacijsko število? Kako ga zapisujemo?
2. Navedite pravila za določanje oksidacijskih števil elementov. Kdaj ima element oksidacijsko število nič?
3. Pojasnite izraz »redoks reakcija«.
4. Opredelite izraze »redukcija«, »oksidacija«, »reducent« in »oksidant«.
5. Uredite enačbe redoks reakcij. Pri vsaki reakciji opredelite reducenta in oksidanta.
  - a)  $\text{Al} + \text{Cl}_2 \rightarrow \text{AlCl}_3$
  - b)  $\text{V} + \text{F}_2 \rightarrow \text{VF}_5$
  - c)  $\text{MoO}_3 + \text{H}_2 \rightarrow \text{Mo} + \text{H}_2\text{O}$
  - č)  $\text{V}_2\text{O}_5 + \text{Ca} \rightarrow \text{CaO} + \text{V}$
  - d)  $\text{TiCl}_4 + \text{Mg} \rightarrow \text{Ti} + \text{MgCl}_2$

### 5.2 Urejanje enačb redoks reakcij

1. Uredite enačbe redoks reakcij. Pri vsaki reakciji opredelite oksidanta in reducenta.
  - a)  $\text{HCl} + \text{MnO}_2 \rightarrow \text{Cl}_2 + \text{MnCl}_2 + \text{H}_2\text{O}$
  - b)  $\text{MoO}_3 + \text{NH}_3 \rightarrow \text{MoO}_2 + \text{N}_2 + \text{H}_2\text{O}$
  - c)  $\text{FeCl}_2 + \text{KMnO}_4 + \text{HCl} \rightarrow \text{FeCl}_3 + \text{KCl} + \text{MnCl}_2 + \text{H}_2\text{O}$
  - č)  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 + \text{FeSO}_4 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3 + \text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 + \text{K}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{O}$
  - d)  $\text{KMnO}_4 + \text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{K}_2\text{SO}_4 + \text{MnSO}_4 + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$
  - e)  $\text{KMnO}_4 + \text{HCl} \rightarrow \text{Cl}_2 + \text{KCl} + \text{MnCl}_2 + \text{H}_2\text{O}$
  - f)  $\text{KMnO}_4 + \text{MnSO}_4 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{MnO}_2 + \text{K}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{SO}_4$
  - g)  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 + \text{KI} + \text{HCl} \rightarrow \text{CrCl}_3 + \text{I}_2 + \text{KCl} + \text{H}_2\text{O}$
  - h)  $\text{KOH} + \text{I}_2 \rightarrow \text{KI} + \text{KIO}_3 + \text{H}_2\text{O}$

### 5.3 Galvanski člen

1. Pojasnite izraz »galvanski člen«. Katere naprave uvrščamo med galvanske člene?
2. Opišite sestavo galvanskega člena.
3. Opišite sestavo bakrovega polčlena.
4. Opišite sestavo elektrolitskega ključa.
5. Opredelite izraza »katoda« in »anoda« glede na vrsto reakcije.

6. Opišite, kako lahko na podlagi standardnega elektrodnega potenciala napovemo vrsto reakcije (redukcija ali oksidacija) v posameznem polčlenu.
7. Kako izračunamo standardno napetost galvanskega člena? Kakšna je napetost galvanskega člena: enosmerna ali izmenična?
8. S pomočjo navedenega simbolnega zapisa galvanskega člena napišite enačbi reakcij v obeh polčlenih. Opredelite vrsto elektrode (katoda / anoda), njeno polariteto (+ / -) in vrsto reakcije (redukcija / oksidacija).
  - a)  $\text{Zn(s)} \mid \text{Zn}^{2+}(\text{aq}) \parallel \text{Ni}^{2+}(\text{aq}) \mid \text{Ni(s)}$
  - b)  $\text{Ni(s)} \mid \text{Ni}^{2+}(\text{aq}) \parallel \text{Cu}^{2+}(\text{aq}) \mid \text{Cu(s)}$
9. S pomočjo podatkov v stranskem stolpcu na str. 96 napišite enačbe reakcij v polčlenih, celotno enačbo reakcije, simbolni zapis in izračunajte standardno napetost za galvanski člen, sestavljen iz:
  - a) srebrovega polčlena in cinkovega polčlena;
  - b) nikljevega polčlena in srebrovega polčlena.
10. Kaj so baterije? Kakšna je razlika med primarnimi in sekundarnimi baterijami? Navedite po en primer primarne in sekundarne baterije.

### 5.4 Redoks vrsta

1. Katera elektroda ima standardni elektrodni potencial 0 V?
2. Opišite standardno vodikovo elektrodo.
3. Pojasnite izraz »standardni elektrodni potencial«.
4. Kako označujemo standardni elektrodni potencial in kakšna je njegova enota?
5. Opišite spremembo, ki jo ponazarja redoks par  $\text{M}^{n+}/\text{M}$  v redoks vrsti.
6. Kako se spreminjajo standardni elektrodni potenciali halogenov glede na položaj halogena v periodnem sistemu?
7. Kateri elementi so najmočnejši reducenti; tisti z bolj pozitivnim ali tisti z bolj negativnim elektrodnim potencialom?
8. Pojasnite izraz »redoks vrsta kovin«.
9. Opišite pravilo, ki nam omogoča napovedovanje poteka reakcij med kovinami in kovinskimi ioni.

- S pomočjo preglednice v stranskem stolpcu na strani 96 dopolnite enačbe tistih redoks reakcij, ki potekajo. Če reakcija ne poteka, napišite »NE POTEKA«.
  - $\text{Cu}^{2+} + \text{Cr} \rightarrow$
  - $\text{Ag}^+ + \text{Zn} \rightarrow$
  - $\text{Au} + \text{Ni}^{2+} \rightarrow$
- Katere kovine se raztapljajo v klorovodikovi kislini?
- Opišite pravilo, ki nam omogoča napovedovanje poteka reakcij med halogeni in halogenidnimi ioni.
- S pomočjo periodnega sistema dopolnite enačbe tistih redoks reakcij, ki potekajo. Če reakcija ne poteka, napišite »NE POTEKA«.
  - $\text{F}^- + \text{I}_2 \rightarrow$
  - $\text{Cl}_2 + \text{I}^- \rightarrow$
  - $\text{Br}_2 + \text{I}^- \rightarrow$
- Kateri halogen je najmočnejši oksidant?
- Napišite enačbe reakcij, določite elektrodi (katoda / anoda) in njuno polariteto (+ / -) ter vrsto redoks spremembe (oksidacija / redukcija) pri elektrolizi vode.
- Zakaj pri elektrolizi vode dodamo majhno količino žveplove(VI) kisline?
- Napišite enačbe reakcij, določite elektrodi (katoda / anoda) in njuno polariteto (+ / -) ter vrsto redoks spremembe (oksidacija / redukcija) pri elektrolizi vodne raztopine:
  - natrijevega klorida;
  - kalijevega jodida.
- Napišite enačbo, ki povezuje električni naboj z množino snovi ter s časom in tokom pri elektrolizi. Pojasnite pomen vseh veličin v enačbi in napišite njihove enote.
- Od česa je odvisna množina snovi, ki se izloči pri elektrolizi?
- Kaj predstavlja Faradayeva konstanta in kako jo lahko izračunamo?
- Katera enota je enaka enoti amper-sekunda?
- Na podlagi navedenih enačb ugotovite vrednosti veličine »z« nastalih elementov.
  - $\text{Cr}^{3+} + 3\text{e}^- \rightarrow \text{Cr}$        $z(\text{Cr}) = ?$
  - $\text{Ni}^{2+} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Ni}$        $z(\text{Ni}) = ?$
  - $2\text{Br}^- \rightarrow \text{Br}_2 + 2\text{e}^-$        $z(\text{Br}_2) = ?$
- Z elektrolitskim kromiranjem želimo na kovinski predmet nanesti 0,250 mol kroma. Na razpolago imamo raztopino kromove(III) soli. Koliko časa moramo izvajati elektrolizo pri toku 10 A? Napišite enačbo katodne redukcije.
- Kolikšna masa srebra se izloči pri elektrolizi raztopine srebrove(I) soli, če skozi elektrolizno celico 1 uro teče tok 2,0 A? Koliko električnega naboja preteče pri tem procesu? Napišite enačbo katodne redukcije.
- Kolikšna množina plinastega klora se izloči pri elektrolizi raztopine natrijevega klorida, če skozi elektrolizno celico 2 uri teče tok 0,500 A? Koliko električnega naboja preteče pri tem procesu? Napišite enačbo anodne oksidacije. Bodite pozorni na vrednost koeficienta z!

## 5.5 Elektroliza

- Opredelite izraz »elektroliza«.
- Kako imenujemo napravo, v kateri poteka elektroliza?
- Navedite sestavne dele elektrolizne celice.
- Primerjajte katodo in anodo pri galvanskem členu ter pri elektrolizi glede na reakcije (oksidacija / redukcija) in glede na polariteto elektrod (+ / -). V čem se elektrodi razlikujeta in v čem sta si enaki?
- Elektroliziramo lahko taline ali raztopine snovi. Opišite razliko med »talino« in »raztopino«. Kako dobimo talino NaCl in kako raztopino NaCl?
- Napišite enačbe reakcij, določite elektrodi (katoda / anoda) in njuno polariteto (+ / -) ter vrsto redoks spremembe (oksidacija / redukcija) pri elektrolizi taline:
  - natrijevega klorida;
  - kalijevega klorida;
  - kromovega(III) oksida.

# 6.

# Elementi v periodnem sistemu

## VSEBINA 6. POGLAVJA

- 6.1 - PODROČJA ELEMENTOV V PERIODNEM SISTEMU
- 6.2 - PREHODNI ELEMENTI
- ZAPOMNIM SI
- VPRAŠANJA ZA UTRJEVANJE ZNANJA

## 6.1 Področja elementov v periodnem sistemu

### Kaj lahko razberemo iz položaja elementa v periodnem sistemu?

#### Sodobni periodni sistem

V devetnajstem stoletju je število znanih elementov naglo naraščalo. Kemiki so želeli sistematično urediti znane elemente. **Periodni sistem elementov**, ki je eden od temeljev sodobne kemije, je leta 1869 zasnoval ruski kemik *Dmitrij Ivanovič Mendeljejev* (1834–1907). Na začetku ga je imenoval »naravni sistem elementov«, a ga preimenoval v »periodnega«, ko je opazil, da se **nekatero lastnosti elementov redno (periodično) ponavljajo z naraščanjem atomske mase elementov**. Pravilno je napovedal obstoj treh takrat še neznanih elementov (skandija, galija in germanija) in zanje rezerviral prostor v periodnem sistemu. Leta 1871 je popravil prvotno objavljen periodni sistem, vendar je do njegove dokončne uveljavitve prišlo šele z odkritjem manjkajočih elementov. Mendeljejev periodni sistem je bil po obliki nekoliko drugačen od sodobnega periodnega sistema. Kasneje je doživel še nekaj popravkov in dopolnitev.

Periodni sistem elementov je nepogrešljiv pripomoček. Iz položajev elementov v periodnem sistemu lahko predvidimo nekatere njihove lastnosti, zapišemo razporeditev elektronov po orbitalah, napišemo formule mnogih spojin ...

#### Kaj je periodni sistem elementov?

Periodni sistem je preglednica, v katero so razvrščeni vsi znani elementi. V sodobnem periodnem sistemu so elementi razvrščeni glede na **vrstno (atomsko) število**. Vrstno število pa je enako številu protonov v atomskem jedru in številu elektronov v elektronski ovojnici. Prvi element (vodik) ima vrstno število 1, ker ima v jedru 1 proton in v elektronski ovojnici 1 elektron. Drugi element (helij) ima vrstno število 2, ker ima v jedru 2 protona in v elektronski ovojnici 2 elektrona itn.

Na naslednji strani je prikazano ogrodje periodnega sistema. Elementi so razporejeni v **vodoravne periode** in **navpične skupine**. Znani elementi so razporejeni v sedem period. Označevali jih bomo z arabskimi številkami od 1 do 7. Sedem period je na sliki oštevilčenih z zeleno barvo.

Po novejšem označevanju je v periodnem sistemu 18 **skupin** (navpičnih stolpcev). V šoli pa obravnavamo pretežno le elemente glavnih skupin, zato bomo uporabljali starejši način oštevilčenja glavnih osmih skupin z rimskimi številkami od I. do VIII.

Na sliki so skupine oštevilčene z rdečimi arabskimi številkami, glavne skupine pa z modrimi rimskimi številkami.

Štirinajst **lantanoidov** in enako število **aktinoidov** zaradi preglednosti običajno zapisujemo ločeno od ostalih elementov. V gimnaziji teh elementov ne obravnavamo.



Mendeljejev je upodobljen tudi na priložnostnem kovancu nekdanje Sovjetske zveze.

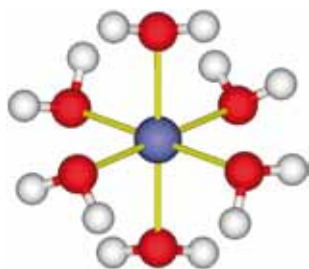


Mendeljejev je upodobljen na mnogih znamkah. Prikazana je mala pola, na kateri je tudi reprodukcija Mendeljejevega osnutka periodnega sistema.

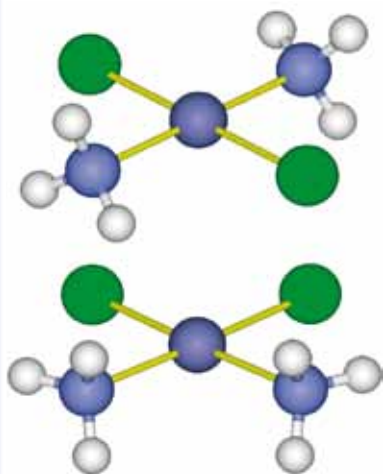
---

**Neodvisno od Mendeljejeva, a leto kasneje, je periodni sistem objavil nemški kemik Julius Lothar Meyer (1830–1895).**

---



Model oktaedrične razporeditve molekul vode (ligandov) okoli centralnega kovinskega iona.



Zanimivo posebnost opazimo pri spojini diamindikloridoplatina(II), ki ima kvadratno planarno razporeditev ligandov. Poznamo dve različni spojini s formulo  $[\text{PtCl}_2(\text{NH}_3)_2]$ . V prvi spojini (zgornji model) sta enaka liganda vezana diagonalno nasproti. V drugi spojini (spodnji model) pa sta enaka liganda vezana drug ob drugem. Spojini se razlikujeta tudi v lastnostih. Zgornja spojina je blede rumena. Spodnja spojina je oranžno rumena, uporablja pa se tudi kot zdravilo proti raku.

## Prostorska razporeditev ligandov

V koordinacijskih spojinah in ionih so ligandi lahko različno razporejeni okoli centralnega iona, npr. linearno, trikotno, tetraedrično, kvadratno planarno, trikotno bipiramidalno, oktaedrično.

Na prostorsko razporeditev ligandov (uporabljamo tudi izraz »koordinacijski polieder«) lahko pri preprostih koordinacijskih spojinah sklepamo že iz števila ligandov. Dva liganda omogočata linearno razporeditev, štirje ligandi omogočajo tetraedrično ali kvadratno planarno razporeditev, šest ligandov pa oktaedrično razporeditev.

Linearno razporeditev ima npr. diaminsrebrov(I) ion  $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]^+$ , kvadratno planarno razporeditev ima npr. diamindikloridoplatina(II)  $[\text{PtCl}_2(\text{NH}_3)_2]$ , tetraedrično razporeditev ima npr. tetrahidroksidoaluminatni(III) ion  $[\text{Al}(\text{OH})_4]^-$ , oktaedrično razporeditev ima npr. heksacianidoferratni(II) ion  $[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{4-}$ .

Rešimo nalogo, v kateri bomo uporabili pridobljeno znanje.

**Naloga:** Za koordinacijsko spojino s formulo  $[\text{PtCl}(\text{NH}_3)_5]\text{Cl}_3$  ugotovite koordinacijsko zvrst, centralni atom, ligande, koordinacijsko število in verjetno prostorsko razporeditev ligandov. Spojino tudi imenujte.

**Odgovor:** Za lažje razumevanje si napišimo oksidacijska števila. Amonijak je nevtralna molekula, zato nad formulo  $\text{NH}_3$  poenostavljeno napišemo ničlo. Klor ima oksidacijsko število  $-1$ , torej ima platina oksidacijsko število  $+4$ .

*Koordinacijska zvrst:* koordinacijski kation  $[\text{PtCl}(\text{NH}_3)_5]^{3+}$ .

*Centralni atom:* platina

*Ligandi:* molekule amonijaka  $\text{NH}_3$  in kloridni ion  $\text{Cl}^-$ .

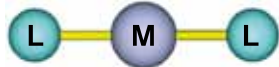
*Koordinacijsko število:* 6

*Verjetna prostorska razporeditev ligandov:* oktaedrična

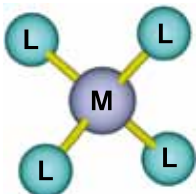
*Ime spojine:* pentaaminkloridoplatinov(IV) klorid ali pentaaminkloridoplatinov(3+) klorid

**Koordinacijske ali kompleksne spojine so spojine, v katerih so na centralni kovinski ion (ali atom) vezani ligandi. Ligandi so lahko različne anorganske ali organske molekule ali anioni. Formule koordinacijskih spojin zapisujemo z oglatimi oklepaji, znotraj katerih najprej napišemo simbol centralnega iona (ali atoma), ob njem pa formule in število ligandov. Koordinacijsko število je število vseh vezi, s katerimi se ligandi vežejo na centralni kovinski ion ali atom.**

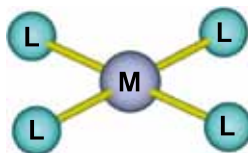
### Razporeditev ligandov (L) okoli centralnega kovinskega iona oz. atoma (M)



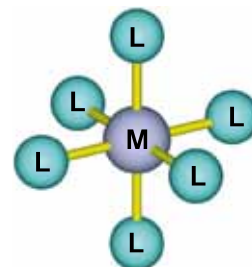
Linearna



Tetraedrična



Kvadratno planarna



Oktaedrična

## Zapomnim si

Periodni sistem je zasnoval ruski kemik Dmitrij Ivanovič Mendeljejev. Lastnosti elementov se z naraščajočim vrstnim številom periodično ponavljajo, od tod izvira tudi ime periodni sistem elementov. V periodnem sistemu so elementi razvrščeni v vodoravne periode in navpične skupine glede na vrstno (atomsko) število. Glede na podlupine lahko periodni sistem elementov razdelimo na »s-področje«, »p-področje«, »d-področje« in »f-področje«. Elemente delimo na kovine, nekovine in polkovine. Kovine se nahajajo na levi, nekovine pa na desni strani periodnega sistema, vmes so polkovine. Polkovine imajo deloma kovinske in deloma nekovinske lastnosti.

Prehodni elementi imajo bodisi v elementarnem stanju bodisi kot ioni delno zasedene *d*- oz. *f*-orbitale. So kovine, dobro prevajajo električni tok in toploto. Večina ima visoka tališča, vrelišča in gostote. Tvorijo spojine z različnimi oksidacijskimi števili. Med prehodnimi elementi je veliko tehnološko zelo pomembnih kovin. Namesto čistih kovin pogosteje uporabljamo zlitine (npr. bron, medenina, amalgam, jeklo).

Železo običajno pridobivamo iz oksidnih rud hematita in magnetita v plavžih. Jeklo je železova zlitina, ki vsebuje manjše količine ogljika, pogosto pa tudi druge elemente. Čisto železo in nekatere železove zlitine na vlažnem zraku rjavijo.

Krom je trda in korozijsko odporna kovina srebrnosive barve. Uporabljamo ga za zaščito drugih kovin (elektrolitsko kromiranje) in za izdelavo nerjavnih jekel. Pomembne so zlasti spojine kroma z oksidacijskimi števili +2, +3 in +6. V vodni raztopini se med kromatnimi(VI) ioni in dikromatnimi(VI) ioni vzpostavi ravnotežje, katerega položaj je odvisen od pH raztopine.

Koordinacijske ali kompleksne spojine so spojine, v katerih so na centralni kovinski ion (ali atom) vezani ligandi. Ligandi so lahko različne anorganske ali organske molekule ali anioni. Formule koordinacijskih spojin zapisujemo z oglatimi oklepaji, znotraj katerih najprej napišemo simbol centralnega iona (ali atoma), ob njem pa formule in število ligandov. Koordinacijsko število je število vseh vezi, s katerimi se ligandi vežejo na centralni kovinski ion ali atom.

## Vprašanja za utrjevanje znanja

### 6.1 Področja elementov v periodnem sistemu

1. Kdo je zasnoval periodni sistem elementov?
2. Kaj je periodni sistem in kako je oblikovan?
3. Glede na katero število so razporejeni elementi v periodnem sistemu?
4. Natrij in kalij imata podobne nekatere kemijske in fizikalne lastnosti. Pojasnite.
5. Zakaj helij zapisujemo v VIII. skupino periodnega sistema, čeprav ima podobno kot elementi II. skupine dva zunanja elektrona?
6. Kaj veste o žlahtnih plinih?
7. V kateri skupini periodnega sistema so alkalijske kovine, zemeljskoalkalijske kovine, halogeni oz. žlahtni plini?
8. Opredelite položaj kovin, polkovin in nekovin v periodnem sistemu.
9. Opišite lastnosti kovin.

### 6.2 Prehodni elementi

1. Opišite lastnosti prehodnih elementov.
2. Pojasnite izraz »zlitina«. Navedite nekaj zlitin.
3. Opišite pridobivanje železa.
4. V kakšnih pogojih rjavi železo? Kakšna je formula rje in kako lahko preprečimo rjavenje?
5. V katere namene uporabljamo krom?
6. Opišite ravnotežje med kromatnimi(VI) ioni in dikromatnimi(VI) ioni.
7. Pojasnite izraze »koordinacijska spojina«, »ligand«, »koordinacijsko število«.
8. Navedite nekaj možnih prostorskih razporeditev ligandov okoli centralnega iona v koordinacijskih spojinah.
9. Imenujte koordinacijske spojine oz. ione. Ugotovite oksidacijsko število in koordinacijsko število centralnega iona.
 

a) $[\text{FeCl}_3(\text{OH}_2)_3]$	d) $[\text{UF}_6]^-$
b) $[\text{Ti}(\text{OH}_2)_6]^{3+}$	e) $[\text{Cr}(\text{NH}_3)_6]\text{Cl}_3$
c) $[\text{Fe}(\text{OH})_2(\text{OH}_2)_4]^+$	f) $\text{K}_2[\text{TiF}_6]$
č) $[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{3-}$	g) $\text{K}_2[\text{PtCl}_6]$



# 7.

## Lastnosti izbranih elementov in spojin v bioloških sistemih in sodobnih tehnologijah

### VSEBINA 7. POGLAVJA

- 7.1 - NEKATERE POMEMBNE KOVINE
- 7.2 - NEKATERE POMEMBNE ANORGANSKE SPOJINE
- 7.3 - SILICIJ IN NJEGOVE SPOJINE
- ZAPOMNIM SI
- VPRAŠANJA ZA UTRJEVANJE ZNANJA

## 7.1 Nekatere pomembne kovine

### Kako pridobivamo kovine?

#### Kovine pridobivamo iz rud

Naravne spojine, ki imajo značilno sestavo in kristalno strukturo, imenujemo **minerali**. Na primer mineral halit, ki ga včasih najdemo v obliki lepih kockastih kristalov, vsebuje natrijev klorid NaCl – kuhinjsko sol.

Običajno najdemo v naravi zmesi mineralov. Imenujemo jih **kamnine**. **Rude** pa so trdne zmesi različnih snovi, ki jih kopljemo in iz njih pridobivamo predvsem kovine. V rudi so tudi neuporabne primesi (jalovina), ki jih moramo odstraniti.

Minerale lahko razdelimo glede na kemijsko sestavo. V **oksidnih mineralih** je kovina vezana s kisikom (npr. hematit Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>). V **sulfidnih mineralih** je kovina vezana z žveplom (npr. pirit FeS<sub>2</sub>). V **karbonatnih mineralih** je kovina vezana s karbonatno skupino (npr. siderit FeCO<sub>3</sub>). Poznamo pa tudi druge vrste mineralov: halidni, nitratni, fosfatni, sulfatni, silikatni itn.

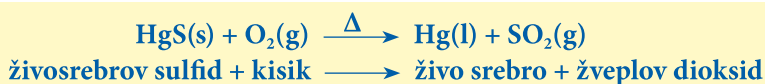
Kovine imajo različne fizikalne in kemijske lastnosti, v naravi pa jih najdemo v različnih oblikah, zato jih tudi pridobivamo na različne načine. Pridobivanje železa z redukcijo njegovih oksidnih rud v plavžu smo že spoznali v poglavju 6.2.

Spoznajmo še načine pridobivanja nekaterih drugih kovin.

**Zlato** se v naravi najpogosteje nahaja **samorodno** (torej kot element, ne vezano v spojinah), a običajno vsebuje primesi drugih kovin (predvsem srebra), zato ga je potrebno pred nadaljnjo uporabo očistiti (izločiti iz zmesi). V rudah se zlato nahaja v obliki zelo drobnih (pogosto mikroskopsko majhnih) zrn. Poleg tega je količina zlata v rudah majhna (običajno le nekaj gramov na tono), zato zlata v mnogih rudah sploh ne vidimo s prostim očesom. Včasih pa v naravi najdemo tudi zelo velike kose zlata.

Poleg zlata najdemo v naravi v elementarni obliki tudi nekatere druge kovine, a so bolj pogoste njihove spojine. Takšne kovine so npr. srebro (mineral argentit vsebuje Ag<sub>2</sub>S), baker (mineral halkopirit vsebuje CuFeS<sub>2</sub>) in živo srebro (mineral cinabarit vsebuje HgS).

**Živo srebro** je pri sobnih pogojih edina tekoča kovina (pri sobnih pogojih je tekoč tudi brom Br<sub>2</sub>, ki pa je nekovina). Pridobivamo ga s segrevanjem živosrebrovega sulfida HgS na zraku. Nastale živosrebrove pare utekočinimo, žveplom dioksid SO<sub>2</sub> pa lahko pretvorimo v žveplovo(VI) kislino H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>.



V živem srebru lahko raztopimo mnoge kovine, pri tem nastanejo t. i. **amalgami** (amalgam tvori tudi zlato, ne tvori pa ga železo).



Pozlačena streha cerkve v Moskvi. Zlato lahko oblikujemo v zelo tanke lističe, s katerimi zlatimo predmete.



Živo srebro ima tališče –39 °C in vrelišče 357 °C. Gostota živega srebra (13,5 g/mL) je večja kot gostota železa, zato trdno železo plava na gladini tekočega živega srebra.

Simbol za živo srebro Hg izhaja iz imena »hydrargyrum«, ki je latinizirana oblika grške besede »hydrargyros«, sestavljene iz besed za vodo in srebro. Živo srebro je tekoče (kot voda) in je srebrne barve. V angleški literaturi najdemo dve imeni: »mercury« in »quicksilver«.



Cinabaritna ruda iz Rudnika živega srebra v Idriji.

## Zapomnim si

- Le redke kovine (npr. zlato) se v naravi nahajajo samorodno, večinoma so vezane v spojinah. Živo srebro pridobivamo iz cinabarita (HgS), cink iz sfalerita (ZnS), aluminij pa iz boksita.
- Najpomembnejša žveplova spojina je žveplova(VI) kislina. Žveplova(VI) kislina je močna kislina, močan oksidant in higroskopna.
- Amonijak  $\text{NH}_3$  dobimo z ravnotežno reakcijo iz elementov pri visoki temperaturi in visokem tlaku. Amonijak je brezbarven plin značilnega ostrega neprijetnega vonja. Amonijak je šibka baza in reducent.
- Dušikova(V) kislina  $\text{HNO}_3$  je močna kislina, koncentrirana dušikova(V) kislina je močan oksidant. Dobimo jo iz amonijaka.
- Fosforjeva(V) kislina  $\text{H}_3\text{PO}_4$  je triprotonska kislina. Dobimo jo pri reakciji fosforjevega(V) oksida  $\text{P}_4\text{O}_{10}$  z vodo.
- Rastline potrebujejo za rast predvsem dušikove, fosforjeve in kalijeve spojine. Te spojine dodajamo z naravnimi ali umetnimi gnojili.
- Klorove oksokisliline so: klorova(I) kislina  $\text{HClO}$ , klorova(III) kislina  $\text{HClO}_2$ , klorova(V) kislina  $\text{HClO}_3$  in klorova(VII) kislina  $\text{HClO}_4$ .  $\text{HClO}_4$  je zelo močna kislina. Moč klorovih oksokislilin se manjša z zmanjševanjem oksidacijskega števila klora v teh spojinah.
- Silicij je najpomembnejša polkovina. Uporabljamo ga v računalniški industriji in za izdelavo sončnih celic, zelo pomembne pa so mnoge silicijeve spojine.

## Vprašanja za utrjevanje znanja

### 7.1 Nekatere pomembne kovine

1. Navedite po en primer oksidnega, sulfidnega in karbonatnega minerala.
2. Kaj pomeni izraz »v naravi je samorodno«?
3. Kako pridobivamo živo srebro? Zakaj opuščamo njegovo uporabo? Kaj je amalgam?
4. Kako imenujemo najpomembnejši živosrebrov mineral? V katerem slovenskem mestu so včasih kopali živosrebрово rudo?
5. Kateri je najpomembnejši cinkov mineral?
6. Pojasnite praženje cinkovega sulfida in nadaljnjo pretvorbo nastale spojine v elementarni cink.
7. Kako se imenuje aluminijeva ruda? Kaj je glinica in kako iz glinice dobimo aluminij?
8. Pojasnite korozijsko odpornost aluminija.

### 7.2 Nekatere pomembne anorganske spojine

1. Opišite lastnosti žveplove(VI) kisline.
2. Žveplova(VI) kislina je močna kislina, močan oksidant in higroskopna. Pojasnite pomen teh izrazov.
3. Kako redčimo žveplovo(VI) kislino?
4. Kako pridobivamo amonijak?
5. Opišite lastnosti amonijaka.
6. Opišite lastnosti dušikove(V) kisline.

7. Napišite formulo belega fosforja. Kakšna je oblika te molekule?
8. Kaj nastane pri reakciji fosforjevega(V) oksida z vodo?
9. V katere namene uporabljamo fosforjevo(V) kislino?
10. Kateri trije elementi so v večjih količinah potrebni za razvoj rastlin?
11. Navedite nekaj spojin, ki jih lahko uporabljamo kot gnojila.
12. Navedite klorove oksokisliline ter napišite formule in imena kalijevih in kalcijevih soli teh oksokislilin.
13. Kaj je klorovica? Napišite enačbo reakcije klora z vodo.
14. Napišite strukturne formule vseh štirih klorovih oksokislilin. V formulah označite vezne in nevezne elektronske pare.
15. Razporedite klorove oksokisliline po moči od najšibkeje do najmočnejše.

### 7.3 Silicij in njegove spojine

1. Opišite lastnosti silicija.
2. Kateri je najbolj znan silicijev mineral?
3. V katere namene uporabljamo silicij?
4. Pojasnite izraz »pasivacija«.
5. Kako dobimo običajno okensko steklo?
6. Katera je osnovna strukturna enota silikatov?

**8.**

# **Dodatek**

Nomenklatura  
anorganske  
kemije

# Nomenklatura anorganske kemije

## Elementi

### Simboli in imena elementov

Vsak element ima svoje ime in enočrkovni ali dvočrkovni simbol. V dvočrkovnih simbolih je prva črka vedno velika, druga pa majhna (npr. helij He). V kemijskih formulah so simboli pisani pokončno (ne poševno).

Pri nekaterih dlje časa znanih elementih se slovenska imena precej razlikujejo od angleških imen oz. simbola elementa ne moremo preprosto povezati z njegovim slovenskim imenom (npr. baker Cu, zlato Au, srebro Ag).

Imena elementov, poimenovanih po zaslužnih znanstvenikih, lahko pišemo etimološko ali fonetično.

Primeri:

Cm: curij ali kirij	Es: einsteinij ali ajnštajnij	Mt: meitnerij ali majtnerij
---------------------	-------------------------------	-----------------------------

### Enoatomni in večatomni elementi

Pri imenovanju elementov, ki tvorijo večatomne molekule (npr. H<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>, O<sub>2</sub>, F<sub>2</sub>, P<sub>4</sub>) uporabljamo množilne predpone (števnike). Predpono »mono« uporabimo v primerih, ko element običajno ni v enoatomskem stanju. V nekaterih primerih uporabljamo tudi običajna (sprejemljiva alternativna) imena. Primeri:

Formula	Sistematsko ime	Pojasnilo
He	helij	Element je v enoatomskem stanju, zato predpone »mono« ne uporabljamo.
O	monokisik	Element je običajno kot molekula O <sub>2</sub> , zato v tem primeru uporabimo predpono »mono«.
O <sub>2</sub>	dikisik	Uporabljamo lahko tudi običajno ime kisik.
O <sub>3</sub>	trikisik	Uporabljamo lahko tudi običajno ime ozon.
P <sub>4</sub>	tetrafosfor	Uporabljamo lahko tudi običajno ime beli fosfor.

V obliki dvoatomnih molekul so običajno vodik H<sub>2</sub>, dušik N<sub>2</sub>, kisik O<sub>2</sub> in halogeni (elementi 17. oz. VII. skupine, npr. fluor F<sub>2</sub>). Pri teh elementih z običajnimi imeni brez števnikov opredeljujemo dvoatomne molekule (npr. dušik za formulo N<sub>2</sub>, klor za formulo Cl<sub>2</sub>).

V srednji šoli običajno tolmačimo »fosfor« kot ime za »P« ali »P<sub>4</sub>«, »žveplo« pa kot ime za »S« ali »S<sub>8</sub>«.

Pri neznanem ali zelo velikem številu atomov v molekuli elementa (npr. v dolgih verigah) napišemo simbol elementa in poševno (kurzivno) zapisano črko »n« v spodnjem desnem indeksu. Pri imenovanju tovrstne oblike uporabimo predpono »poli«. Primer:

Formula	Sistematsko ime	Pojasnilo
S <sub>n</sub>	poližveplo	Uporabljamo lahko tudi običajno ime plastično žveplo.

### Oštevilčenje skupin v periodnem sistemu elementov

Skupine elementov so v periodnem sistemu oštevilčene z arabskimi številkami od 1 do 18. V srednji šoli pa zaradi pretežne uporabe zgolj glavnih elementov pri razlagi vezi in formul (zlasti pri konceptu valenčnih elektronov) pogosto uporabljamo označevanje skupin glavnih elementov z rimskimi številkami od I do VIII (1. skupino – vodik in alkalijske kovine – označimo z rimsko številko I; 2. skupino – zemeljskoalkalijske kovine – označimo z rimsko številko II; skupine elementov od 13 do 18 pa označimo z rimskimi številkami od III do VIII).

## Binarne spojine

Binarne spojine so spojine dveh elementov, npr. voda  $\text{H}_2\text{O}$ , amonijak  $\text{NH}_3$  (Slovenski pravopis navaja ime »amonijak«, Nomenklatura anorganske kemije uporablja ime »amoniak«).

### Zaporedje simbolov elementov v formuli binarne spojine

Zaporedje simbolov elementov temelji na njihovem položaju v periodnem sistemu.

Pri binarnih spojinah z vodikom napišemo vodik na prvo mesto, če je ob elementu 16. ali 17. skupine (VI. oz. VII. skupina po starejšem označevanju); ob elementih ostalih skupin napišemo vodik na drugo mesto. Primeri:

Formula	Pojasnilo
$\text{HF}, \text{H}_2\text{S}$	Fluor je element 17. oz. VII. skupine, žveplo pa element 16. oz. VI. skupine, zato v navedenih primerih napišemo vodik na prvo mesto.
$\text{NH}_3, \text{CaH}_2$	Dušik je element 15. oz. V. skupine, kalcij pa element druge skupine, zato v navedenih primerih napišemo vodik na drugo mesto.

Če sta elementa v isti skupini periodnega sistema, napišemo na prvo mesto element, ki je nižje v periodnem sistemu. Primeri:

Formula	Pojasnilo
$\text{SO}_3$	Žveplo (element 3. periode) je v periodnem sistemu nižje kot kisik (element 2. periode), zato napišemo žveplo na prvo mesto.
$\text{ICl}_5$	Jod (element 5. periode) je v periodnem sistemu nižje kot klor (element 3. periode), zato napišemo jod na prvo mesto.

Če sta elementa v različnih skupinah periodnega sistema, zapisujemo elemente v naslednjem zaporedju (skupine periodnega sistema): 18-1-2-3- ... -15-16-17. Primeri:

Formula	Pojasnilo
$\text{XeF}_2$	Ksenon je element 18. skupine, fluor pa element 17. skupine, zato v skladu z navedenim zaporedjem napišemo ksenon na prvo mesto.
$\text{OCl}_2$	Kisik je element 16. skupine, klor pa element 17. skupine, zato v skladu z navedenim zaporedjem napišemo kisik na prvo mesto.

Binarne spojine kisika in halogenov smo do zdaj zapisovali v zaporedju halogen-kisik (razen spojine  $\text{OF}_2$ ). Tak zapis je močno uveljavljen in se ohranja tudi v mnogih sodobnih tujih virih, zato ga je smiselno dovoljevati na nivoju srednje šole.

### Imenovanje binarnih spojin s števniki (množilnimi predponami)

Slovenskemu imenu prvega elementa v formuli dodamo pripono -ov oz. -ev, pri drugem elementu v formuli pa uporabimo modificirano latinsko ime elementa s končnico -id. Neposredno pred vsak del imena (brez presledka) dodamo ustrezen števnik (množilno predpono), med obema deloma imena pa je presledek.

Števniki (množilne predpone): 1-mono; 2-di; 3-tri; 4-tetra; 5-penta;  
6-heksa; 7-hepta; 8-okta; 9-nona; 10-deka.

Modificirana latinska imena: O-oksidi; S-sulfidi; H-hidridi; F-fluoridi; C-karbid; N-nitrid; P-fosfid.

Primeri:

Formula	Ime	Pojasnilo
$\text{P}_4\text{O}_{10}$	tetrafosforjev dekaoksid	V molekuli so štiri atomi fosforja in deset atomov kisika.
$\text{O}_2\text{Cl}$	dikisikov klorid	V molekuli sta dva atoma kisika in en atom klora.

Predpona »mono« se uporablja le za poudarjanje števila atomov (en atom). V splošnem se končni samoglasnik v števnih (množilnih predponah) ne izpušča. Zaradi uveljavljene rabe je to dovoljeno le pri imenu »monoksid«. Primeri:

Formula	Ime
CO	ogljikov oksid <i>ali</i> ogljikov monoovksid <i>ali</i> ogljikov monoksid
NO	dušikov oksid <i>ali</i> dušikov monoovksid <i>ali</i> dušikov monoksid

Števnike (množilne predpone) lahko izpustimo, če je iz položaja elementov v periodnem sistemu formula binarne spojine nedvoumno določljiva (npr. pri preprostih binarnih ionskih spojinah). Primeri:

Formula	Ime	Pojasnilo
CaCl <sub>2</sub>	kalcijev klorid	Kalcij je element druge skupine (tvori ione z nabojem 2+), klor pa element 17. oz. VII. skupine periodnega sistema (tvori ione z nabojem 1-). Iz velikosti nabojev obeh ionov sklepamo, da je v spojnini množinsko razmerje med njima 1 : 2.
Li <sub>2</sub> O	litijev oksid	Litij je element prve skupine (tvori ione z nabojem 1+), kisik pa element 16. oz. VI. skupine periodnega sistema (tvori ione z nabojem 2-). Iz velikosti nabojev obeh ionov sklepamo, da je v spojnini množinsko razmerje med njima 2 : 1.

Podobno imenujemo tudi amonijeve soli, čeprav formalno to niso binarne spojine. Primer:

Formula	Ime	Pojasnilo
NH <sub>4</sub> Cl	amonijev klorid	Amonijev ion ima naboj 1+ (NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> ). Klor je element 17. oz. VII. skupine periodnega sistema (tvori ione z nabojem 1-). Iz velikosti nabojev obeh ionov sklepamo, da je v spojnini množinsko razmerje med njima 1 : 1.

### Imenovanje binarnih spojin z oksidacijskim številom (Stockov sistem)

V imenih spojin navedemo oksidacijsko število elementa z rimsko številko znotraj okroglega oklepaja neposredno (brez presledka) za imenom elementa, na katerega se nanaša. Pri preprostih binarnih spojinah navedemo le pozitivno oksidacijsko število, torej oksidacijsko število prvega elementa v formuli.

Isti element ima v različnih spojinah lahko različna oksidacijska števila. Pri preprostih binarnih spojinah lahko izračunamo oksidacijsko število določenega elementa z uporabo naslednjih pravil (zaradi lažjega razumevanja so vrednosti oksidacijskih števil v navedenih pravilih izražena z arabskimi številkami):

- vsota oksidacijskih števil vseh elementov v spojnini je 0;
- kovine prve skupine periodnega sistema imajo oksidacijsko število +1, kovine druge skupine +2, kovine 13. oz. III. skupine pa običajno +3;
- kot negativni deli spojin (zapisani desno) imajo elementi 17. oz. VII. skupine periodnega sistema oksidacijsko število -1, elementi 16. oz. VI. skupine -2, elementi 15. oz. V. skupine pa -3.

Pripone oz. končnice se pri imenovanju z oksidacijskim številom uporabljajo enako kot pri imenovanju s števniki (množilnimi predponami). Primeri:

Formula	Ime	Pojasnilo
MnO <sub>2</sub>	manganov(IV) oksid	Z imenom opredelimo oksidacijsko število mangana +4. Oksidacijsko število kisika je -2, a ga ne navedemo.
NiF <sub>2</sub>	nikljev(II) fluorid	Z imenom opredelimo oksidacijsko število niklja +2. Oksidacijsko število fluora je -1, a ga ne navedemo.

## A

**acetat**; glej etanoat

**aktinoidi (aktinidi)**; elementi od torija do vključno lavrencija

**aktivacijska energija**; minimalna energija, ki jo morajo imeti reaktanti, da dosežejo aktivacijsko (prehodno) stanje in nato zreagirajo v produkte; energijska razlika med energijskim stanjem reaktantov in energijskim stanjem aktivacijskega (prehodnega) stanja

**aktivacijski kompleks**; nestabilna struktura (skupek atomov) pri pretvorbi reaktantov v produkte, ki lahko razpade nazaj v reaktante ali pa se pretvori v produkte

**aktivacijsko stanje**; glej prehodno stanje

**alkalija**; glej baza

**alkalijske kovine**; kovine prve skupine periodnega sistema; so zelo reaktivne, njihova reaktivnost se veča po skupini navzdol; imajo nizka tališča in so mehke (z izjemo litija jih lahko režemo z nožem); hranimo jih v nereaktivnih tekočinah (npr. natrij v petroleju) oz. v zataljenih ampulah (npr. cezij); tvorijo ione z nabojem 1+

**alkoholno vrenje**; proces razkroja sladkorja (npr. glukoza) na alkohol (etanol) in ogljikov dioksid s pomočjo encimov gliv kvasovk:  
 $C_6H_{12}O_6 \rightarrow 2C_2H_5OH + 2CO_2$

**alotropija**; pojav, ko se element nahaja v različnih oblikah (alotropskih modifikacijah); npr. kisik se nahaja v obliki dvoatomnih molekul (dikisik  $O_2$ ) ali troatomnih molekul (trikisik ali ozon  $O_3$ ); fosfor se nahaja v obliki belega, rdečega, vijoličnega ali črnega fosforja; ogljik se nahaja v obliki grafit, diamanta ali fulerenov

**alotropske modifikacije**; različne oblike določenega elementa (npr. kisik se nahaja v obliki dvoatomnih molekul  $O_2$  ali troatomnih molekul  $O_3$  – ozon)

**alumosilikati**; silikati, v katerih je del silicijevih ionov zamenjan z aluminijevimi ioni

**amfoternost**; lastnost snovi, da lahko reagira s kisljinami in z bazami (npr. aluminij in aluminijev hidroksid  $Al(OH)_3$  sta amfoterna)

**amini**; organske dušikove spojine; derivati amonijaka, v katerih je eden ali več vodikovih atomov nadomeščenih z organsko substituentno skupino (npr. metilamin  $CH_3NH_2$ )

**amonijak**; brezbarven plin neprijetnega vonja  $NH_3$ ; dobro se raztaplja v vodi, pri čemer nastane bazična raztopina

**amonijev ion**; ion  $NH_4^+$ , ki nastane, ko amonijak sprejme vodikov ion  $H^+$ , npr. od vode:  
 $NH_3 + H_2O \rightleftharpoons NH_4^+ + OH^-$   
 ali od kisline:  $NH_3 + HCl \rightleftharpoons NH_4^+ + Cl^-$

**amorfn snov**; trdna snov, ki nima urejene razporeditve gradnikov (npr. steklo, mnoge plastične mase, oglje)

**anion**; negativno nabit ion (npr.  $Cl^-$ ,  $OH^-$ ,  $O^{2-}$ ,  $SO_4^{2-}$ ); anion nastane, če atom ali atomska skupina sprejme enega ali več elektronov

**anoda**; elektroda, na kateri poteka oksidacija; v galvanskem členu je anoda negativna, v elektrolizni celici je anoda pozitivna

**apatiti**; minerali s sestavo  $Ca_5(PO_4)_3X$  ( $X = F, Cl$  ali  $OH$ ); surovina za pridobivanje fosforja in fosforjevih spojin

**apnec**; trdna snov, ki vsebuje pretežno kalcijev karbonat  $CaCO_3$ ; uporabljamo ga kot gradbeni material in za pridobivanje kalcijevega oksida  $CaO$

**avtoprotoliza vode**; protolitska reakcija med molekulami vode:  $H_2O + H_2O \rightleftharpoons H_3O^+ + OH^-$ ; ravnotežje je pomaknjeno močno v levo

## B

**baterija**; komercialno uporaben galvanski člen

**baza (alkalija, lug)**; snov, ki sprejme vodikov ion  $H^+$  od kisline; v vodnih raztopinah baz prevladujejo hidroksidni ioni  $OH^-$ ; najbolj znane baze so različni kovinski hidroksidi (npr. natrijev hidroksid  $NaOH$ , kalijev hidroksid  $KOH$ , kalcijev hidroksid  $Ca(OH)_2$ ), amonijak  $NH_3$  in amini (npr. metilamin  $CH_3NH_2$ )

**beli fosfor**; najbolj reaktivna oblika (alotropska modifikacija) fosforja; ima štiriatomne molekule  $P_4$  tetraedrične oblike; na zraku se vžge že pri blagem segrevanju, hranimo ga v vodi

**binarna kislina**; spojina dveh elementov s kislimi lastnostmi (npr. klorovodikova kislina  $HCl$ ); v binarnih kislinah je vodikov atom vezan neposredno na nekovinski atom

**binarna spojina**; spojina dveh elementov; najbolj znane binarne spojine so različni oksidi (npr. kalcijev oksid  $CaO$ ), sulfidi (npr. natrijev sulfid  $Na_2S$ ), fluoridi (npr. natrijev fluorid  $NaF$ ), kloridi (npr. natrijev klorid  $NaCl$ ), bromidi (npr. kalijev bromid  $KBr$ ), jodidi (npr. kalijev jodid  $KI$ ), nitridi (npr. aluminijev nitrid  $AlN$ ), karbidi (npr. kalcijev karbid  $CaC_2$ ), hidridi (npr. kalcijev hidrid  $CaH_2$ )

**bireta**; laboratorijska naprava, s katero lahko natančno izmerimo prostornino dodanega tekočega reaktanta; običajno jo uporabljamo pri titraciji; preprosta bireta je dolga in ozka graduirana (z označeno prostornino) steklena cev, ki ima na spodnjem koncu pipo

**boksit**; najpomembnejša aluminijeva ruda; vsebuje različne aluminijeve minerale (predvsem  $AlO(OH)$  in  $Al(OH)_3$ ) ter nekatere železove, titanove in silicijeve spojine

**bromid**; binarna bromova spojina (npr. natrijev bromid  $NaBr$ )

**bromovica**; vodna raztopina broma  $Br_2(aq)$



## C

**cement**; silikatni material, ki ga uporabljamo v gradbeništvu; ob dodatku vode se strdi; običajni (Portlandski) cement dobimo z žganjem drobno zmlete zmesi apnenca in raznih glin pri temperaturi okoli 1500 °C, nastali produkt (klinker) pa po hlajenju še zmeljemo v prah

**centralni ion ali atom**; kovina v koordinacijski (kompleksni) spojini, na katero so vezani ligandi

## D

**DDT**; kratica za insekticid diklorodifeniltrikloroetan  $C_{14}H_9Cl_5$ ; strupena in verjetno kancerogena snov; v naravi se razgrajuje zelo počasi, kopiči se v maščobnih tkivih; njegovo uporabo omejujejo

**diamant**; alotropska modifikacija ogljika; v strukturi diamanta je vsak ogljikov atom tetraedrično povezan s štirimi sosednjimi ogljikovimi atomi; najtrša naravna snov, ne prevaja električnega toka; popolnoma čist je brezbarven; brušen diamant imenujemo briljant; uporablja se za izdelavo nakita ter različnih rezil, brusov, svedrov ipd.; industrijske diamante proizvajamo tudi umetno; najpomembnejša nahajališča diamantov so v Južnoafriški republiki, Kongu, Tanzaniji, Rusiji, Braziliji, Indiji in Avstraliji

**dinamično ravnotežje**; stanje ravnotežnega sistema, v katerem sta hitrosti fizikalnih ali kemijskih sprememb v nasprotnih smereh enaki

**disproporcionacija**; reakcija, pri kateri se določena snov hkrati oksidira in reducira (npr.  $3AuCl \rightarrow AuCl_3 + 2Au$ )

**dušikasta kislina**; sprejemljivo običajno ime za spojino  $HNO_2$ ; dušikova(III) kislina

**dušikova kislina**; sprejemljivo običajno ime za spojino  $HNO_3$ ; dušikova(V) kislina

**dušikova(V) kislina**; brezbarvna jedka tekočina  $HNO_3$ ; močna kislina in močan oksidant, ki raztaplja skoraj vse kovine (razen zlata in platine); na zraku se močno kadi; njene soli so nitrati(V) (npr. natrijev nitrat(V)  $NaNO_3$ )

## E

**eksotermna sprememba**; sprememba (kemijska reakcija ali fizikalni proces), pri kateri se energija sprošča (npr. kondenzacija hlapov, nastanek kemijske vezi)

**ekvivalentna točka**; stanje sistema pri titraciji, v katerem je množina dodanega reagenta ekvivalentna množini snovi v vzorcu

**elektroda**; del galvanskega člana ali elektrolizne celice, na katerem poteka redukcija oz. oksidacija; običajno je iz kovine, lahko pa tudi iz drugačnega prevodnika (npr. grafit)

**elektrokemijska napetostna vrsta**; glej redoks vrsta

**elektrolit**; tekočina, ki prevaja električni tok zaradi prisotnosti ionov; med elektrolite uvrščamo taline ionskih snovi (npr. v talini  $NaCl$  so natrijevi ioni  $Na^+$  in kloridni ioni  $Cl^-$ ) in raztopine, ki vsebujejo ione (npr. raztopine kislin, baz in soli)

**elektrolitski ključ (tekočinski most, solni most)**; cevka napolnjena z elektrolitom (npr. raztopina soli) v galvanskem členu; omogoča prenos naboja in izravnavanje koncentracij nasprotno nabitih ionov med obema polčlenoma tekom reakcije

**elektroliza**; proces, pri katerem s pomočjo električnega toka (enosmerne napetosti) izvedemo redoks reakcije (npr. elektroliza vode  $2H_2O \rightarrow 2H_2 + O_2$ )

**elektrolizna celica**; naprava, v kateri izvajamo elektrolizo

**element**; glej kemijski element

**eloksiranje**; postopek, pri katerem s pomočjo električnega toka na površini aluminija ustvarimo zaščitno plast aluminijevega oksida  $Al_2O_3$ ; anodna oksidacija aluminija; omogoča povečanje odpornosti aluminija proti koroziji

**enačba kemijske reakcije**; glej kemijska enačba

**endotermna sprememba**; sprememba (kemijska reakcija ali fizikalni proces), pri kateri se energija porablja (npr. taljenje ledu, prekinitev kemijske vezi)

**enoprotionska (monoprotionska) kislina**; kislina, ki lahko odda le en vodikov ion  $H^+$  (npr.  $HCl$ ,  $CH_3COOH$ )

**entalpija**; glej sprememba entalpije

**entalpija raztapljanja ( $\Delta H_{raz}$ )**; sprememba entalpije, ko se en mol snovi raztopi v zelo veliki količini topila (npr.:  $KCl(s) \rightarrow K^+(aq) + Cl^-(aq)$ ;  $\Delta H_{raz}(KCl) = +17 \text{ kJ mol}^{-1}$ )

**etanoat (acetat)**; sol etanojske (ocetne) kisline (npr. natrijev etanoat  $CH_3COONa$ )

**etanojska kislina (ocetna kislina)**; karboksilna kislina z dvema ogljikovima atomoma  $CH_3COOH$ ; brezbarvna tekočina značilnega ostrega vonja; nastane pri fermentaciji alkohola s pomočjo ocetnokislinskih bakterij; v jedilnem kisu je približno 4–5 % etanojske kisline; brezvodna (100 %) etanojska kislina se imenuje ledocet

## F

**Faradayeva konstanta**; naboj enega mola elektronov;  $F = 96500 \text{ A s mol}^{-1}$

**fluorid**; binarna fluorova spojina (npr. natrijev fluorid  $NaF$ )

**format**; glej metanoat

**formula**; glej kemijska formula

**fosfat**; sol fosforjeve kisline (npr. natrijev fosfat(V)  $Na_3PO_4$  je sol fosforjeve(V) kisline  $H_3PO_4$ )

# Rešitve računskih nalog

## Poglavje 1.1

- $w(\text{NaCl}) = 0,0625$
- $m(\text{topljenec}) = 20,0 \text{ g}$
- topnost(citr. kis.) = 277 g citr. kis./100 g vode;  
 $w(\text{citr. kis.}) = 0,735$ ;  
 $m(\text{citr. kis.}) = 220 \text{ g}$ ,  $m(\text{H}_2\text{O}) = 80 \text{ g}$
- topnost( $\text{NH}_4\text{Br}$ ) = 75,4 g  $\text{NH}_4\text{Br}$ /100 g vode
- $w(\text{KNO}_3) = 0,240$

## Poglavje 1.2

- $c(\text{NaCl}) = 0,684 \text{ mol/L}$
- $m(\text{NH}_4\text{Cl}) = 0,535 \text{ g}$
- $\gamma(\text{KCl}) = 50 \text{ g/L}$
- $c(\text{NaOH}) = 2,8 \text{ mol/L}$
- $w((\text{NH}_2)_2\text{CO}) = 0,538$ ;  
topnost( $(\text{NH}_2)_2\text{CO}$ ) = 116 g  $(\text{NH}_2)_2\text{CO}$ /100 g vode
- $c(\text{O}_2) = 0,0016 \text{ mol/L}$ ;  $\gamma(\text{O}_2) = 51 \text{ mg/L}$
- $P(\text{O}_2) = 77 \text{ kPa}$

## Poglavje 1.3

- $w(\text{KCl}) = 0,129$                       3.  $w(\text{NaCl}) = 0,220$
- $w(\text{NaCl}) = 0,180$

## Poglavje 2.1

- a)  $v(\text{H}_2\text{O}_2) = 8,0 \cdot 10^{-6} \text{ mol}/(\text{L min})$ ;  
b)  $v(\text{H}_2\text{O}_2) = 8 \cdot 10^{-6} \text{ mol}/(\text{L min})$ ;  
c)  $v(\text{H}_2\text{O}_2) = 9,0 \cdot 10^{-6} \text{ mol}/(\text{L min})$
- a)  $v(\text{H}_2\text{O}_2) = 8,2 \cdot 10^{-6} \text{ mol}/(\text{L min})$ ;  
b)  $v(\text{H}_2\text{O}_2) = 4,9 \cdot 10^{-6} \text{ mol}/(\text{L min})$ ;  
c)  $v(\text{H}_2\text{O}_2) = 2,3 \cdot 10^{-6} \text{ mol}/(\text{L min})$
- $c(\text{N}_2\text{O}_5) = 0,0089 \text{ mol/L}$

## Poglavje 3.1

- a)  $K_c = 169$ ; b)  $K_c = 13$

## Poglavje 3.2

- $K_c = 0,011$
- a)  $K_c = 0,027$ ;  
b)  $[\text{NO}_2] = 0,17 \text{ mol/L}$ ;  
c)  $[\text{N}_2\text{O}_4] = 0,00027 \text{ mol/L}$
- $[\text{NO}_2] = 0,13 \text{ mol/L}$
- $[\text{NOCl}] = 0,030 \text{ mol/L}$ ;  
 $[\text{NO}] = 0,020 \text{ mol/L}$ ;  
 $[\text{Cl}_2] = 0,010 \text{ mol/L}$ ;  
 $K_c = 0,0044$

## Poglavje 4.3

- $[\text{OH}^-] = 6,25 \cdot 10^{-12} \text{ mol/L}$ ; raztopina je kislina
- $[\text{H}_3\text{O}^+] = 0,015 \text{ mol/L}$ ;  $[\text{OH}^-] = 6,7 \cdot 10^{-13} \text{ mol/L}$

## Poglavje 4.5

- $\text{pH} = 2,6$ ;  $\text{pOH} = 11,4$
- $[\text{H}_3\text{O}^+] = 2,5 \cdot 10^{-6} \text{ mol/L}$ ;  
 $[\text{OH}^-] = 4,0 \cdot 10^{-9} \text{ mol/L}$
- $\text{pH} = 12,3$ ;  $\text{pOH} = 1,7$
- $[\text{H}_3\text{O}^+] = 6,3 \cdot 10^{-13} \text{ mol/L}$ ;  
 $[\text{OH}^-] = 1,6 \cdot 10^{-2} \text{ mol/L}$

## Poglavje 4.6

- $\text{NaOH} + \text{HCl} \rightarrow \text{NaCl} + \text{H}_2\text{O}$ ;  
 $m(\text{NaOH}) = 0,0825 \text{ g}$
- $2\text{NaOH} + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{Na}_2\text{SO}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$ ;  
 $V(\text{H}_2\text{SO}_4) = 0,0075 \text{ L} = 7,5 \text{ mL}$

## Poglavje 5.5

- $t = 121 \text{ min}$ ;  
katodna redukcija:  $\text{Cr}^{3+} + 3\text{e}^- \rightarrow \text{Cr}$
- $m(\text{Ag}) = 8,0 \text{ g}$ ;  $Q = 7200 \text{ A s}$ ;  
katodna redukcija:  $\text{Ag}^+ + \text{e}^- \rightarrow \text{Ag}$
- $n(\text{Cl}_2) = 0,0187 \text{ mol}$ ;  $Q = 3600 \text{ A s}$ ;  
anodna oksidacija:  $2\text{Cl}^- \rightarrow \text{Cl}_2 + 2\text{e}^-$