

# MASARYKOVA UNIVERZITA

## PEDAGOGICKÁ FAKULTA

---



# Řešené problémy a příklady z obecné chemie

Hana Cídllová

Kateřina Paschová

Petra Švihelová

Brno 2009



## Předmluva

Sbírka řešených problémů a příkladů z obecné chemie vznikla jako reakce na nedostatek vhodných studijních materiálů pro předměty *Obecná chemie* a *Seminář z obecné chemie* na Pedagogické fakultě Masarykovy univerzity. Studenti PdF MU měli do této doby přístup pouze ke sbírkám příkladů obecné chemie určeným pro studenty Přírodovědecké fakulty či pro studenty jiných fakult, které výběrem učiva i náročností nebyly zcela vhodné pro účely budoucích učitelů chemie.

Příklady a úkoly zařazené v této nově předkládané sbírce odpovídají současným požadavkům kladeným na studenty ve výuce výše zmíněných předmětů na PdF MU.

Sbírka úzce navazuje na připravovanou učebnici *Obecná chemie* (Cídllová, Mokrá, Valová) a procvičuje většinu učivo probíraného v této učebnici. Pro úplnou korespondenci učiva obsaženého v obou kapitolách je ve Sbírce řešených problémů a příkladů doslovně zachováno číslování kapitol z originální učebnice, přestože některé problematiky se v semináři neprocvičují a nejsou proto do sbírky zařazeny. Pořadí číslování kapitol proto ve sbírce není souvislé. Jednotlivé příklady či úlohy jsou v rámci kapitol členěny do oddílů korespondujících s Niemierkovou taxonomií. Oddíly jsou v souladu s touto taxonomií označeny písmeny **A**, **B**, **C**, **D**. Stupeň **C** je pak podrobněji rozpracován do jednotlivých podstupňů (viz kapitola Kritéria kategorií obtížnosti, str. 7).

Výsledky všech příkladů a úloh jsou uvedeny vždy na konci odpovídající kapitoly (tématického celku učiva). Úkoly z oddílů **A**, **B** jsou místo autorského výsledku doplněny většinou pouze odkazem na číslo konkrétní kapitoly ze zmíněné učebnice *Obecná chemie*, kde je možno správnou odpověď vyhledat. U početních příkladů (oddíly **C**, **D**) jsou uvedeny autorské výsledky.

Časová náročnost je stanovena pouze u úloh v oddílech **B**, **C**, **D** a je vždy umístěna nad zadání příkladu.

Studentům mají skripta napomoci k lepšímu pochopení problematiky probírané v předmětu *Seminář z Obecné chemie*, k zopakování učiva probraného v předmětu *Obecná chemie* a k procvičení jednotlivých typů příkladů či úloh. Kromě studentů učitelství chemie má sbírka posloužit také dalším zájemcům o chemii z řad pedagogů, odborníků, studentů i nadanějších žáků.

Doufáme, že Vám tento studijní materiál usnadní studium obecné chemie a přejeme Vám, aby se Vám s ním příjemně pracovalo.

# Obsah

<b>Předmluva</b> .....	<b>3</b>
<b>Kritéria kategorií obtížnosti</b> .....	<b>6</b>
<b>Základní vztahy</b> .....	<b>8</b>
<b>5 Jádru atomu, radioaktivita, jaderné reakce</b> .....	<b>11</b>
<b>6 Modely atomů</b> .....	<b>14</b>
<b>8 Periodický zákon, periodická tabulka, periodicitu chemických a fyzikálních vlastností prvků</b> .....	<b>18</b>
<b>9 Vlnově mechanický výklad chemické vazby</b> .....	<b>21</b>
<b>10 Molekulové orbitály</b> .....	<b>23</b>
Potřebné vztahy.....	25
Řešené příklady.....	26
<b>PŘÍKLADY K SAMOSTATNÉMU ŘEŠENÍ</b> .....	<b>27</b>
<b>11 Víceatomové molekuly – teorie hybridizace</b> .....	<b>28</b>
<b>12 Lokalizace vazeb</b> .....	<b>30</b>
<b>13 Polárnost vazeb</b> .....	<b>31</b>
Potřebné vztahy.....	31
Řešené příklady.....	32
<b>PŘÍKLADY K SAMOSTATNÉMU ŘEŠENÍ</b> .....	<b>33</b>
<b>14 Vlastnosti kovalentních sloučenin</b> .....	<b>35</b>
<b>15 Koordinační sloučeniny</b> .....	<b>36</b>
Řešené příklady:.....	36
<b>PŘÍKLADY K SAMOSTATNÉMU ŘEŠENÍ</b> .....	<b>38</b>
<b>16 Slabé vazebné interakce</b> .....	<b>40</b>
<b>17 Vodíková vazba (vodíkové můstky)</b> .....	<b>41</b>
<b>18 Vazba v biopolymerech</b> .....	<b>42</b>
<b>19 Iontová vazba</b> .....	<b>43</b>
<b>20 Kovová vazba</b> .....	<b>45</b>
<b>21 Skupenské stavy látek</b> .....	<b>47</b>
21.1 Plyny .....	47
Potřebné vztahy.....	49
Řešené příklady.....	51
<b>PŘÍKLADY K SAMOSTATNÉMU ŘEŠENÍ</b> .....	<b>63</b>
21.2 Kapaliny .....	67
21.4 Fázové rovnováhy .....	68
Potřebné vztahy.....	71
Řešené příklady.....	72
<b>PŘÍKLADY K SAMOSTATNÉMU ŘEŠENÍ</b> .....	<b>74</b>
<b>22 Krystalová struktura</b> .....	<b>76</b>
Potřebné vztahy.....	79
Řešené příklady.....	81
<b>PŘÍKLADY K SAMOSTATNÉMU ŘEŠENÍ</b> .....	<b>84</b>
<b>23 Základy termodynamiky</b> .....	<b>86</b>
Potřebné vztahy.....	88
Řešené příklady.....	92
<b>PŘÍKLADY K SAMOSTATNÉMU ŘEŠENÍ</b> .....	<b>97</b>
<b>24 Chemická rovnováha</b> .....	<b>101</b>
Potřebné vztahy.....	103
Řešené příklady.....	104

PŘÍKLADY K SAMOSTATNÉMU ŘEŠENÍ.....	106
<b>26 Koligativní vlastnosti.....</b>	<b>108</b>
Potřebné vztahy .....	109
Řešené příklady .....	110
PŘÍKLADY K SAMOSTATNÉMU ŘEŠENÍ.....	112
<b>Výsledky .....</b>	<b>113</b>
5. kapitola .....	113
6. kapitola .....	114
7. kapitola .....	115
8. kapitola .....	116
9. kapitola .....	117
10. kapitola .....	117
11. kapitola .....	121
12. kapitola .....	123
13. kapitola .....	123
14. kapitola .....	124
15. kapitola .....	124
16. kapitola .....	128
17. kapitola .....	128
18. kapitola .....	129
19. kapitola .....	130
20. kapitola .....	130
21. kapitola (21.1. plyny) .....	131
21. kapitola (21.2. kapaliny).....	132
21. kapitola (21.4. fázové rovnováhy).....	133
22. kapitola .....	135
23. kapitola .....	137
24. kapitola .....	138
26. kapitola .....	138
<b>Konstanty .....</b>	<b>140</b>
<b>Literatura .....</b>	<b>141</b>

## Kritéria kategorií obtížnosti

Kritéria obtížnosti jednotlivých příkladů v této sbírce vycházejí z Niemierkovy taxonomie vzdělávacích cílů v kognitivní oblasti. Tato taxonomie zavádí 4 úrovně osvojování znalostí, z nichž první dvě jsou zaměřené na získávání vědomostí. Zbývající úrovně se věnují získávání dovedností, tedy aplikaci poznatků (vědomostí).

A	<b>Zapamatování poznatků</b> Tato kategorie zjišťuje, jestli je žák schopen vybavit si určitá fakta, termíny, zákony, přičemž je nesmí mezi sebou zaměňovat. <i>Typická aktivní slovesa: definovat, napsat, opakovat, pojmenovat, reprodukovat,..</i>
B	<b>Porozumění poznatkům</b> V této fázi je žák schopen zapamatované poznatky reprodukovat v jiné formě než v té, ve které si je zapamatoval, dovede poznatky uspořádat či zestručnit. <i>Typická aktivní slovesa: jinak formulovat, ilustrovat, objasnit, odhadnout, přeložit, převést, říci vlastními slovy,..</i>
C	<b>Používání vědomostí v typových situacích</b> Žák dokáže využít vědomostí k řešení situací, které byly ve výuce řešeny. <i>Typická aktivní slovesa: aplikovat, použít, prokázat, diskutovat, vyzkoušet, demonstrovat, načrtnout, registrovat,..</i>
D	<b>Používání vědomostí v problémových situacích</b> Žák dovede použít získaných vědomostí k řešení problémových situací, které nebyly ve výuce řešeny. <i>Typická aktivní slovesa: rozhodnout, provést rozbor, kombinovat, prověřit, zhodnotit, posoudit, vyvrátit,..</i>

Tab. 1: Niemierkova taxonomie vzdělávacích cílů v kognitivní oblasti

Skripta jsou také v tomto smyslu koncipována. Nejdříve jsou vždy uvedeny úlohy vyžadující pouhou reprodukci zapamatovaných poznatků (označeny písmenem **A**), poté přicházejí na řadu úlohy, které již vyžadují porozumění těmto poznatkům (označeny písmenem **B**).

Následuje pasáž zaměřená na aplikaci vědomostí v typových situacích (označeno písmenem **C**). Aby bylo zvládnutí tohoto stupně co nejsnadnější, jsou na začátku tohoto oddílu vždy uvedeny vzorové úlohy, které vysvětlují řešení typových příkladů. Poté následuje sekce vybraných příkladů, které jsou určeny k samostatnému řešení pro studenty.

Poslední stupeň je označen písmenem **D**. Příklady z tohoto oddílu řeší problémové netypové situace. Postupy řešení těchto složitějších příkladů nejsou již uvedeny ve vzorových úlohách a vyžadují složitější myšlenkové operace, znalost většího množství poznatků než odpovídá základnímu kurzu obecné chemie apod.

### Návrh rozšíření taxonomie stupňů C a D Niemierkovy taxonomie

Vzhledem k tomu, že rozmanitost příkladů je velká a existují podstatné rozdíly mezi těmito příklady v náročnosti na jejich řešení, byl při tvorbě sbírky 3. stupeň Niemierkovy taxonomie rozšířen. Obtížnost řešení jednotlivých úloh je klasifikována na další podúrovně

podle počtu myšlenkových operací, které musí postupně žák či student vykonat, aby příklad vyřešil (tab. 2 a tab. 3).

<b>C1a</b>	použití jednoho vzorce, bez převodů jednotek
<b>C1b</b>	C1a + převody jednotek, práce s tabulkami
<b>C1c</b>	C1b + jednoduchá úvaha, trojčlenka, práce s procenty
<b>C1d</b>	C1d + sestavení chemické rovnice
<b>C2a</b>	kombinace 2 vzorců, bez převodů jednotek
<b>C2b</b>	C2a + převody jednotek, práce s tabulkami
<b>C2c</b>	C2b + kombinace 2 vzorců, převody jednotek, práce s tabulkami, jednoduchá úvaha, trojčlenka, práce s procenty
<b>C2d</b>	C2c + sestavení chemické rovnice
<b>C3a</b>	kombinace 3 a více vzorců, bez převodů jednotek
<b>C3b</b>	C3a + převody jednotek, práce s tabulkami
<b>C3c</b>	C3b + jednoduchá úvaha, trojčlenka, práce s procenty
<b>C3d</b>	C3c + sestavení chemické rovnice

**Tab. 2: Navržené podstupně ve stupních C a D Niemiřkovy taxonomie**

## Základní vztahy

Základní vztahy se prolínají celou sbírkou příkladů a jejich znalost je nezbytnou podmínkou k řešení uvedených příkladů. V sekci řešených příkladů jsou tyto vztahy značeny souhrnně písmenem B<sup>1</sup> a jsou doplněny číslem, které udává, o jaký konkrétní vztah se jedná.

### Základní vztahy pro látkové množství:

$$A_r = \frac{m_a}{m_u}, \text{ resp. } M_r = \frac{m_m}{m_u}, \quad (\text{B1})$$

kde

$A_r$  ..... relativní atomová hmotnost (bezrozměrné číslo)

$M_r$  ..... relativní molekulová hmotnost (bezrozměrné číslo)

$M_a$  ..... hmotnost atomu (kg)

$m_m$  ..... hmotnost molekuly (kg)

$m_u$  ..... atomová hmotnostní jednotka (kg)

$$n = \frac{N}{N_A}, \quad (\text{B2})$$

kde

$n$  ..... látkové množství (mol)

$N$  ..... počet sledovaných částic

$N_A$  ..... Avogadrova konstanta ( $\text{mol}^{-1}$ )

$$n = \frac{m}{M}, \quad (\text{B3})$$

kde

$n$  ..... látkové množství (mol)

$m$  ..... hmotnost (g)

$M$  ..... molární hmotnost ( $\text{g mol}^{-1}$ )

### Molární zlomek:

$$x_i = \frac{n_i}{n_{\text{celk}}}, \quad (\text{B4})$$

kde

$x_i$  ..... molární zlomek sledované i-té složky (bezrozměrné číslo)

$n_i$  ..... látkové množství sledované i-té složky (mol)

$n_{\text{celk}}$  ..... celkové látkové množství v soustavě (mol)

---

<sup>1</sup> Označení základních vztahů písmenem B vychází z anglického slova *basis* - základ.



**Molární objem:**

$$V_m = \frac{V}{n}, \quad (\text{B5})$$

kde

 $V_m$  ..... molární objem (např.  $\text{dm}^3 \text{mol}^{-1}$ ) $V$  ..... objem látky (např.  $\text{dm}^3$ ) $n$  ..... látkové množství dané látky (mol)**Látková (dříve tzv. molární) koncentrace:**

$$c = \frac{n}{V}, \quad (\text{B6})$$

kde

 $c$  ..... látková koncentrace ( $\text{mol m}^{-3}$ ) $n$  ..... látkové množství dané látky (mol) $V$  ..... objem (např.  $\text{m}^3$ )**Molalita - využití např. v kryoskopii a ebulioskopii**

$$c_{m,i} = \frac{n_i}{m}, \quad (\text{B7})$$

kde

 $c_{m,i}$  ..... molární koncentrace rozpuštěné (netěkavé) látky v roztoku ( $\text{mol kg}^{-1}$ ) $n_i$  ..... látkové množství rozpuštěné látky  $i$  (mol) $m$  ..... hmotnost rozpouštědla (kg)**Definice hustoty:**

$$\rho = \frac{m}{V}, \quad (\text{B8})$$

kde

 $\rho$  ..... hustota (např.  $\text{g dm}^{-3}$ ) $m$  ..... hmotnost (např. g) $V$  ..... objem (např.  $\text{dm}^3$ )**Objem krychle:**

$$V = a^3, \quad (\text{B9})$$

kde

 $V$  ..... objem krychle (např.  $\text{m}^3$ ) $a$  ..... délka hrany krychle (např. m)

**Objem koule:**

$$V = \frac{4}{3} \pi r^3, \quad \text{(B10)}$$

kde

$V$  ..... objem koule (např. m<sup>3</sup>)

$\pi$  ..... Ludolfovo číslo (bezrozměrné číslo),  $\pi \doteq 3,14$

$r$  ..... poloměr koule (např. m)

## 5 Jádro atomu, radioaktivita, jaderné reakce

---

1. Vysvětlete následující pojmy:
  - protonové číslo, nukleonové číslo, neutronové číslo,
  - nuklid, prvek,
  - izobar, izoton, izotop,
  - hmotnost jádra,
  - hmotnostní defekt,
  - vazebná energie jádra,
  - přirozená a umělá radioaktivita,
  - $\alpha$ -,  $\beta$ -,  $\gamma$ - záření,
  - poločas rozpadu,
  - jaderné reakce,
  - transmutace,
  - štěpné reakce,
  - termonukleární reakce.
2. Formulujte:
  - posuvové zákony,
  - zákon zachování protonového čísla,
  - zákon zachování nukleonového čísla.
3. Popište chování  $\alpha$ ,  $\beta$  a  $\gamma$ - paprsků v elektrickém a magnetickém poli.
4. Načrtněte graf časové závislosti počtu nerozpadlých jader ve vzorku.
5. Zapište vzorcem exponenciální zákon radioaktivní přeměny.
6. Uveďte 3 příklady využití radioaktivity.
7. Popište postup obohacování uranu.

---

### B

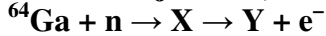
1. Izotop  $^{67}\text{Ga}$  je používán v medicíně při zkoumání různých nádorů. Kolik protonů je obsaženo v jádře tohoto izotopu? A kolik neutronů? Protonové i nukleonové číslo správně dopište ke značce prvku.
2. Posuďte, které z následujících výroků jsou správné a které jsou nesprávné. Odpovědi zdůvodněte.
  - a) Prvek je látka tvořená souborem atomů, které mají shodný počet protonů, elektronů a neutronů.
  - b) Většina prvků je tvořena více než jedním nuklidem.
  - c) Význam pojmů izotop a nuklid je shodný.
  - d) Izobary jsou atomy, které mají stejné nukleonové číslo.

- e) Izotopy téhož prvku mají stejné chemické i fyzikální vlastnosti.
  - f) Jaderná vazebná energie vztážená na jeden nukleon je největší u jader s nejvyššími počty nukleonů.
  - g) V přírodě se nevyskytují sloučeniny radioaktivních nuklidů.
  - h) Za čas rovnající se trojnásobku poločasu rozpadu radioaktivního nuklidu zůstane nepřeměněna  $1/2 : 3 = 1/6$  původního množství nuklidu.
  - i) Vyzářením pozitronu vznikne jádro, které má protonové číslo o jednotku menší než původní jádro.
  - j) Nuklidy, u nichž je poměr počtu neutronů a protonů menší než jedna, se mohou stabilizovat emisí pozitronu.
3. Schematicky znázorněte graf závislosti vazebné energie připadající na jeden nukleon na nukleonovém čísle A u jader přírodních nuklidů
- 

## C

1. Určete poločas přeměny  $^{40}\text{K}$ . Jeho přeměnová konstanta je  $\lambda = 5,3 \cdot 10^{-10} \text{ rok}^{-1}$ .
2. Určete poločas rozpadu radioaktivního nuklidu  $^A_Z\text{X}$ , víte-li, že po 40 minutách zůstalo nerozloženo 3,125% původního množství nuklidu.
3. Poločas přeměny  $^{226}\text{Ra}$  je  $t_{1/2} = 1582$  roků.
  - a) Kolik procent  $^{226}\text{Ra}$  zůstane ve vzorku po 4 800 rocích?
  - b) Kolik procent  $^{226}\text{Ra}$  se přemění za 6 400 roků?
4. Jedním z nejpoužívanějších izotopů v nukleární medicíně je  $^{99\text{m}}\text{Tc}$  (poločas přeměny 6,01 hodin). Jestliže technik ráno v 7:00 připraví 1,0 ng  $^{99\text{m}}\text{Tc}$ , kolik ho bude mít lékař k dispozici v 9:00?
5. Poměr počtu atomů nuklidů  $^{14}_6\text{C}$  k  $^{12}_6\text{C}$  zjištěný ve vzorku dřeva byl 0,785× nižší než je tento poměr ve dřevě současně rostoucích stromů. Poločas přeměny  $^{14}_6\text{C}$  je 5 730 roků, množství nuklidu  $^{12}_6\text{C}$  se s časem nemění. Vypočítejte stáří vzorku dřeva.
4. Stabilní promethium v přírodě neexistuje, všechny jeho izotopy jsou radioaktivní. Napište rovnicemi rozpad:
  - a)  $^{142}\text{Pm}$  za vysílání  $\beta^+$  záření
  - b)  $^{147}\text{Pm}$  za vysílání  $\beta^-$  záření
5. Fosfor  $^{32}\text{P}$  se používá při léčbě leukémie. Rozpadá se za současného vysílání  $\beta^-$  záření. Napište tento děj rovnicí.
6. Doplňte rovnici jaderného děje (vzniká jediná částice):  
 $^{67}\text{Ga} + e^- \rightarrow \dots$

7. Určete jádra X, Y v zápise jaderné přeměny



8. Napište jadernou rovnici pro:

- a) srážku dvou jader uhlíku  ${}^{12}\text{C}$  za vzniku jádra sodíku  ${}^{23}\text{Na}$  a jedné další částice
- b) reakci plutonia  ${}^{239}\text{Pu}$  s neutronem za vzniku cínu  ${}^{130}\text{Sn}$ , jiného jádra a za současného uvolnění čtyř neutronů

9. Napište rovnici jaderných dějů probíhajících při:

- a) reakci hliníku  ${}^{27}\text{Al}$  s deuteriem  ${}^2_1\text{H}$ , kde produktem je částice alfa záření a jiné jádro
- b) jádra  ${}^{98}\text{Mo}$  s jedním neutronem, kde produktem je molybden  ${}^{99}\text{Mo}$
- c) reakci kalifornia  ${}^{250}\text{Cf}$  s borem  ${}^{11}\text{B}$  za vzniku jiného jádra a odštěpení čtyř neutronů
- d) reakci mědi  ${}^{65}\text{Cu}$  s uhlíkem  ${}^{12}\text{C}$  za vzniku jiného jádra a odštěpení tří neutronů

10. Doplňte rovnice jaderných dějů určením chybějících částic na prázdných místech:

- a)  $\_ \rightarrow \_{}^{-1}\text{e} + \_{}^{49}_{26}\_$
- b)  $\_{}^{76}\text{Kr} + \_{}^{-1}\text{e} \rightarrow \_$
- c)  $\_ + \_{}^4_2\text{He} \rightarrow \_{}^1_0\text{n} + \_{}^{12}_6\_$
- d)  $\_{}^{27}_{13}\text{Al} + \_ \rightarrow \_{}^4_2\_ + \_{}^{24}_{11}\_$

11. Které nuklidy vznikají při následujících radioaktivních přeměnách?

- a)  ${}^{238}_{92}\text{U}$  po emisi  $\alpha$ -částic
- b)  ${}^{11}_6\text{C}$  po emisi pozitronu
- c)  ${}^{239}_{92}\text{U}$  po emisi elektronu

## 6 Modely atomů

---

### A

1. Definujte nebo vysvětlete následující pojmy:
    - orbital
    - atomový orbital
    - molekulový orbital
    - hraniční plocha
    - uzlová rovina
  2. Popište vlnově-mechanický model atomu.
  3. Vyjmenujte základní postuláty Daltonovy atomové teorie
  4. Popište:  
Thomsonův model atomu,  
Rutherfordův model atomu.
  5. Formulujte Bohrovy postuláty.
- 

### B

1. Posuďte, které z následujících výroků jsou správné a které jsou nesprávné. Odpovědi zdůvodněte.
    - a) Atomy vydávají nebo přijímají energii jen v celistvých násobcích určitého energetického kvanta.
    - b) Z hlediska představy kvantové mechaniky mají elektrony pouze vlnový charakter.
    - c) V základním stavu atomu se mohou elektrony nacházet pouze na přípustných energetických hladinách, kdežto v excitovaném stavu setrvávají na tzv. zakázaných energetických hladinách.
    - d) Pravděpodobnost výskytu elektronu v daném místě prostoru kolem atomového jádra závisí na hodnotě  $|\Psi|^2$ , kde  $\Psi$  je tzv. vlnová funkce.
  2. Na příkladu atomu vodíku ukažte, v čem se liší Bohrova teorie od kvantově mechanické
- 

### C

1. Vypočítejte frekvenci a energii záření s  $\lambda = 670,8$  nm vznikajícího při zahřívání solí  $\text{Li}^+$  v plameni.

**Dodat více výpočetních příkladů tohoto typu!!!**

## 7 Elektronový obal atomu, atomové orbitály, výstavba elektronového obalu, ionty

---

### A

1. Vyjmenujte kvantová čísla popisující atom a uveďte, jak se značí a co charakterizují. Znáte ještě další kvantové číslo, případně. čísla?
2. Definujte nebo vysvětlete následující pojmy:
  - elektronová vrstva
  - energetická hladina
  - degenerované orbitály
  - kation
  - anion
3. Nakreslete tvary orbitalů 1s, 2s, 2p, 3s, 3p a 3d. Symbolicky berte v úvahu i velikost orbitalů.
4. Vysvětlete následující pojmy:
  - elektronová konfigurace
  - základní a excitovaný stav atomu
  - excitace, deexcitace
5. Formulujte následující pravidla či principy a vysvětlete jejich použití:
  - výstavbový princip
  - pravidlo  $(n + \ell)$
  - Pauliho princip
  - Hundovo pravidlo

### B

1. Posuďte, které z následujících výroků jsou správné a které jsou nesprávné. Odpovědi zdůvodněte.
  - a) Tvar a vnitřní struktura orbitalů  $2p_z$  a  $3p_z$  jsou stejné, liší se pouze velikost těchto orbitalů.
  - b) 3d-orbitály se zaplňují elektrony až po zaplnění orbitalu 4s dvěma elektrony. Při vzniku kationu  $Fe^{2+}$  se proto odštěpí 2 elektrony z orbitalu 3d a ne z orbitalu 4s.
  - c) Energie orbitalu s daným hlavním a vedlejším kvantovým čísle nezávisí na atomovém čísle prvku.
  - d) Zaplňování degenerovaných atomových orbitalů elektrony se uskutečňuje tak, aby součet spinů všech elektronů atomu měl maximální hodnotu.
  - e) Valenční sféru atomu tvoří orbitály, které jsou částečně nebo úplně zaplněny elektrony a které nebyly ani částečně zaplněny v atomu předcházejícího vzácného plynu.

2. Seřad'te orbitály s, p, d, f ve vrstvách s hlavními kvantovými čísly 1 až 7 podle pořadí, ve kterém jsou postupně zaplňovány elektrony.
3. V každé trojici označte orbital s největší energií:
  - a) 1s, 2s, 2p
  - b) 2s, 2p, 3d
  - c) 3p, 3d, 4s
  - d) 4s, 3d, 4p
  - e) 6s, 4f, 3d
4. Zapište elektronovou konfiguraci valenční sféry následujících prvků: N, Te, B a Rb.
5. Jaká obecná elektronová konfigurace je charakteristická pro:
  - a) alkalické kovy,
  - b) chalkogeny,
  - c) kovy alkalických zemin,
  - d) halogeny,
  - e) vzácné plyny

**DOPLNIT!!!** Magnetické kvantové číslo  $m$ , spinové kvantové číslo  $s$

6. Napište elektronové konfigurace těchto atomů a iontů:  
B, O, Mg, P,  $K^+$ ,  $H^-$ , Ar
7. Které elektricky neutrální atomy mají následující konfigurace valenční sféry?  
V případě, že se jedná o elektronové konfiguraci valenční sféry d-prvků, jde vždy o prvky, které nemají vyjímky ve výstavbovém principu.
  - a)  $3s^2 3p^5$
  - b)  $4s^2 3d^2$
  - c)  $4s^2 3d^7$
  - d)  $4s^2 4p^3$
  - e)  $5s^2 4d^{10}$
8. Určete, která z následujících tvrzení o atomech A, B s následujícími elektronovými konfiguracemi A ( $1s^2 2s^2 2p^6 3s^1$ ), B ( $1s^2 2s^2 2p^6 6s^1$ ) jsou nesprávná:
  - a) k přeměně A na B je potřeba dodat energii
  - b) A představuje atom sodíku
  - c) A a B jsou atomy různých prvků
  - d) odtržení jednoho elektronu vyžaduje méně energie u atomu A než u atomu B.
9. Jaký nejvyšší počet elektronů může být v energetických hladinách s následujícími skupinami degenerovaných orbitalů?
  - a) 4f
  - b) 5d
  - c) 5f
  - d) 6p



10. Vypočítejte multiplicitu šesti elektronů v orbitalech 3d a 4f v níže uvedených schématech a pomocí pravidla maximální multiplicity rozhodněte, která z uvedených obsazení orbitalů 3d a 4f jsou správná za předpokladu, že příslušný atom je v základním stavu.

- a) 

↑↓	↓	↓	↓	↓	↓
----	---	---	---	---	---

 3d
- b) 

↑↓	↓	↑	↓	↑	↑
----	---	---	---	---	---

 3d
- c) 

↑↓	↑	↑	↑	↑	↑
----	---	---	---	---	---

 3d
- d) 

↑↓	↑↓	↓	↑			
----	----	---	---	--	--	--

 4f
- e) 

↑↓	↑↓	↑↓				
----	----	----	--	--	--	--

 4f
- f) 

↑↓	↑	↑	↑	↑	↑		
----	---	---	---	---	---	--	--

 4f
- g) 

↑	↑	↑	↑	↑			
---	---	---	---	---	--	--	--

 4f

11. Zjistěte, zda mohou existovat orbitály s následujícími kombinacemi kvantových čísel. Pokud nemohou, odůvodněte to.

- a)  $n = 5, l = 2, m_l = 3$   
 b)  $n = 3, l = 3, m_l = 2$   
 c)  $n = 4, l = 0, m_l = 0$

12. V elektricky neutrálním atomu jistého prvku je následující počet elektronů ve vrstvách s hlavním kvantovým číslem:

$n = 1 \dots 2$  elektrony,  $n = 2 \dots 8$  elektronů,  $n = 3 \dots 8$  elektronů,  $n = 4 \dots 1$  elektron.

Na základě uvedených hodnot zjistěte:

- a) atomové číslo prvku  
 b) celkový počet elektronů orbitalech s, p a d v atomu tohoto prvku  
 c) počet protonů v jádře atomu tohoto prvku  
 d) počet neutronů v jádře atomu tohoto prvku  
 e) o který prvek se jedná

## 8 Periodický zákon, periodická tabulka, periodicitu chemických a fyzikálních vlastností prvků

---

### A

1. Formulujte periodický zákon:

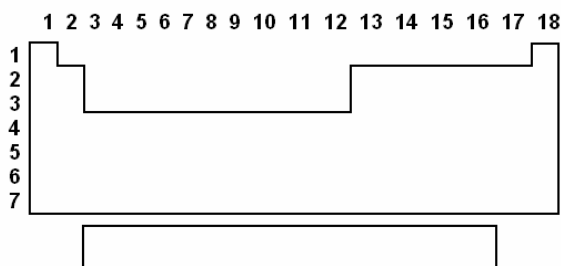
- původní znění
- znění používané dnes

2. Definujte nebo vysvětlete následující pojmy:

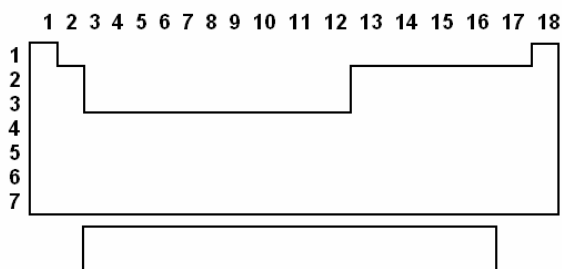
- valenční elektrony,
- perioda,
- skupina,
- nepřechodné prvky,
- přechodné prvky,
- vnitřně přechodné prvky,
- s-, p-, d- a f-prvky,
- primární a sekundární periodicitu,
- atomové a iontové poloměry,
- lanthanoidová kontrakce, aktinoidová kontrakce,
- ionizační energie,
- elektronová afinita,
- elektronegativita,
- oxidační číslo.

3. Do schématu periodické tabulky prvků vyznačte (pomocí symbolů uvedených v závorkách) umístění následujících skupin prvků v PSP:

a) nepřechodných (N), přechodných (P) a vnitřně přechodných (VP)



b) s-, p-, d- a f-prvků



4. Vyjmenujte, které prvky se řadí do následujících skupin:
  - a) lehké platinové kovy
  - b) těžké platinové kovy
  - c) triáda železa
5. Za pomoci periodické tabulky prvků vypište prvky, které náležejí do skupiny:
  - a) transuranů
  - b) prvků vzácných zemin
6. Pojmenujte prvky 1., 2., 16., 17. a 18. skupiny jejich skupinovými názvy.
7. Vyřešte následující úkoly:
  - a) Nakreslete schéma dlouhé formy periodické tabulky prvků,
  - b) do schématu umístěte prvních 18 prvků.
  - c) Zapište, jak se nazývají jednotlivé periody v tabulce.
  - d) V dlouhé formě periodické tabulky vyhledejte 3d-, 4d-, 5d-přechodné prvky.

---

**B**

1. Pro prvky A ( $[\text{Ar}] 4s^2$ ) a B ( $[\text{Ar}] 4s^2 3d^{10} 4p^5$ ) určete, aniž byste zjišťovali, o které prvky se jedná
  - a) zda jsou kovy nebo nekovy
  - b) zda jsou přechodnými prvky
  - c) zda mají vysoké nebo nízké hodnoty ionizační energie, elektronové afinity a elektronegativity
  - d) který oxidační stupeň bude u nich nejstálější
  - e) který z nich má větší atomový poloměr
2. Posuďte, které z následujících výroků jsou správné a které nesprávné. Odpovědi zdůvodněte.
  - a) Periodický zákon zní: vlastnosti prvků jsou periodickou funkcí jejich relativních atomových hmotností.
  - b) Existuje více nekovových prvků než kovů.
  - c) Přechodné prvky nemají typické vlastnosti kovů, ale nejsou to nekovy.
  - d) Z pozorování vlastností kovů alkalických zemin a prvků skupiny zinku vyplývá, že elektronová konfigurace  $(n - 1)d^{10} ns^2$  je stabilnější než elektronová konfigurace  $ns^2$ .

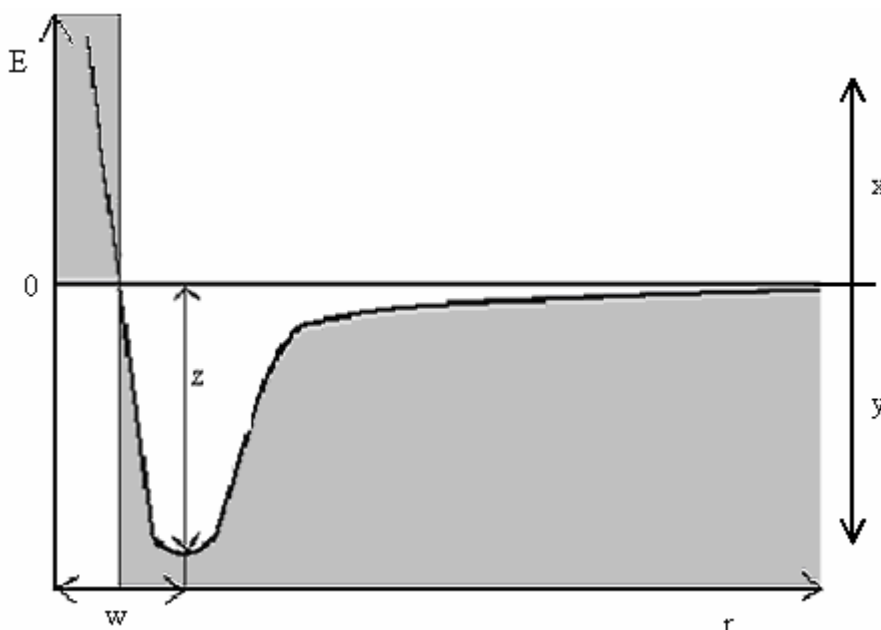
- e) Pořadí prvků uspořádaných podle vzrůstajících atomových čísel je v některých případech jiné, než pořadí prvků uspořádaných podle vzrůstajících relativních atomových hmotností.
3. Bez použití tabelovaných hodnot seřaďte prvky a ionty ve skupinách podle vzrůstající velikosti jejich kovalentních (iontových) poloměrů:
- B, C, Al, Na, K
  - O, F, Li, Be, Cs
  - $K^+$ ,  $Rb^+$ ,  $Be^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$ ,  $Ca^{2+}$
  - O,  $O^{2-}$ , F,  $S^{2-}$
4. Bez použití tabelovaných hodnot seřaďte prvky v následujících skupinách podle vzrůstající hodnoty elektronové afinity:
- Li, Na, K, C, F
  - P, As, Sb, Sn
  - F, Cs, S, Ca
5. Kolik různých ionizačních energií má atom sodíku?
6. Proč u atomu vodíku existuje pouze první ionizační energie? Proč pro jakýkoli prvek s výjimkou vodíku má první ionizační energie nejmenší hodnotu?
7. Vyberte správnou alternativu.  
S rostoucí hodnotou elektronegativity prvku stoupá/klesá schopnost atomu přitáhnout si vazebný elektronový pár.
8. Seřaďte prvky - As, Ba, Ca, Cs, F, O, S, Se - podle vzrůstající elektronegativity. Určete, který z uvedených prvků je „nejkovovější“.

## 9 Vlnově mechanický výklad chemické vazby

### A

1. Které podmínky musí být splněny, aby mohla vzniknout chemická vazba?
2. Vysvětlete následující pojmy:
  - vazebná energie,
  - disociační energie,
  - délka vazby.
3. Graf znázorňuje závislost potenciální energie soustavy dvou atomů  $E$  na vzdálenosti těchto atomů  $r$ .  
Popisky  $w$ ,  $x$ ,  $y$ ,  $z$  v grafu spojte se správnými vysvětlivkami a)-d)

$w$	a) převládající meziatomové přitažlivé síly
$x$	b) převládající meziatomové odpudivé síly
$y$	c) délka chemické vazby
$z$	d) vazebná energie



4. Vyberte správnou odpověď: Meziatomová vzdálenost v kovalentní chemické vazbě je řádově:
  - a)  $10^{-6}$  m,
  - b)  $10^{-9}$  m,
  - c)  $10^{-10}$  m,
  - d)  $10^{-11}$  m,
  - e)  $10^{-12}$  m.

## B

1.  2 min

Najděte v tabulkách délku vazeb v těchto sloučeninách:

$\text{KI}$ ,  $\text{CaF}_2$ ,  $\text{H}_2\text{S}$ ,  $\text{CH}_4$ ,  $\text{SiH}_4$

2.  1 min

V každé skupině vazeb vyberte vazbu s nejdělsí a s nejkratší meziatomovou vzdáleností. Tabulku nepoužívejte.

a)  $\text{C} - \text{C}$ ,  $\text{C} = \text{C}$ ,  $\text{C} \equiv \text{C}$

b)  $\text{C} - \text{F}$ ,  $\text{C} - \text{Cl}$ ,  $\text{C} - \text{Br}$ ,  $\text{C} - \text{I}$

c)  $\text{O} - \text{H}$ ,  $\text{S} - \text{H}$ ,  $\text{Se} - \text{H}$

---



## 10 Molekulové orbitály

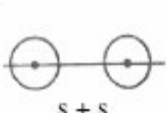
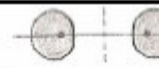

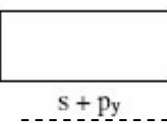


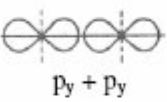


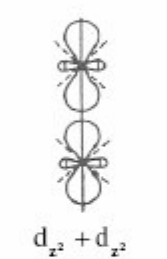
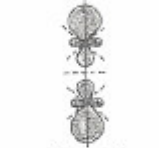
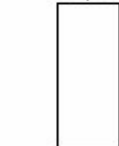
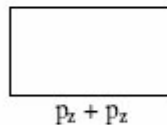


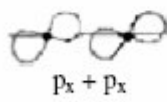


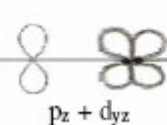

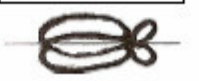
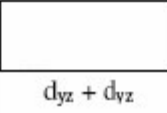


---

### A

1. Vysvětlete následující pojmy:
    - atomové orbitály,
    - hybridizované atomové orbitály,
    - molekulové orbitály,
    - vazebné molekulové orbitály,
    - antivazebné molekulové orbitály,
    - nevazebné atomové orbitály.
  2. Kolik molekulových orbitalů vzniká překrytím a vzájemnou interakcí dvou atomových orbitalů?
  3. Vyjmenujte a formulujte pravidla pro zaplňování molekulových orbitalů elektrony.
- 

### B

1.  8 min  
Zakreslete diagram molekulových orbitalů pro:
  - a) interakci dvou atomových orbitalů 1s (např. molekula  $H_2$ ),
  - b) interakci dvou atomových orbitalů 1s, dvou atomových orbitalů 2s a dvou atomových orbitalů 2p (např. molekula  $O_2$ ).
2.  5 min  
Doplňte chybějící obrázky v tabulce (místa pro doplnění údajů jsou označena rámečkem):

	interagující AO	výsledné MO
rostoucí energie ↑ E	 s + s	 $\sigma_s^*$ antivazebný  $\sigma_s^b$ vazebný
rostoucí energie ↑ E	 s + p <sub>y</sub>	 $\sigma_{sy}^*$ antivazebný  $\sigma_{sy}^b$ vazebný
rostoucí energie ↑ E	 p <sub>y</sub> + p <sub>y</sub>	 $\sigma_y^*$ antivazebný  $\sigma_y^b$ vazebný
rostoucí energie ↑ E	 d <sub>z<sup>2</sup></sub> + d <sub>z<sup>2</sup></sub>	 $\sigma_{z^2}^*$ antivazebný  $\sigma_{z^2}^b$ vazebný
rostoucí energie ↑ E	 p <sub>z</sub> + p <sub>z</sub>	 $\pi_z^*$ antivazebný  $\pi_z^b$ vazebný
rostoucí energie ↑ E	 p <sub>x</sub> + p <sub>x</sub>	 $\pi_x^*$ antivazebný  $\pi_x^b$ vazebný
rostoucí energie ↑ E	 p <sub>z</sub> + d <sub>yz</sub>	 $\pi_{z,yz}^*$ antivazebný  $\pi_{z,yz}^b$ vazebný
rostoucí energie ↑ E	 d <sub>yz</sub> + d <sub>yz</sub>	 $\pi_{yz}^*$ antivazebný  $\pi_{yz}^b$ vazebný



## C

**Potřebné vztahy****Řád vazby**

$$\text{řád vazby}^\dagger = \frac{n_{\text{vaz}} - n_{\text{antivaz}}}{2}, \quad (10-1)$$

kde

 $n_{\text{vaz}}$  ..... počet elektronů ve vazebných MO $n_{\text{antivaz}}$  ..... počet elektronů v antivazebných MO**Řád vazby a délka vazby****S rostoucím řádem vazby se vazba zkracuje. (10-2)****Řád vazby a pevnost vazby****S rostoucím řádem vazby roste pevnost (energie) vazby. (10-3)****Řád vazby a násobnost vazby****Řád vazby se přibližně shoduje s násobností vazby. (10-4)**


---

<sup>†</sup> Dále v textu občas značeno jen zkratkou ř. v., tj. ř. v. =  $\frac{n_{\text{vaz}} - n_{\text{antivaz}}}{2}$ ,

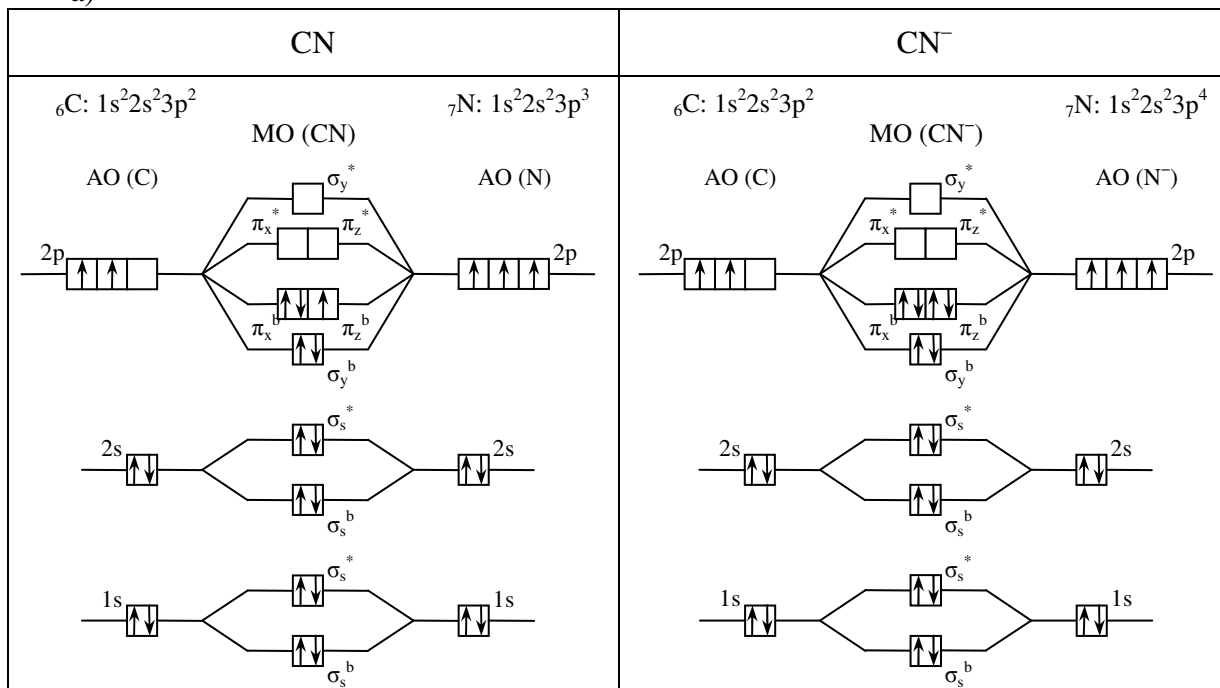
## Řešené příklady:

1. Pro částice CN a CN<sup>-</sup>:

- zakreslete energetické diagramy molekulových orbitalů,
- určete řád vazby v každé z uvedených částic,
- zjistěte, zda délka vazby v částici CN je větší než délka vazby v částici CN<sup>-</sup>.

Řešení:

a)



a) Dosadíme do (10-1):

$$\text{ř. v. (CN)} = \frac{9 - 4}{2} = \underline{\underline{2,5}}$$

$$\text{ř. v. (CN}^-) = \frac{10 - 4}{2} = \underline{\underline{3}}$$

b) ř. v. (CN<sup>-</sup>) > ř. v. (CN)

Proto dle pravidla (10-2) je délka vazby v částici CN větší než délka vazby v částici CN<sup>-</sup>.

**PŘÍKLADY K SAMOSTATNÉMU ŘEŠENÍ**1.  30 min

Pro částice:  $\text{N}_2, \text{F}_2$   
 $\text{NO}, \text{CO}$   
 $\text{He}_2, \text{He}_2^+$   
 $\text{H}_2^+, \text{Be}_2^+$   
 $\text{O}_2^{2-}, \text{O}_2^-$   
 $\text{LiH}, \text{HF}$

- zakreslete energetické digramy molekulových orbitalů,
- zjistěte řád vazby.

2.  3 min

Seřad'te uvedené částice podle vzrůstající síly vazby:

$\text{O}_2, \text{O}_2^+, \text{O}_2^-, \text{O}_2^{2+}, \text{O}_2^{2-}$

3.  6 min

Pomocí diagramů molekulových orbitalů vysvětlete, proč je v molekule  $\text{N}_2$  je trojná vazba ( $\text{N} \equiv \text{N}$ ), ale v molekule  $\text{F}_2$  je vazba jednoduchá ( $\text{F} - \text{F}$ ).

4.  15 min

Ve které částici v uvedených dvojicích je větší délka vazby? Podložte úvahou na základě diagramu molekulových orbitalů.

- v  $\text{N}_2$  nebo v  $\text{N}_2^+$
- v  $\text{F}_2$  nebo v  $\text{F}_2^+$

5.  8 min

Pomocí teorie molekulových orbitalů odhadněte, zda délka vazby je delší v molekule  $\text{NO}$ , nebo v molekule  $\text{CO}$ .

## 11 Víceatomové molekuly – teorie hybridizace

### A

Formulujte pravidla metody VSEPR:

- základní,
- doplňková.

### B

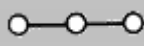

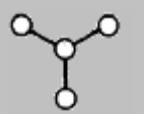

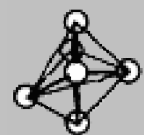
1.  6 min

Napište elektronové strukturní vzorce následujících látek:

$\text{N}_2$ ,  $\text{CO}$ ,  $\text{CS}_2$ ,  $\text{PCl}_3$ ,  $\text{PF}_5$ ,  $\text{HCN}$ ,  $\text{CH}_3\text{OH}$ ,  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{O}_2$ ,  $\text{SF}_6$ ,  $\text{BF}_3$ ,  $\text{SO}_3$ ,  $\text{CH}_3\text{COOH}$ ,  $\text{XeF}_2$ .

2.  10 min

Doplňte tabulku:

Molekulový vzorec	Elektronový strukturní vzorec	$n_\sigma$	$n_\pi$	$n_{\text{celk}}$	Typ hybridizace	Prostorové rozmístění $\sigma$ - a $\pi$ -elektronových párů středového atomu	Skutečný tvar molekuly (poloha jader atomů)
	$\text{I}-\text{Zn}-\text{I}$						lineární
$\text{BCl}_3$					$sp^2$		
$\text{SF}_4$					$sp^3d$		
	$\text{H}-\text{P}-\text{H}$   $\text{H}$				$sp^3$		deformovaná trigonální pyramida
$\text{PF}_5$		5	0	5			

3.  40 min

Určete typ hybridizace orbitalů centrálního atomu v následujících částicích a iontech určete také tvar těchto částic.

- |                           |                         |
|---------------------------|-------------------------|
| a) $\text{SO}_2$          | j) $[\text{AuCl}_4]^-$  |
| b) $\text{SO}_3^{2-}$     | k) $\text{IF}_7$        |
| c) $\text{HCN}$           | l) $\text{H}_2\text{O}$ |
| d) $\text{ClO}_3^-$       | m) $\text{HgCl}_2$      |
| e) $\text{ClF}_5$         | n) $\text{BF}_3$        |
| f) $\text{NH}_3$          | o) $\text{SnCl}_2$      |
| g) $\text{C}_2\text{H}_2$ | p) $\text{SnCl}_4$      |
| h) $\text{PO}_4^{3-}$     | q) $\text{PCl}_3$       |
| i) $[\text{PCl}_6]^-$     | r) $\text{OF}_2$        |

## 12 Lokalizace vazeb

---

### A

1. Nakreslete tři základní typy rozmístění dvojných vazeb v organických sloučeninách a pojmenujte je.
  2. Za jakých podmínek se v molekule mohou vyskytovat delokalizované vazby?
- 

### B

1. Vysvětlete, které vazby v molekule benzenu jsou lokalizované a které delokalizované.
2. Vysvětlete základy teorie rezonance. Ilustrujte je na příkladu molekuly benzenu a naftalenu.

## 13 Polárnost vazeb

### A

1. Jak je zavedena klasifikace vazeb na nepolární, polární a iontové?
2. Co vyjadřuje parciální náboj? Jak se značí parciální náboj?
3. Definujte dipólový moment dvojjatomové molekuly.
4. K čemu v chemii může sloužit znalost hodnoty dipólového momentu?
5. Jak vypočtete dipólový moment tří- a víceatomových molekul z hodnot dipólových momentů vazeb?
6. Vysvětlete, u kterých látek a jak vzniká indukční efekt. Které druhy indukčních efektů znáte?
7. Vysvětlete, u kterých látek a jak vzniká mezomerní efekt. Které druhy mezomerních efektů znáte?

### C

#### Potřebné vztahy

##### Dipólový moment dvojjatomové molekuly

$$\vec{\mu} = Q \cdot \vec{l}, \quad (13-1)$$

kde

$\mu$  ..... dipólový moment dvojjatomové molekuly (C m)

$Q$  ..... parciální náboj na kladně nabitém atomu (C)

$l$  ..... vzdálenost středů vázaných atomů (m)

##### Výpočet dipólového momentu víceatomové molekly

$$\vec{\mu} = \sum_i \vec{\mu}_i, \text{ (vektorový součet)} \quad (13-2)$$

kde

$\vec{\mu}$  ..... celkový dipólový moment molekuly (C m)

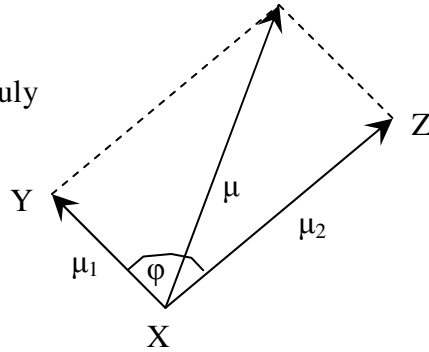
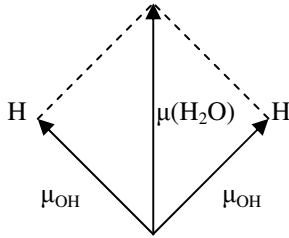
$\vec{\mu}_i$  ..... dipólový moment  $i$ -té vazby (C m)

## Velikost dipólového momentu tříatomových molekul

$$\mu^2 = \mu_1^2 + \mu_2^2 + 2\mu_1\mu_2 \cos \varphi, \quad (13-3)$$

kde

$\mu_1, \mu_2$  ..... velikost dipólových momentů vazeb  
 $\mu^2$  ..... velikost dipólového momentu celé molekuly  
 $\varphi$  ..... vazebný úhel v molekule  
 $X, Y, Z$  ..... atomy dané tříatomové molekuly



Př.: Molekuly vody:  $\mu^2_{H_2O} = \mu^2_{OH} + \mu^2_{OH} + 2\mu_{OH}\mu_{OH} \cos \angle HOH$

## Řešené příklady

- Délka vazby H–Br v molekule bromovodíku je 0,141 nm. Experimentálně zjištěná hodnota dipólového momentu HBr je  $2,64 \cdot 10^{-30}$  C m.
  - Vypočítejte velikost dipólového momentu HBr za předpokladu, že by vazba v HBr byla čistě iontového charakteru.
  - Porovnáním této vypočítané hodnoty s naměřenou hodnotou dipólového momentu HBr vypočítejte iontový podíl ve vazbě H-Br. Předpokládejte, že existuje lineární vztah mezi dipólovým momentem molekuly a iontovým charakterem vazby.

Řešení:

Délku vazby v molekule převedeme z nanometrů na metry:  $0,141 \text{ nm} = 0,141 \cdot 10^{-9} \text{ m}$

Dipólový moment  $\vec{\mu}$  dvou atomové molekuly je definován vztahem (13-1)  $\vec{\mu} = Q \cdot \vec{l}$ , pro velikost platí  $\mu = Q \cdot l$ .

- Pro čistě iontovou vazbu (iontový podíl na vazbě je 100 %) se předpokládá přítomnost iontů  $H^+$ ,  $Br^-$ .

Elementární elektrický náboj  $Q = 1,602 \cdot 10^{-19} \text{ C}$

Po číselném dosazení do vztahu (13-1)  $\mu = Q \cdot l$

$$\mu = 1,602 \cdot 10^{-19} \text{ C} \cdot 0,141 \cdot 10^{-9} \text{ m} = 2,2588 \cdot 10^{-29} \text{ C m}$$

Pro zcela iontovou vazbu by byla velikost dipólového momentu  $2,2588 \cdot 10^{-29} \text{ C m}$ .



- b) Experimentálně zjištěná hodnota dipólového momentu molekuly HBr je podle zadání  $\mu = 2,64 \cdot 10^{-30}$  C m.

Výpočet iotového podílu na vazbě v reálné molekule HBr provedeme pomocí přímé úměry.

$$\begin{array}{l} 2,2588 \cdot 10^{-29} \text{ C m} \dots\dots\dots 100 \% \\ 2,64 \cdot 10^{-30} \text{ C m} \dots\dots\dots x \% \end{array}$$

$$x = \frac{2,64 \cdot 10^{-30} \text{ C m} \cdot 100 \%}{2,2588 \cdot 10^{-29} \text{ C m}} = \underline{\underline{11,69 \%}}$$

Vazba H – Br v molekule bromovodíku je z 11,69 % iotová.

2. Určete vazebný úhel HSH v molekule H<sub>2</sub>S. Celkový dipólový moment sulfanu je  $3,10 \cdot 10^{-30}$  C m a dipólový moment vazby S–H je  $2,25 \cdot 10^{-30}$  C m.

Řešení:

Podle (13-3):  $\mu^2 = \mu_1^2 + \mu_2^2 + 2\mu_1\mu_2 \cos \varphi$

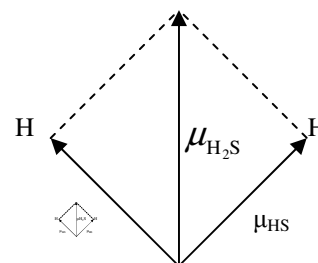
$$\mu^2_{H_2S} = \mu^2_{HS} + \mu^2_{HS} + 2\mu^2_{HS} \cos \angle HSH$$

$$\mu^2_{H_2S} = 2\mu^2_{HS} [1 + \cos \angle HSH]$$

$$\cos \angle HSH = \frac{\mu^2_{H_2S}}{2\mu^2_{HS}} - 1$$

$$\cos \angle HSH = \frac{(3,1 \cdot 10^{-30} \text{ C m})^2}{2 \cdot (2,25 \cdot 10^{-30} \text{ C m})^2} - 1 = 0,050586$$

$$\angle HSH = 92,92^\circ = \underline{\underline{92^\circ 55'}}$$



Vypočtený vazebný úhel v molekule H<sub>2</sub>S je  $92^\circ 55'$ .

## PŘÍKLADY K SAMOSTATNÉMU ŘEŠENÍ

1. 5 min

Které z uvedených molekul mají nenulový dipólový moment?

H<sub>2</sub>, HF, H<sub>2</sub>S, BF<sub>3</sub>, CHCl<sub>3</sub>, PCl<sub>5</sub>, CCl<sub>4</sub>, NH<sub>3</sub>, H<sub>2</sub>O

2. 8 min

Délka vazby H-F v molekule fluorovodíku je 0,0917 nm, dipólový moment HF je  $6,08 \cdot 10^{-30}$  C m. Vypočítejte velikost parciálního náboje na atomu vodíku a fluoru.

3.  5 min

Molekula  $\text{N}_2\text{O}$  je lineární a má dipólový moment.

- Udejte typ hybridizace středového atomu.
- Je uspořádání atomů v této molekule NNO nebo NON?
- Napište elektronový strukturní vzorec  $\text{N}_2\text{O}$ .

4.  8 min

Určete vazebný úhel ve vodě. Její celkový dipólový moment má hodnotu  $6,17 \cdot 10^{-30} \text{ C m}$ . Dipólový moment vazby O–H je  $5,27 \cdot 10^{-30} \text{ C m}$ .

## 14 Vlastnosti kovalentních sloučenin

---

### A

1. Vysvětlete následující pojmy:
  - kovalentní látka,
  - nízkomolekulární kovalentní látka,
  - vysokomolekulární kovalentní látka,
  - iontová látka,
  - kovová látka.
2. Vyjmenujte aspoň tři příklady:
  - a) nízkomolekulárních kovalentních látek,
  - b) vysokomolekulárních kovalentních látek,
  - c) iontových látek,
  - d) kovových látek.
3. Jaké typy geometrických uspořádání vysokomolekulárních kovalentních látek znáte? Ke každému typu uveďte alespoň jeden příklad.
4. K následujícím látkám napište:
  - a) v jakém skupenském stavu se nachází při pokojové teplotě,
  - b) zda jsou elektricky vodivé,
  - c) jsou-li jejich teploty tání a teploty varu vysoké nebo nízké ve srovnání s vodou.Látky k úvaze: Hg, NaCl, diamant, W, SiO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>, tuha.

## 15 Koordinační sloučeniny

---

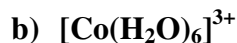
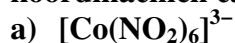
### A

1. Jaký je rozdíl mezi pojmy „koordinační sloučenina“ a „komplexní sloučenina“?
  2. Vysvětlete následující pojmy:
    - centrální atom,
    - ligand,
    - můstkový ligand
    - koordinační číslo,
    - kompenzující ion,
    - chelát,
    - chelátový efekt,
    - chelátový ligand,
    - izomerie koordinačních sloučenin.
  3. Jak se liší vazba koordinačně-kovalentní od kovalentní?
  4. Ve které oblasti chemie se nejvíce využívá chelátového efektu?
  5. Vysvětlete, co je spektrochemická řada a uveďte ve správném pořadí některé její členy.
  6. Vysvětlete, proč částice CO a  $\text{CN}^-$  jsou extrémně toxické.
- 

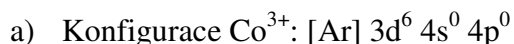
### C

#### Řešené příklady:

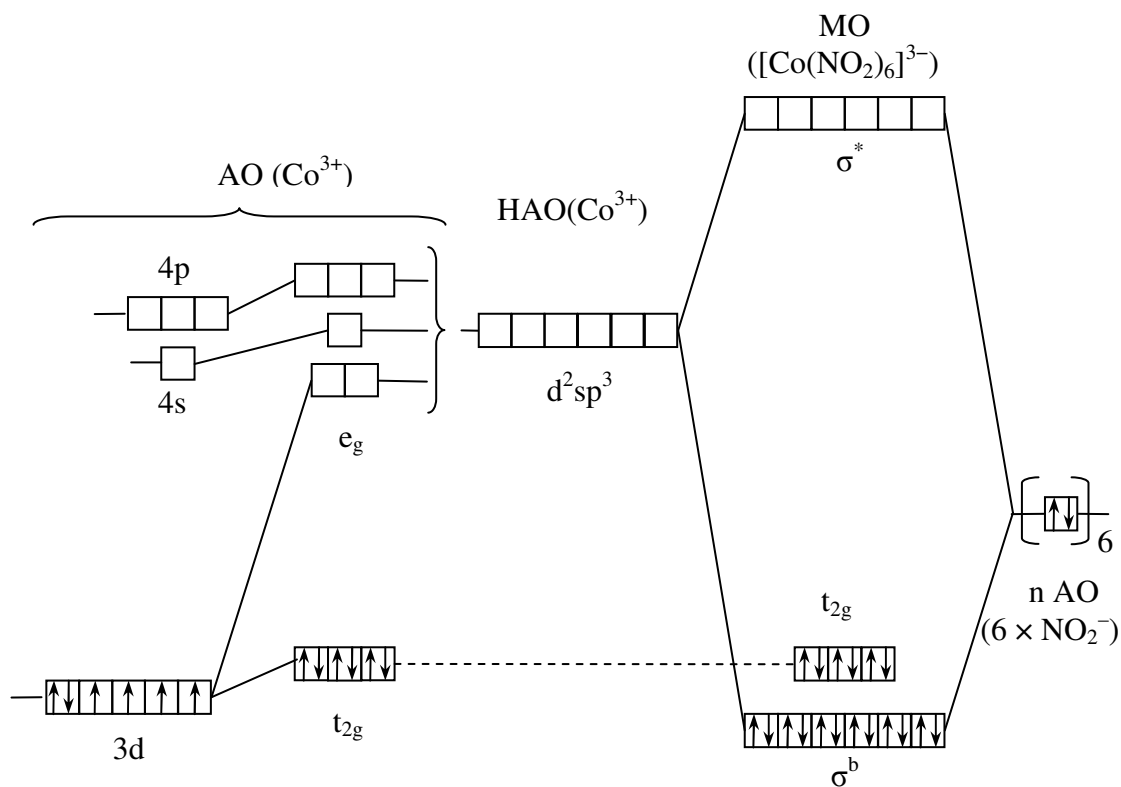
1. Na základě elektrostatické teorie ligandového pole zjistěte obsazení molekulových orbitalů podílejících se na koordinačně-kovalentní vazbě v následujících koordinačních částicích:



Řešení:

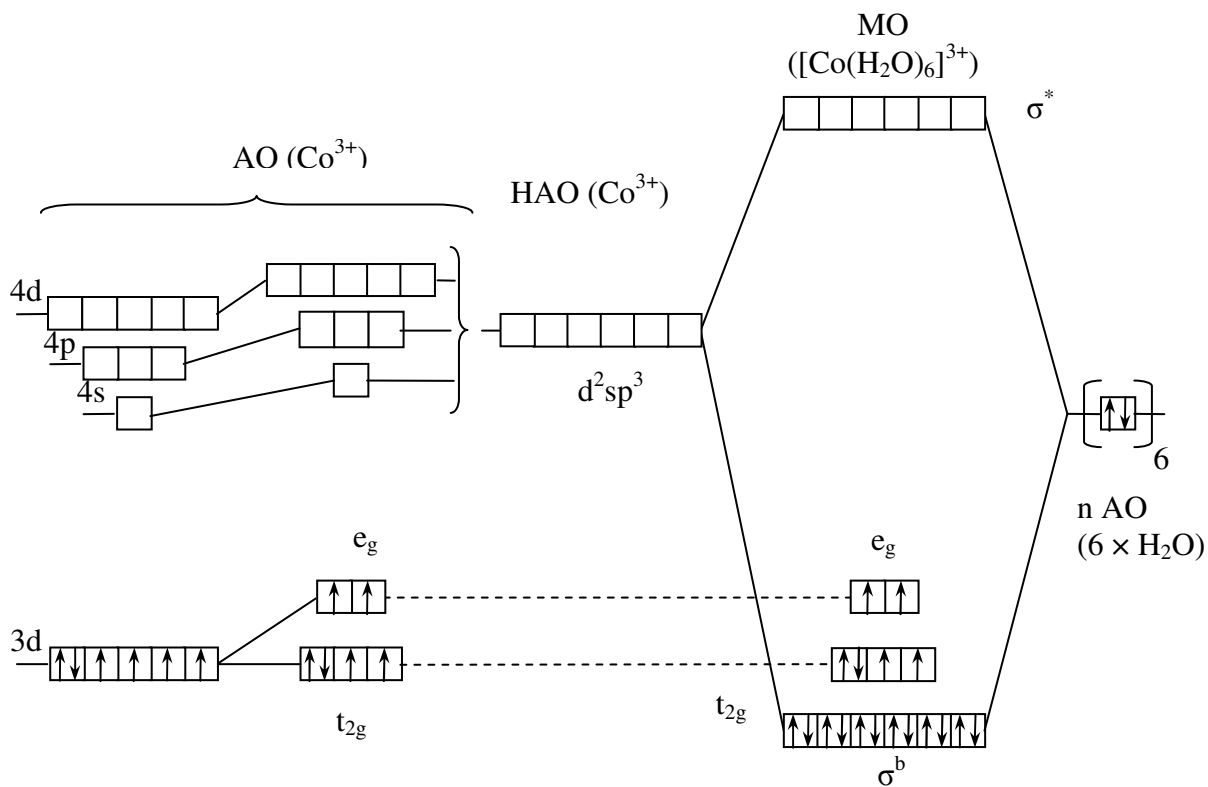


Ze spektrochemické řady ligandů zjistíme, že ligandy  $\text{NO}_2^-$  vytvářejí silné ligandové pole. Proto štěpení pěti degenerovaných d-orbitalů na skupiny  $t_{2g}$  a  $e_g$  bude velké.



b) Konfigurace  $\text{Co}^{3+}$ :  $[\text{Ar}] 3d^6 4s^0 4p^0$

Ze spektrochemické řady ligandů zjistíme, že ligandy  $\text{H}_2\text{O}$  vytvářejí slabé ligandové pole. Proto štěpení pěti degenerovaných d-orbitalů  $t_{2g}$  a  $e_g$  bude malé.

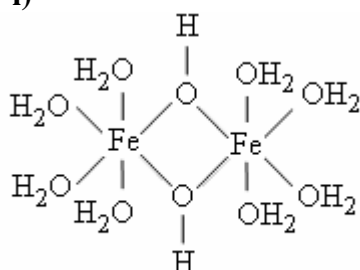


## PŘÍKLADY K SAMOSTATNÉMU ŘEŠENÍ

## 1. ⌚ 6 min

Označte v níže uvedených sloučeninách centrální atom, ligandy, koordinační částici, kompenzující ion a určete koordinační číslo centrálního atomu.

- $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$
- $\text{Na}[\text{Co}(\text{CN})_4]$
- $[\text{Cr}(\text{H}_2\text{O})_6]\text{Cl}_3$
- $[\text{Co}(\text{NH}_3)_5]\text{I}]\text{Br}_2$
- $[\text{Cu}(\text{NH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{NH}_2)_2]^{2+}$
- $[\text{Co}(\text{NH}_3)_3(\text{H}_2\text{O})\text{Cl}_2]\text{Cl}$
- $[\text{Pt}(\text{NH}_3)_4][\text{PtCl}_4]$
- $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CO})(\text{CN})_5]$
- 



## 2. ⌚ 2 min

Seřadte níže uvedené ligandy od nejslabšího po nejsilnější. Využijte spektrochemickou řadu uvedenou v kapitole 15.3.2. ve skriptech Obecná chemie.

$\text{OH}^-$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{CN}^-$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{NH}_3$

## 3. ⌚ 3 min

Rozhodněte, které z naznačených reakcí proběhnou a které ne. V uskutečnitelných reakcích napište produkty.

- $\text{PtCl}_2 + 4\text{H}_2\text{O} \rightarrow$
- $[\text{Pt}(\text{H}_2\text{O})_4]^{2+} + 4\text{NH}_3 \rightarrow$
- $[\text{Pt}(\text{NH}_3)_4]^{2+} + 4\text{H}_2\text{O} \rightarrow$
- $[\text{Pt}(\text{H}_2\text{O})_4]^{2+} + 4\text{CN}^- \rightarrow$
- $[\text{Pt}(\text{NH}_3)_4]^{2+} + 4\text{CN}^- \rightarrow$
- $[\text{Cr}(\text{H}_2\text{O})_6]^{3+} + 6\text{F}^- \rightarrow$
- $[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{3-} + 6\text{OH}^- \rightarrow$
- $[\text{Cr}(\text{H}_2\text{O})_6]^{3+} + 6\text{CN}^- \rightarrow$

## 4. ⌚ 8 min

- Jak jsou zaplněny elektrony atomové orbitály centrálního atomu, skupinové orbitály ligandů a molekulové orbitály v kationtu  $[\text{Co}(\text{NH}_3)_6]^{3+}$ ? Energetické štěpení d-orbitalů v uvedené koordinační částici je větší než energie odpudivého působení mezi elektrony s opačnými spiny.
- Má tato látka silné oxidační vlastnosti?
- Je tato látka paramagnetická, nebo diamagnetická?

5.  8 min

- a) Do energetického diagramu molekulových orbitalů koordinační částice  $[\text{Fe}(\text{H}_2\text{O})_6]^{2+}$  zakreslete obsazení atomových orbitalů  $\text{Fe}^{2+}$ , skupinových orbitalů šesti ligandů  $\text{H}_2\text{O}$  a molekulových orbitalů elektrony. Energetické štěpení d-orbitalů  $[\text{Fe}(\text{H}_2\text{O})_6]^{2+}$  je menší než energie odpuzivého působení mezi elektrony s opačnými spiny.
- b) Má tato látka silné oxidační vlastnosti?
- c) Je tato látka paramagnetická, nebo diamagnetická?

6.  12 min

Nakreslete energetické diagramy molekulových orbitalů pro částice  $[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{3-}$  a  $[\text{FeF}_6]^{3-}$  a vyznačte jejich elektronové konfigurace. Srovnajte oxidační vlastnosti obou koordinačních částic.

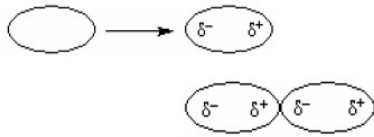
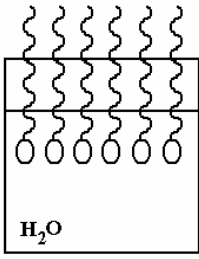
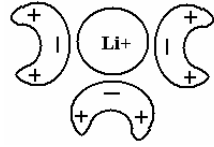

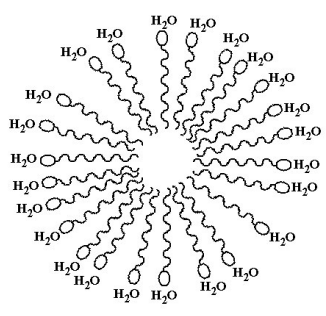
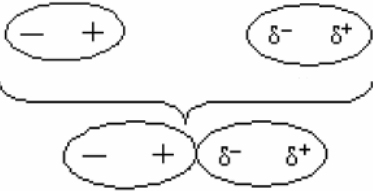
## 16 Slabé vazebné interakce

## B

1. ⌚ 2 min

Vzorce a schémata chemických látek I–XI zařad'te do skupin a)–e) podle toho, jaké interakci podléhají:

- interakce dipól – dipól
- interakce dipól – ion
- interakce dipól – indukovaný dipól (Debyeův efekt)
- Londonovy disperzní síly (Londonův efekt)
- hydrofobní interakce

I.	$C_{15}H_{31}COOH$	II.	$I_2$	II.	NaCl ve vodném roztoku
IV.	$Br_2$	V.	HF	VI.	
VII.		VIII.		IX.	
X.		XI.			



## 17 Vodíková vazba (vodíkové můstky)

### A

1. Vysvětlete podstatu vzniku vodíkové vazby.
2. Jak vodíková vazba ovlivňuje teplotu tání a teplotu varu látek? Proč?

### B

1.  1 min

Body tání a varu  $\text{CH}_3\text{COOH}$  a  $\text{CH}_3\text{COOC}_2\text{H}_5$  shrnuje následující tabulka:

	Teplota tání (°C)	Teplota varu (°C)
$\text{CH}_3\text{COOH}$	17	118
$\text{CH}_3\text{COOC}_2\text{H}_5$	- 83,6	77

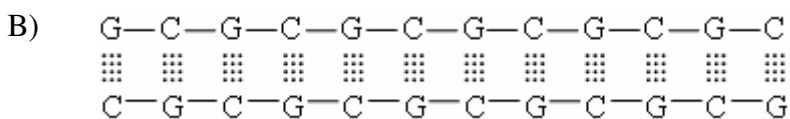
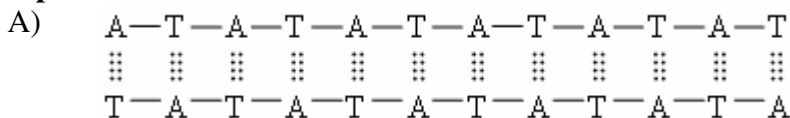
Zdůvodněte, proč hodnoty bodu tání a bodu varu jsou  $\text{CH}_3\text{COOC}_2\text{H}_5$  jsou nižší než tyto hodnoty u  $\text{CH}_3\text{COOH}$ , přestože  $\text{CH}_3\text{COOC}_2\text{H}_5$  má větší molární hmotnost.

2.  1 min

Obrázek schématicky znázorňuje fragmenty DNA včetně párování bází. Písmena A, T, C, G jsou zkratky pro deoxyribonukleotidy obsahující následující bázi:

A – adenin, T – thymin, C – cytosin, G – guanin.

Odhadněte, který z řetězců A), B) podlehe denaturaci (oddělení řetězců) při vyšší teplotě.



3.  2 min

Pro následující skupiny látek schématicky (bez konkrétních číselných hodnot) zakreslete závislost teploty varu na molární hmotnosti. Tvar závislosti odůvodněte.

- a) HF, HCl, HBr, HI
- b)  $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{H}_2\text{S}$ ,  $\text{H}_2\text{Se}$ ,  $\text{H}_2\text{Te}$

4.  5 min

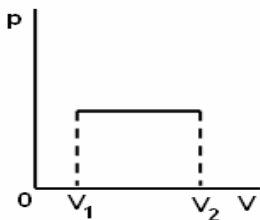

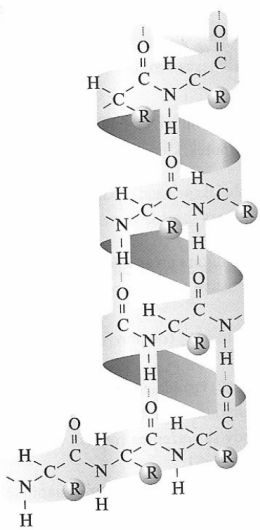
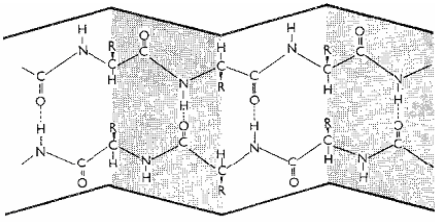
Zakreslete elektronové strukturální vzorce následujících látek. Pokud mezi jejich molekulami vznikají vodíkové můstky, čárkovaně je do správných míst vyznačte.

- a) HCl, HCl
- b) HCl,  $\text{OH}^-$
- c)  $\text{NH}_3$ ,  $\text{NH}_3$
- d)  $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{H}_2\text{O}$

## 18 Vazba v biopolymerech

### A

- Vysvětlete pojem „biopolymer“ včetně rozkladu na slova tvořící tento termín. Uveďte příklady biopolymerů.
- Na jakých úrovních popisujeme strukturu biopolymerů?
  - vyjmenujte je,
  - uveďte stručnou charakteristiku každé úrovně,
  - určete v kterých úrovních se dvojice struktur na obrázcích liší.

I		
II	$\text{H}_2\text{N}-\overset{\text{R3}}{\underset{\text{O}}{\text{C}}}-\text{NH}-\overset{\text{R2}}{\underset{\text{O}}{\text{C}}}-\text{NH}-\overset{\text{R1}}{\underset{\text{O}}{\text{C}}}-\text{OH}$	$\text{H}_2\text{N}-\overset{\text{R1}}{\underset{\text{O}}{\text{C}}}-\text{NH}-\overset{\text{R2}}{\underset{\text{O}}{\text{C}}}-\text{NH}-\overset{\text{R3}}{\underset{\text{O}}{\text{C}}}-\text{OH}$
III		
IV	$\begin{array}{cccccccc} \text{A} & -\text{C} & -\text{G} & -\text{T} & -\text{G} & -\text{A} & -\text{C} & -\text{A} & -\text{T} & -\text{G} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ \text{T} & -\text{G} & -\text{C} & -\text{A} & -\text{C} & -\text{T} & -\text{G} & -\text{T} & -\text{A} & -\text{C} \end{array}$	$\begin{array}{cccccccc} \text{A} & -\text{C} & -\text{G} & -\text{C} & -\text{A} & -\text{T} & -\text{G} & -\text{A} & -\text{T} & -\text{G} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ \text{T} & -\text{G} & -\text{C} & -\text{G} & -\text{T} & -\text{A} & -\text{C} & -\text{T} & -\text{A} & -\text{C} \end{array}$

---

## 19 Iontová vazba




---

### A

1. Vysvětlete následující pojmy:
  - iontová vazba,
  - mřížková energie,
  - hydratace,
  - solvatace,
  - efektivní náboj,
  - formální náboj,
  - polarizovatelnost iontů,
  - polarizovatelnost vazby.
2. Jak musí být zaplněny valenční orbitály atomů nebo iontů, aby jejich elektronová konfigurace byla stabilní?
3. Vysvětlete, proč elektrická vodivost tavenin iontových sloučenin je mnohem vyšší než vodivost těchto látek v krystalickém stavu.
4. Vysvětlete princip chladicí směsi.
5. Vysvětlete:
  - a) na čem závisí deformovatelnost iontů,
  - b) na čem závisí polarizační účinek iontů.

---

### B

1.  1 min  
Je možné, aby proběhla pouze oxidace nebo pouze redukce? Proč?
2.  1 min  
Jak se chová kuchyňská sůl na slaném pečivu za deště? Proč tomu tak je?
3.  1 min  
Seřad'te sloučeniny  $\text{SO}_2$ ,  $\text{SF}_2$ ,  $\text{HI}$ ,  $\text{OF}_2$  a  $\text{H}_2\text{Se}$  podle vzrůstajícího iontového charakteru jejich vazeb. Elektronegativity naleznete v tabulkách.

4.  2 min

U každé z následujících molekul posuďte, zda vazby v ní mají převážně iontový, nebo převážně kovalentní charakter. Můžete použít tabulky.

- a) CaO
- b) ClF
- c) NO
- d) CO
- e) HI
- f) SrO
- g) PBr<sub>3</sub>

5. Bez použití tabelovaných hodnot elektronegativit určete v uvedených trojicích molekulu s nejvíce iontovým charakterem vazby.

- a) ICl, IBr, I<sub>2</sub>
- b) HBr, HCl, HI

## 20 Kovová vazba

### A

1. Nesprávné alternativy šrtněte.

a) **Kovy jsou: elektricky - vodivé/nevodivé,**  
**tepelně - vodivé/nevodivé,**  
**kujné/křehké,**  
**tažné/netažné.**

b) Slitina zlata a stříbra patří mezi slitiny: **substituční/intersticiální.**

c) Slitina železa a uhlíku patří mezi slitiny: **substituční/intersticiální.**

2. Jak závisí elektrická vodivost na teplotě

a) u vodičů,

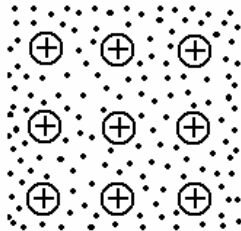
b) u polovodičů?

Odůvodněte.

### B

1.  1 min

Doplňte legendu k následujícímu modelu kovové mřížky:



 .....

 .....

2.  2 min

K následujícím obrázkům z teorie pásového modelu vazby:

a) Přiřaďte pojmy: I. kov

II. izolátor

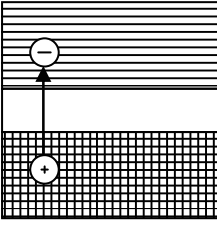
III. vlastní polovodič

IV. příměsový polovodič typu n

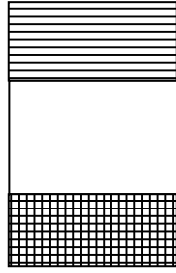
V. příměsový polovodič typu p

b) Dopište, kde se ve schématech nachází vodivostní pás, zakázaný pás, valenční pás, donorová hladina, akceptorová hladina.

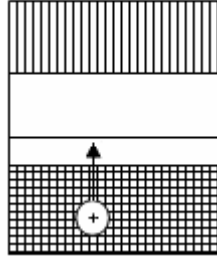
A)



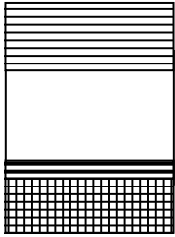
B)



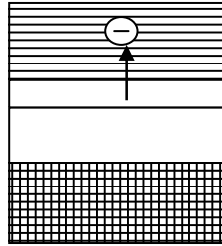
C)



D)



E)



---

## 21 Skupenské stavy látek

---





### 21.1 Plyny

---

#### A

1. Vyjmenujte jednotlivé skupenské stavy a uveďte jejich obvyklé symboly.
  2. Definujte ideální plyn a formulujte zákony, které pro něj platí.
  3. Definujte nebo vysvětlete následující pojmy
    - reálný plyn
    - parciální tlak
    - parciální objem
    - kritická teplota
    - kritický tlak
  4. Vysvětlete, čím se liší definice ideálního plynu od plynů reálných.
  5. K čemu se používá van der Waalsova rovnice?
- 

#### B

1.  2 min  
Splňte následující úkoly:
  - a) Vyhledejte v tabulkách hustotu vody při konstantním tlaku 100 kPa a teplotě: 0 °C, 10 °C, 100 °C.
  - b) Získané údaje využijte k odpovědi na následující otázku (odpovězte celou větou): Jak ovlivňuje vzrůstající teplota vody za konstantního tlaku její hustotu?
2.  2 min  
Která z následujících látek v plynném stavu vykazuje největší odchylky od chování ideálního plynu? Svou odpověď zdůvodněte.  
a) CH<sub>4</sub>      b) H<sub>2</sub>      c) CH<sub>3</sub>Cl      d) CH<sub>3</sub>OH
3.  1 min  
Mezimolekulární přitažlivé síly jsou větší v kapalném methanu než v kapalném argonu. Která z obou látek má vyšší hodnotu kritické teploty?
4.  1 min  
Stejně hmotnosti O<sub>2</sub> a N<sub>2</sub> jsou při téže teplotě uzavřeny v oddělených nádobách o stejném objemu. Která z následujících tvrzení jsou pravdivá?
  - a. obě nádoby obsahují stejný počet molekul

- b. tlak v nádobě s dusíkem je větší než tlak v nádobě s kyslíkem  
 c. více molekul je v nádobě s kyslíkem než v nádobě s dusíkem

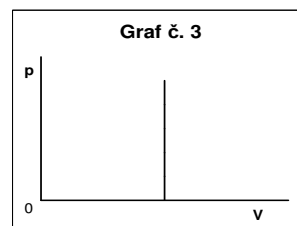
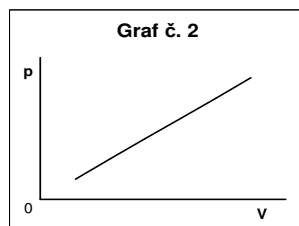
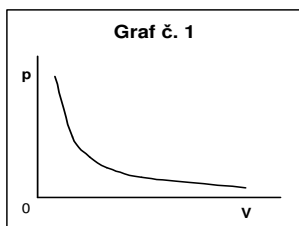
5.  2 min

Seřad'te následující plyny podle vzrůstající hmotnosti stejných objemu těchto plynů:  $O_2$ ,  $N_2$ ,  $He$ ,  $H_2$ ,  $CO_2$ ,  $SO_2$

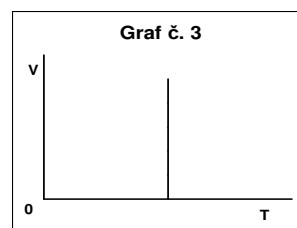
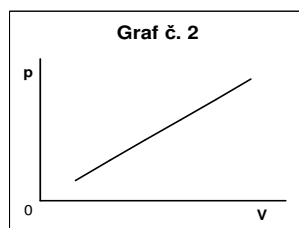
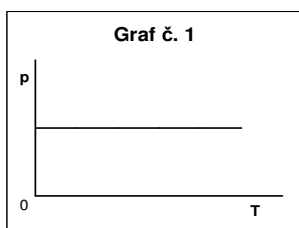
6.  2 min

Pro ideální plyn vyberte vždy správný tvar závislosti k uvedeným dějům (viz následující obrázky):

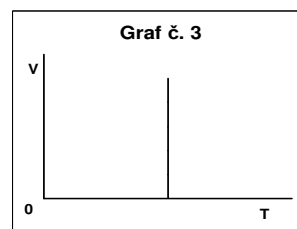
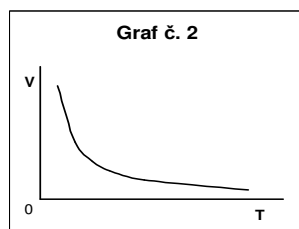
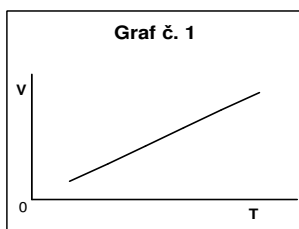
a) závislost tlaku na objemu při konstantní teplotě



b) závislost tlaku na teplotě při konstantním objemu



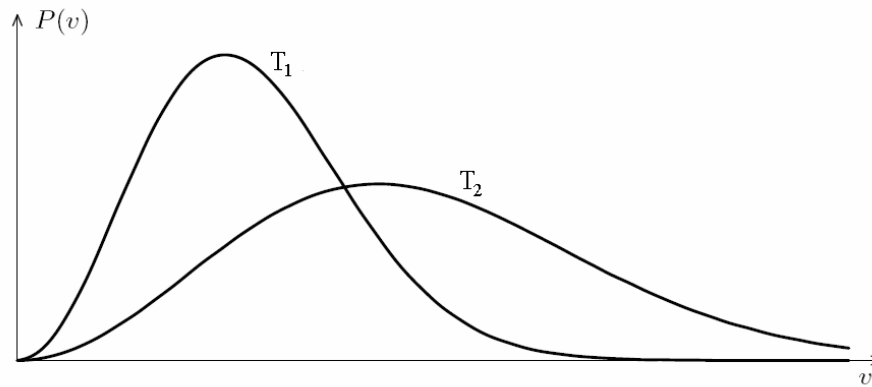
c) závislost objemu na teplotě při konstantním tlaku



7.  1 min

Na obrázku je graf Maxwellova-Boltzmannova rozdělení rychlostí molekul při různých teplotách. Určete, která z křivek odpovídá vyšší teplotě a která nižší.





$P(v)$ ..... tlak molekul v nádobě  
 $T_1$ ..... teplota za vyššího tlaku  
 $T_2$ ..... teplota za nižšího tlaku  
 $v$ ..... rychlost molekul

8. ⌚ 2 min

Určete, zda bude probíhat rychleji transfúze methanu nebo transfúze oxidu uhličitého.

C

### Potřebné vztahy

Standardní podmínky:

tlak 101 325 Pa, teplota 298,15 K (21.1-1)

Přepočítání mezi Celsiovou a Kelvinovou stupnicí:

$T = 273,15 + t$ , (21.1-2)

kde

$T$  ..... termodynamická teplota v kelvinech

$t$  ..... teplota ve stupních Celsia

Stavová rovnice ideálního plynu:

$pV = nRT$ , (21.1-3)

kde

$p$  ..... tlak plynu (Pa)

$V$  ..... objem ( $m^3$ )

$n$  ..... látkové množství plynu (mol)

$R$  ..... molární plynová konstanta ( $JK^{-1}mol^{-1}$ ),  $R = 8,314 JK^{-1}mol^{-1}$

$T$  ..... termodynamická teplota (K)

### Parciální tlak plynu:

$$p_i = p_{celk} x_i \quad (21.1-4)$$

kde

$p_i$  ..... parciální tlak i-tého plynu (např. Pa)

$p_{celk}$  ..... celkový tlak všech plynů v soustavě (stejně jednotky jako  $p_i$ )

$x_i$  ..... molární zlomek i-tého plynu (bezrozměrné číslo)

### Daltonův zákon (konstantní teplota a objem):

$$p_1 + p_2 + \dots + p_n = p_{celk} \quad (21.1-5)$$

kde

$p_1, p_2$  až  $p_n$  ..... parciální tlaky jednotlivých složek směsi plynů (např. Pa), všechny tlaky dosazujeme ve stejných jednotkách

### Parciální objem plynu:

$$V_i = V_{celk} x_i, \quad (21.1-6)$$

kde

$V_i$  ..... parciální objem i-tého plynu (např. dm<sup>3</sup>)

$V_{celk}$  ..... celkový objem všech plynů v soustavě (např. dm<sup>3</sup>), stejné jednotky jako  $V_i$

$x_i$  ..... molární zlomek i-tého plynu (bezrozměrné číslo)

### Amagatův zákon:

$$V_1 + V_2 + \dots + V_n = V_{celk} \quad (21.1-7)$$

kde

$V_1, V_2$  až  $V_n$  ..... parciální objemy jednotlivých složek směsi plynů, pozn. dosazujeme ve stejných jednotkách objemu (např. dm<sup>3</sup>)

$V_{celk}$  ..... celkový objem všech plynů v soustavě (např. dm<sup>3</sup>)

### Grahamův zákon

$$\frac{\omega_A}{\omega_B} = \sqrt{\frac{M_B}{M_A}}, \quad (21.1-8)$$

kde

$\omega_A$  ..... rychlost transfúze (efúze) plynu A

$\omega_B$  ..... rychlost transfúze (efúze) plynu B (obě rychlosti musí mít stejné jednotky)

$M_A$  ..... molární hmotnost plynu A (obvykle g mol<sup>-1</sup>)

$M_B$  ..... molární hmotnost plynu B (obě molární hmotnosti musí mít stejné jednotky)

**Střední molární hmotnost**

$$M_{stř} = \sum x_i M_i \Rightarrow M_{stř} = x_1 M_1 + x_2 M_2 + \dots + x_n M_n, \quad (21.1-9)$$

kde

$M_{stř}$ ..... střední molární hmotnost (obvykle  $\text{g mol}^{-1}$ )

$x_i$ ..... molární zlomek  $i$ -té složky směsi,  $i = 1, 2, \dots, n$

$M_i$ ..... molární hmotnost  $i$ -té složky směsi (všechny molární hmotnosti musí mít stejné jednotky)

**Řešené příklady:****Ideální plyn a směsi ideálních plynů****1. C1b**

Studované množství kyslíku zaujímá objem  $30 \text{ dm}^3$ , působí na něj tlak  $120,0 \text{ kPa}$  a má teplotu  $30 \text{ }^\circ\text{C}$ . Vypočítejte jeho látkové množství.

Řešení:

Vyjdeme ze stavové rovnice ideálního plynu (21.1-3):

$$pV = nRT$$

Ze vzorce vyjádříme látkové množství:

$$n = \frac{pV}{RT}$$

Dosadíme:

$$n = \frac{120,0 \cdot 10^3 \text{ Pa} \cdot 30 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3}{8,314 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1} \cdot (273,15 + 30) \text{ K}} \doteq \underline{\underline{1,43 \text{ mol}}}$$

Látkové množství kyslíku za daných podmínek je  $1,4 \text{ mol}$ .

**2. C2b**

V nádobě o objemu  $10 \text{ dm}^3$  bylo zahřáto  $27 \text{ g}$  vody na  $150 \text{ }^\circ\text{C}$ . Vypočítejte tlak vzniklé vodní páry v nádobě.

Řešení:

Tlak vodní páry vypočítáme pomocí stavové rovnice ideálního plynu (21.1-3), kde látkové množství vodní páry zjistíme pomocí vztahu (B3).

$$pV = nRT$$

$$n = \frac{m}{M}$$

Spojením těchto dvou vztahů dostaneme:

$$p = \frac{\frac{m}{M} RT}{V}$$

Číselně:

$$p = \frac{\frac{27 \text{ g}}{18,003 \text{ g mol}^{-1}} \cdot 8,314 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1} \cdot (273,15 + 150) \text{ K}}{10 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3} \doteq 530 \cdot 10^3 \text{ Pa} = \underline{\underline{530 \text{ kPa}}}$$

Tlak vodní páry v nádobě je 530 kPa.

### 3. C1b

**Tlak ideálního plynu, který zaujímá objem 25 litrů, je 115,0 kPa. Jak se jeho tlak změní po expanzi na objem 30 litrů, zůstane-li teplota nezměněna?**

Řešení:

V počátečním i konečném stavu platí stavová rovnice ideálního plynu (21.1-3):

$$p_1 V_1 = n_1 R T_1 \quad (\text{a})$$

$$p_2 V_2 = n_2 R T_2 \quad (\text{b})$$

V obou případech se pracuje se shodným množstvím plynu. Proto  $n_1 = n_2 = n$ . Zároveň jde o děj izotermický, takže teploty v počátečním i konečném stavu se rovnají ( $T_1 = T_2 = T$ ).

$$p_1 V_1 = n R T \quad (\text{a1})$$

$$p_2 V_2 = n R T \quad (\text{b1})$$

Protože se rovnají pravé strany obou rovnic, musejí se rovnat i levé strany, proto:

$$p_1 V_1 = p_2 V_2$$

Ze vzorce vyjádříme tlak po expanzi:

$$p_2 = \frac{p_1 V_1}{V_2}$$

Dosadíme:

$$p_2 = \frac{115,0 \cdot 10^3 \text{ Pa} \cdot 25 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3}{30 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3} \doteq 96 \cdot 10^3 \text{ Pa} = \underline{\underline{96 \text{ kPa}}}$$

Tlak ideálního plynu se po expanzi snížil na 96 kPa.

4. **C1b**

Objem dusíku při 15 °C je 14,5 cm<sup>3</sup>. Na jakou hodnotu se tento objem změní, ochladí-li se plyn na -10 °C? Předpokládáme, že tlak zůstává nezměněný.

Řešení:

Plyn se za stanovených podmínek chová jako ideální a platí stavová rovnice ideálního plynu (21.1-3):

$$p_1 V_1 = n_1 R T_1 \quad (\text{a})$$

$$p_2 V_2 = n_2 R T_2 \quad (\text{b})$$

V obou případech se pracuje se shodným množstvím plynu. Proto  $n_1 = n_2 = n$ .

Zároveň jde o děj izobarický, takže tlaky se za počátečních i konečných podmínek shodují ( $p_1 = p_2 = p$ ).

$$p V_1 = n R T_1 \quad (\text{a1})$$

$$p V_2 = n R T_2 \quad (\text{b1})$$

Podělením (a1)/(b1) a následným krácením:

$$\frac{p V_1}{p V_2} = \frac{n R T_1}{n R T_2} \Rightarrow \frac{V_1}{V_2} = \frac{T_1}{T_2}$$

Ze vzorce vyjádříme objem dusíku po ochlazení:

$$V_2 = \frac{V_1 T_2}{T_1}$$

Číselně:

$$V_2 = \frac{14,5 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3 \cdot (273,15 - 10) \text{ K}}{(273,15 + 15) \text{ K}} \doteq 13 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3 = \underline{\underline{13 \text{ cm}^3}}$$

Objem dusíku je po ochlazení na  $-10 \text{ }^\circ\text{C}$  roven  $13 \text{ cm}^3$ .

## 5. C1b

**Pod jakým tlakem je plyn při  $25,0 \text{ }^\circ\text{C}$ , je-li při  $0,0 \text{ }^\circ\text{C}$  totéž látkové množství plynu pod tlakem  $0,30 \text{ MPa}$ ?**

Řešení:

Předpokládáme, že platí stavová rovnice ideálního plynu (21.1-3):

$$p_1 V_1 = n_1 R T_1 \quad (\text{a})$$

$$p_2 V_2 = n_2 R T_2 \quad (\text{b})$$

V obou případech se pracuje se shodným množstvím plynu. Proto  $n_1 = n_2 = n$ . Zároveň jde o děj izochorický, takže objemy v počátečním i konečném stavu se rovnají ( $V_1 = V_2 = V$ ).

$$p_1 V = n R T_1 \quad (\text{a1})$$

$$p_2 V = n R T_2 \quad (\text{b1})$$

Podělením (a1)/(b1) a následným krácením:

$$\frac{p_1 V}{p_2 V} = \frac{n R T_1}{n R T_2} \Rightarrow \frac{p_1}{p_2} = \frac{T_1}{T_2}$$

Odtud vyjádříme tlak plynu při 25 °C:

$$p_1 = \frac{p_2 T_1}{T_2}$$

Dosadíme:

$$p_2 = \frac{0,30 \cdot 10^6 \text{ Pa} \cdot (273,15 + 25) \text{ K}}{273,15 \text{ K}} \doteq 0,3 \cdot 10^6 \text{ Pa} = \underline{\underline{0,33 \text{ MPa}}}$$

Za daných podmínek je plyn pod tlakem 0,33 MPa.

## 6. C1a

**Jak se sníží tlak ideálního plynu, zvětší-li se za stálé teploty jeho objem čtyřikrát?**

Řešení:

V obou případech platí stavová rovnice ideálního plynu (21.1-3):

$$p_1 V_1 = n_1 R T_1 \tag{a}$$

$$p_2 V_2 = n_2 R T_2 \tag{b}$$

V obou případech se pracuje se shodným množstvím plynu. Proto  $n_1 = n_2 = n$ . Zároveň jde o děj izotermický, takže teploty v počátečním i konečném stavu se shodují ( $T_1 = T_2 = T$ ).

$$p_1 V_1 = n R T \tag{a1}$$

$$p_2 V_2 = n R T \tag{b1}$$

Protože se rovnají pravé strany obou rovnic, musejí se rovnat i levé strany, proto:

$$p_1 V_1 = p_2 V_2$$

Ze vzorce vyjádříme tlak plynu po expanzi:

$$p_2 = \frac{p_1 V_1}{V_2}$$

Ze zadání víme, že objem plynu po expanzi je čtyřnásobný oproti objemu plynu před expanzí, proto platí:

$$V_2 = 4V_1$$

Dosadíme do rovnice a provedeme krácení:

$$p_2 = \frac{p_1 \cancel{V_1}}{4 \cancel{V_1}} = \underline{\underline{\frac{1}{4} p_1}}$$

Tlak ideálního plynu se za stálé teploty a při čtyřnásobném zvýšení objemu sníží na  $\frac{1}{4}$  původního tlaku.

## 7. C2c

Při 20 °C a tlaku 100,5 kPa je hmotnost 2 dm<sup>3</sup> plynné sloučeniny dusíku s kyslíkem 3,63 g. Jaký je její molekulový vzorec?

Řešení:

Nejdříve zjistíme prostřednictvím stavové rovnice ideálního plynu (21.1-3) za využití vztahu (B3) celkovou molární hmotnost hledané látky. Poté na základě molárních hmotností kyslíku a dusíku odvodíme, o který ze známých oxidů se jedná.

$$pV = \frac{m}{M}RT \Rightarrow M = \frac{mRT}{pV}$$

Číselně:

$$M = \frac{3,63 \text{ g} \cdot 8,314 \text{ J mol}^{-1}\text{K}^{-1} \cdot 293,15 \text{ K}}{100,5 \cdot 10^3 \text{ Pa} \cdot 2 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3} \doteq \underline{\underline{44,016 \text{ g mol}^{-1}}}$$

Pomocí molárních hmotností kyslíku a dusíku určíme molární hmotnosti oxidů, které připadají v úvahu a vybereme, o kterou sloučeninu se jedná:

$$M_N = 14,0067 \text{ g mol}^{-1} \quad M_O = 15,9994 \text{ g mol}^{-1}$$

oxid dusíku	molární hmotnost (g mol <sup>-1</sup> )
NO	30,0061
NO <sub>2</sub>	46,0055
N <sub>2</sub> O	44,0128
N <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	60,0122
N <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	108,0104

Výslednému výpočtu nejlépe odpovídá hodnota molární hmotnosti oxidu dusného: 44,0128 g mol<sup>-1</sup>.

Molekulový vzorec sloučeniny je proto N<sub>2</sub>O.

## 8. C1c

Plyn zaujímá při teplotě 100 °C a tlaku 95 kPa objem 500 cm<sup>3</sup>. Jak velký je jeho objem při teplotě 0,125 °C a tlaku 101,325 kPa? Předpokládejte, že se plyn chová jako ideální.

Řešení:

V obou případech platí stavová rovnice ideálního plynu (21.1-3):

$$p_1V_1 = n_1RT_1 \quad (a)$$

$$p_2V_2 = n_2RT_2 \quad (b)$$



V obou případech se pracuje se shodným množstvím tohoto plynu. Proto  $n_1 = n_2 = n$ .

$$p_1 V_1 = nRT_1 \quad (\text{a1})$$

$$p_2 V_2 = nRT_2 \quad (\text{b1})$$

Podělíme (a1)/(a2) a následným pokrácením:

$$\frac{p_1 V_1}{p_2 V_2} = \frac{nRT_1}{nRT_2} \Rightarrow \frac{p_1 V_1}{p_2 V_2} = \frac{T_1}{T_2}$$

Vyjádříme objem  $V_2$ :

$$V_2 = \frac{p_1 V_1 T_2}{T_1 p_2}$$

Číselně:

$$V_2 = \frac{95000 \text{ Pa} \cdot 500 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3 \cdot (273,15 + 0,125) \text{ K}}{373,15 \text{ K} \cdot 101325 \text{ Pa}} \doteq 34 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3 = \underline{\underline{34 \text{ cm}^3}}$$

Plyn zaujímá za uvedených podmínek objem  $34 \text{ cm}^3$ .

### 9. C3b

**Zjistěte hmotnost 1,5 litru dusíku při standardních podmínkách. Kolik molekul dusíku je obsaženo v tomto objemu?**

Řešení:

Nejdříve vypočítáme hmotnost dusíku, tu pak využijeme k výpočtu látkového množství. Z vypočteného látkového množství za pomoci Avogadrovy konstanty zjistíme počet molekul dusíku obsažených v daném objemu.

Budeme vycházet ze stavové rovnice ideálního plynu (21.1-3), kde látkové množství vyjádříme pomocí vztahu (B3):

$$pV = \frac{m}{M} RT \Rightarrow m = \frac{pVM}{RT}$$

$$M_{N_2} = 2 \cdot 14,0067 = 28,0134 \text{ g mol}^{-1}$$

Číselně:

$$m = \frac{101325 \text{ Pa} \cdot 1,5 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3 \cdot 28,0134 \text{ g mol}^{-1}}{8,314 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1} \cdot (273,15 + 25) \text{ K}} = \left| \Rightarrow \frac{\text{Pa m}^3 \text{ g}}{\text{J}} = \frac{\text{Pa m}^3 \text{ g}}{\text{Pa m}^3} = \text{g} \right| \doteq \underline{\underline{1,7 \text{ g}}}$$

Počet molekul v tomto množství zjistíme pomocí (B2) a (B3).

Vypočítanou hmotnost dusíku obsaženého v  $1,5 \text{ dm}^3$  dosadíme do vztahu (B3):

$$n = \frac{m}{M}$$

Dosadíme:

$$n = \frac{1,7 \text{ g}}{28,0134 \text{ g mol}^{-1}} \doteq 0,06069 \text{ mol}$$

Počet molekul dusíku zjistíme pomocí vztahu:

$$n = \frac{N}{N_A} \Rightarrow N = n N_A$$

Číselně:

$$N = 0,06069 \text{ mol} \cdot 6,022 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1} = \underline{\underline{0,37 \cdot 10^{23} \text{ molekul}}}$$

Hmotnost jednoho litru dusíku je za standardních podmínek 1,7 g. V tomto množství  $N_2$  je obsaženo  $0,37 \cdot 10^{23}$  molekul.

### 10. C3b

**Jakou hustotu má vodík při teplotě  $0^\circ\text{C}$  a tlaku  $0,98 \cdot 10^5 \text{ Pa}$ ? Molární hmotnost vodíku je přibližně  $2,0 \text{ g mol}^{-1}$ .**

Řešení:

Budeme vycházet ze stavové rovnice ideálního plynu (21.1-3), látkové množství vyjádříme pomocí vztahu (B3):

$$pV = nRT$$

$$n = \frac{m}{M}$$

Dostaneme:

$$pV = \frac{m}{M} RT$$

Pro výpočet hustoty využijeme vztah (B8):

$$\rho = \frac{m}{V}$$

Vyjádříme ze vzorce poměr hmotnosti a objemu  $\left(\frac{m}{V}\right)$ , abychom získali vztah pro výpočet

hustoty ( $\rho$ ):

$$\frac{m}{V} = \frac{pM}{RT} \Rightarrow \rho = \frac{pM}{RT}$$

Molární hmotnost vodíku je nutné převést na jednotky  $\text{kg mol}^{-1}$ , protože (tlak uveden v Pa, kde  $\text{Pa} = \text{kg m}^{-1} \text{ s}^{-2}$ ).

Číselně:

$$\rho = \frac{98\,000 \text{ Pa} \cdot 0,002 \text{ kg mol}^{-1}}{8,314 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1} \cdot 273,15 \text{ K}} \doteq \underline{\underline{0,086 \text{ kg m}^{-3}}}$$

Vodík má při uvedených podmínkách hustotu  $0,086 \text{ kg m}^{-3}$ .

### 11. C3b

**Při  $-19,0^\circ\text{C}$  a  $110,2 \text{ kPa}$  je hustota plynu  $2,12 \text{ kg m}^{-3}$ . Jaká bude jeho hustota za standardních podmínek?**

Řešení:

Nejprve obecně vyjádříme vztah pro výpočet hustoty propojením vztahů (21.1-3), (B3) a (B8). Tento vztah je platný pro obojí stanovené podmínky. Abychom získali vztah pro výpočet hustoty za standardních podmínek, oba vztahy (a) a (b) podělíme a konstantní veličiny pokrátíme.

Kombinací vztahů (21.1-3) a (B3):

$$pV = nRT$$

$$n = \frac{m}{M}$$

Dostáváme:

$$pV = \frac{m}{M} RT$$

Připojíme vztah pro výpočet hustoty (B8):

$$\rho = \frac{m}{V}$$

Vyjádříme ze vzorce poměr hmotnosti a objemu  $\left(\frac{m}{V}\right)$ , abychom získali vztah pro výpočet hustoty ( $\rho$ ):

$$\frac{m}{V} = \frac{pM}{RT} \Rightarrow \rho = \frac{pM}{RT}$$

Vztah vynásobíme jmenovatelem (zbavíme se zlomku):

$$\rho RT = pM$$

Tento vztah platí pro obojí podmínky:

$$\rho_1 RT_1 = p_1 M \tag{a}$$

$$\rho_2 RT_2 = p_2 M \tag{b}$$

Podělením (a)/(b) a pokrácením:

$$\frac{\rho_1 RT_1}{\rho_2 RT_2} = \frac{p_1 M}{p_2 M} \Rightarrow \frac{\rho_1 T_1}{\rho_2 T_2} = \frac{p_1}{p_2} \Rightarrow \rho_2 = \frac{\rho_1 T_1 p_2}{p_1 T_2}$$

Číselně:

$$\rho_2 = \frac{2,12 \text{ kg m}^{-3} \cdot (273,15 - 19) \text{ K} \cdot 101325 \text{ Pa}}{110200 \text{ Pa} \cdot (273,15 + 25) \text{ K}} \doteq \underline{\underline{1,66 \text{ kg m}^{-3}}}$$

Za standardních podmínek je hustota plynu rovna  $1,66 \text{ kg m}^{-3}$ .

## 12. C3b

Zemní plyn obsahuje 75 objemových procent methanu, 15 objemových procent ethanu, 7 objemových procent vodíku a 3 objemová procenta oxidu uhličitého.

a) Vyjádřete jeho složení v hmotnostních procentech.

b) Vypočítejte hustotu zemního plynu při  $20 \text{ }^\circ\text{C}$  a tlaku  $101,325 \text{ kPa}$ .

Řešení:

Za využití stavové rovnice ideálního plynu (21.1-3), kde látkové množství je vyjádřeno vztahem (B3) vypočítáme dílčí hmotnosti jednotlivých plynů. Tyto dílčí hmotnosti sečteme, abychom získali celkovou hmotnost směsi plynů. Pomocí trojčlenky převedeme hmotnost každého z plynů na hmotnostní procenta. Nakonec dosadíme celkovou hmotnost směsi plynů do vztahu (B8) a získáme tak hustotu zemního plynu.

Kombinací vztahů (21.1-3) a (B3):

$$pV = nRT$$

$$n = \frac{m}{M}$$

Dostaneme:

$$pV = \frac{m}{M}RT \Rightarrow m = \frac{pVM}{RT}$$

Číselně:

$$m_{\text{CH}_4} = \frac{101325 \text{ Pa} \cdot 0,75 \text{ m}^3 \cdot 16,04 \text{ g mol}^{-1}}{8,314 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1} \cdot 293,15 \text{ K}} \doteq \underline{\underline{500,1 \text{ g}}}$$

(výsledky pro všechny plyny ze zadání viz tabulka v závěru příkladu)

Sečteme hmotnosti jednotlivých plynů směsi:

$$m_{\text{celk}} = 500,1 \text{ g} + 187,5 \text{ g} + 5,9 \text{ g} + 54,9 \text{ g} = 748,4 \text{ g}$$

Hmotnost každého z plynů směsi převedeme na hmotnostní procenta:

748,4 g směsi. ....100 %

500,1 g CH<sub>4</sub>.....x %

$$x = \frac{500,1 \text{ g} \cdot 100 \%}{748,4 \text{ g}} = 66,82 \%$$

(výsledky pro ostatní plyny jsou uvedeny v tabulce v závěru příkladu)

Pomocí vztahu (B8) vypočítáme celkovou hmotnost zemního plynu:

$$\rho = \frac{m}{V} = \frac{0,748,4 \text{ kg}}{1 \text{ m}^3} \doteq \underline{\underline{0,7 \text{ kg m}^{-3}}}$$

Výsledky jsou shrnuty v tabulce.

	Objemová procenta	Objem plynu v m <sup>3</sup> pro V <sub>celk</sub> = 1m <sup>3</sup>	Hmotnost plynu v (g)	Hmotnostní procenta
CH <sub>4</sub>	75	0,75	500,1	66,82
C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	15	0,15	187,5	25,05
H <sub>2</sub>	7	0,07	5,878	0,79
CO <sub>2</sub>	3	0,03	54,89	7,33

Zemní plyn má za daných podmínek hustotu 0,7 kg m<sup>-3</sup>.

## 13. C3b

Směs 0,150 g H<sub>2</sub>, 0,700 g N<sub>2</sub> a 0,340 g NH<sub>3</sub> má při teplotě 27 °C celkový tlak 100,0 kPa. Vypočítejte:

- molární zlomky všech plynů ve směsi,
- parciální tlaky,
- parciální objemy plynů,
- celkový objem směsi.

Řešení:

Nejprve vypočítáme látková množství složek směsi a jejich součtem získáme celkové látkové množství směsi. Tyto hodnoty využijeme k výpočtu molárních zlomků jednotlivých plynů ve směsi. Následně vypočítáme parciální tlaky složek za využití již vypočtených molárních zlomků těchto složek. Nakonec ze stavové rovnice vypočítáme celkový objem směsi plynů a na základě tohoto výpočtu spočítáme parciální objemy složek.

Vypočítáme látková množství jednotlivých složek směsi dle (B3):

$$n = \frac{m}{M} \Rightarrow n_i = \frac{m_i}{M_i}$$

Dosadíme:

$$n_{H_2} = \frac{m_{H_2}}{M_{H_2}} = \frac{0,15 \text{ g}}{2,0158 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} \doteq 0,074 \text{ mol, analogicky viz tabulka v závěru příkladu}$$

Vypočítáme molární zlomky jednotlivých složek směsi dle (B4):

$$x_i = \frac{n_i}{n_{\text{celk}}}, \text{ analogicky viz tabulka v závěru příkladu}$$

Celkové látkové množství směsi je:

$$n_{\text{celk}} = n_{H_2} + n_{N_2} + n_{NH_3} = 0,074 \text{ mol} + 0,025 \text{ mol} + 0,02 \text{ mol} = 0,119 \text{ mol}$$

Molární zlomky složek směsi pak jsou:

$$x_{H_2} = \frac{n_{H_2}}{n_{\text{celk}}} = \frac{0,074 \text{ mol}}{0,119 \text{ mol}} \doteq \underline{\underline{0,62}},$$

Výsledky pro všechny plyny zezadaní viz tabulka v závěru příkladu.

Parciální tlaky plynů ve směsi vypočítáme dle (21.1-4):

$$p_i = p_{\text{celk}} x_i$$

Dosadíme:

$$p_{H_2} = p_{\text{celk}} \cdot x_{H_2} = 100 \text{ kPa} \cdot 0,62 \doteq \underline{\underline{62 \text{ kPa}}},$$

Výsledky pro všechny plyny zezadaní viz tabulka v závěru příkladu.

Ze stavové rovnice vypočítáme celkový objem směsi plynů (21.1-3):

$$pV = nRT$$

Vyjádříme odtud objem:

$$V = \frac{nRT}{p} \quad \text{resp.} \quad V_{\text{celk}} = \frac{n_{\text{celk}}RT}{p}$$

Číselně

$$V_{\text{celk}} = \frac{0,119 \text{ mol} \cdot 8,314 \text{ J} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot 300,15 \text{ K}}{100 \cdot 10^3 \text{ Pa}} \doteq 3,0 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3 = \underline{\underline{3,0 \text{ dm}^3}}$$

Parciální objemy plynů ve směsi vypočítáme pomocí (21.1-6):

$$V_i = V_{\text{celk}} \cdot x_i$$

Dosadíme:

$$V_{H_2} = V_{\text{celk}} \cdot x_{H_2} = 3,0 \text{ dm}^3 \cdot 0,62 \doteq \underline{\underline{1,9 \text{ dm}^3}}, \text{ analogicky viz tabulka v závěru příkladu}$$

Celkový objem směsi plynů je  $3 \text{ dm}^3$ . Ostatní výsledky jsou shrnuty v tabulce.

plyn veličina	H <sub>2</sub>	N <sub>2</sub>	NH <sub>3</sub>
M (g mol <sup>-1</sup> )	2,0158	28,0134	17,0304
x <sub>i</sub>	0,62	0,21	0,17
p <sub>i</sub> (kPa)	62	21	17
V <sub>i</sub> (dm <sup>3</sup> )	1,9	0,63	0,51

#### 14. C1a

**Vypočítejte, kolikrát rychleji probíhá transfúze vodíku než transfúze chloru.**

Řešení:

Využijeme Grahamův zákon (21.1-8):

$$\frac{\omega_A}{\omega_B} = \sqrt{\frac{M_B}{M_A}} \Rightarrow \frac{\omega_{H_2}}{\omega_{Cl_2}} = \sqrt{\frac{M_{Cl_2}}{M_{H_2}}} \quad \begin{aligned} M_{H_2} &= 2,0158 \text{ g mol}^{-1} \\ M_{Cl_2} &= 70,906 \text{ g mol}^{-1} \end{aligned}$$

Dosadíme:

$$\frac{\omega_{H_2}}{\omega_{Cl_2}} = \sqrt{\frac{70,906 \text{ g mol}^{-1}}{2,0158 \text{ g mol}^{-1}}} \doteq 35,18$$

Rychlost transfúze vodíku je 35,18krát větší než rychlost transfúze chloru.

## PŘÍKLADY K SAMOSTATNÉMU ŘEŠENÍ

1. ⌚ 3 min; C1a

Vypočítejte, kolikrát rychleji probíhá transfúze vodíku  $H_2$  než transfúze kyslíku  $O_2$ .

2. ⌚ 4 min; C1a

V přírodě se nacházející uran je směsí dvou nuklidů:  $^{235}U$  (obsah 0,7 %,  $A_r = 235,044$ ) a  $^{238}U$  (obsah 99,3 %,  $A_r = 238,05$ ). Aby mohl být uran využit jako palivo v jaderných reaktorech, je nutné ho prostřednictvím transfúze obohacovat a zvýšit tak koncentraci nuklidu  $^{235}U$ . Reakcí uranu s fluorem vzniká těkavý  $UF_6$  a transfúzí je možné oddělovat  $^{235}UF_6$  od  $^{238}UF_6$ . Vypočítejte, kolikrát vyšší bude obsah  $^{235}UF_6$  po jedné transfúzi oproti obsahu této látky ve směsi získané fluorací přírodního uranu.

3. ⌚ 3 min; C1b

Tlak atmosféry na Měsíci je roven přibližně  $1,3 \cdot 10^{-8}$  Pa. Je-li teplota na Měsíci 100 K, vypočítejte, jaký objem měsíční atmosféry obsahuje:

- $1,0 \cdot 10^{-3}$  molu plynu,
- $1,0 \cdot 10^6$  molekul plynu.

4. ⌚ 6 min; C1b

Určité množství  $H_2$  zaujímá při tlaku 200 kPa objem  $500 \text{ cm}^3$ . Za předpokladu, že se jeho teplota nezmění, vypočítejte:

- objem tohoto množství  $H_2$  při tlaku 0,101325 MPa
- tlak  $H_2$  při změně objemu na  $125 \text{ cm}^3$

5. ⌚ 3 min; C1b

Na kolik procent klesne objem vodíku po ochlazení z teploty  $25 \text{ }^\circ\text{C}$  na  $-80 \text{ }^\circ\text{C}$ , zůstal-li jeho tlak konstantní?

6. ⌚ 3 min; C1b

Za standardních podmínek má 1,25 g vzduchu (o složení 78 objemových procent  $N_2$ , 21 objemových procent  $O_2$  a 1 objemové procento Ar) objem  $951 \text{ cm}^3$ . Jaký objem bude mít uvedené množství vzduchu při  $100 \text{ }^\circ\text{C}$  a 101,325 kPa?

7. ⌚ 4 min; C1b

Vodík zaujímá objem  $500 \text{ cm}^3$  při teplotě  $20 \text{ }^\circ\text{C}$  a tlaku 98,0 kPa. Na jakou teplotu je nutné ho ochladit, aby objem při nezměněném tlaku poklesl na  $450 \text{ cm}^3$ ?

8. ⌚ 3 min; C1b

Tlak helia v ocelové lahvi při teplotě  $20 \text{ }^\circ\text{C}$  je 2,5 MPa. Určete tlak plynu v téže lahvi při  $100 \text{ }^\circ\text{C}$ .

‡ Vzhledem k tomu, že transfúze je jev probíhající mezi molekulami plynu, je k obohacování uranu užíván právě fluorid uranový.

9. ⌚ 3 min; C1b

Jak se změní objem ideálního plynu, snížil-li se jeho tlak za stálé teploty desetkrát?

10. ⌚ 5 min; C1c

Na jakou teplotu musíme izobaricky ohřát určité množství dusíku, aby jeho objem byl dvakrát větší než při původní teplotě 15 °C?

11. ⌚ 6 min; C1c

Při -16 °C a tlaku 98,5 kPa je objem kyslíku 0,125 dm<sup>3</sup>. Vypočítejte jeho objem při teplotě 100 °C a tlaku 101,325 kPa.

12. ⌚ 6 min; C1c

Určité množství plynu zaujímá při teplotě 30 °C a tlaku 109,3 kPa objem 0,270 cm<sup>3</sup>. Na jakou teplotu musíme plyn ochladit, jestliže se objem zmenšil na 0,250 dm<sup>3</sup> a tlaku 101,325 kPa?

13. ⌚ 8 min; C1c

Vypočítejte, o kolik procent poklesne tlak 5 dm<sup>3</sup> plynu, jehož teplota je 100 °C a tlak 300 kPa, bude-li po expanzi na 10 dm<sup>3</sup> jeho teplota 27 °C.

14. ⌚ 6 min; C1c

Jakého tlaku bylo potřeba ke stlačení 5,0 dm<sup>3</sup> vodíku na 1/5 původního objemu, pokud v původním stavu byla jeho teplota 10 °C a tlak 0,092 MPa a po stlačení se teplota zvýšila na 25 °C?

15. ⌚ 4 min; C1c

V plynné směsi je parciální tlak helia 200 kPa a parciální tlak argonu 12300 kPa. Vypočítejte složení směsi v objemových procentech.

16. ⌚ 6 min; C2a

Nádoba o objemu 22,4 dm<sup>3</sup> obsahuje 2,00 mol H<sub>2</sub> (g) a 1,00 mol N<sub>2</sub> (g) při teplotě 273,15 K. Vypočítejte parciální tlaky jednotlivých složek a celkový tlak směsi plynů.

17. ⌚ 4 min; C2b

Množství 4,8 kg argonu je uzavřeno v nádobě o objemu 20 litrů. Vypočítejte, jaký je tlak plynu v MPa při teplotě 20 °C.

18. ⌚ 4min; C2b

Plyn o hmotnosti 2,582 g zaujímá při tlaku 99,32 kPa a teplotě 22 °C objem 1,5 dm<sup>3</sup>. Vypočítejte jeho molární hmotnost.

19. ⌚ 5 min; C2b

Ocelová lahev o objemu 20 litrů obsahuje 4,5 kg O<sub>2</sub>. Při jaké teplotě (uved'te ve stupních Celsia) dosáhne tlak kyslíku v lahvi maximální přípustné hodnoty 20 MPa? Výpočet proved'te za předpokladu, že kyslík se chová jako ideální plyn.



20. ⌚ 4 min; C2b  
Při teplotě  $18\text{ }^{\circ}\text{C}$  a tlaku  $102,0\text{ kPa}$  je hmotnost  $1290\text{ cm}^3$  plynu  $1,53\text{ g}$ . Vypočítejte jeho relativní molekulovou hmotnost.
21. ⌚ 4 min; C2b  
V nádobě o objemu  $10\text{ dm}^3$  bylo zahřáto na  $150\text{ }^{\circ}\text{C}$   $27\text{ g}$  vody. Vypočítejte tlak vzniklé vodní páry v nádobě.
22. ⌚ 6 min; C2b  
Tlak helia v tlakové lahvi o objemu  $20\text{ dm}^3$  je při  $20\text{ }^{\circ}\text{C}$  roven  $14,7\text{ MPa}$ . Vypočítejte, jaký maximální průměr může mít pružný balón naplněný heliem z uvedené lahve, bude-li tlak helia v balónu při  $20\text{ }^{\circ}\text{C}$  roven  $133,3\text{ kPa}$ .
23. ⌚ 7 min; C2b  
Směs plynů obsahuje  $60\text{ obj.}\%$   $\text{O}_2$ ,  $15\text{ obj.}\%$   $\text{CO}_2$  a  $25\text{ obj.}\%$   $\text{N}_2$ . Celkový tlak směsi je  $200\text{ kPa}$ . Vypočítejte parciální tlaky plynů ve směsi.
24. ⌚ 7 min; C2c  
Kolikrát je větší hmotnost  $10$  litrů dusíku při teplotě  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$  a tlaku  $101,325\text{ kPa}$  než při  $100\text{ }^{\circ}\text{C}$  a tlaku  $100\text{ kPa}$ ?
25. ⌚ 7 min; C2d  
Kolik litrů  $\text{CO}_2$  (měřeno při  $18\text{ }^{\circ}\text{C}$  a tlaku  $106,0\text{ kPa}$ ) se uvolní působením  $50\text{ cm}^3$  jednomolárního roztoku  $\text{H}_2\text{SO}_4$  na  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ , vznikne-li  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ?
26. ⌚ 6 min; C2c  
Množství  $0,3929\text{ g}$  plynného uhlovodíku zaujímá při standardních podmínkách objem  $0,3427\text{ dm}^3$ . Vypočítejte molární hmotnost uhlovodíku a odhadněte jeho molekulový vzorec.
27. ⌚ 10 min; C3a  
V plynné směsi, obsahující stejné hmotnosti  $\text{CH}_4$  a  $\text{CO}_2$ , je parciální tlak methanu  $48,6\text{ kPa}$ . Jaký je molární zlomek a parciální tlak  $\text{CO}_2$  v této směsi?
28. ⌚ 8 min; C3b  
Vypočítejte hmotnost  $10$  litrů kyslíku při teplotě  $273,15\text{ K}$  a tlaku  $101,325\text{ kPa}$ . Určete počet molekul kyslíku v  $10\text{ cm}^3$  tohoto plynu.
29. ⌚ 15 min; C3b  
Kolik kilogramů vodíku je v tlakové lahvi o objemu  $40$  litrů, má-li při  $20\text{ }^{\circ}\text{C}$  tlak  $15,0\text{ MPa}$ ? Kolik kg vzduchu o složení  $78$  objemových procent  $\text{N}_2$ ,  $21$  objemových procent  $\text{O}_2$  a  $1,0$  objemové procento  $\text{Ar}$  je v téže lahvi za stejných podmínek?

30. ⌚ 6 min; C3b

Jaká je hustota oxidu uhelnatého při teplotě 20 °C a tlaku 98,0 kPa?

31. ⌚ 8 min; C3b

Jaký objem kapalného SO<sub>2</sub> ( $\rho = 1,46 \text{ g cm}^{-3}$ ) získáme zkapalněním 500 m<sup>3</sup> plynného SO<sub>2</sub> (měřeno při teplotě 15 °C a tlaku 116,52 kPa)?

32. ⌚ 6 min; C3b

Vypočítejte hustotu oxidu uhličitého při teplotě 20 °C a tlaku 100 kPa.

33. ⌚ 18 min; C3b

Směs plynů obsahuje 8,064 g H<sub>2</sub>, 8,802 g CO<sub>2</sub> a 22,408 g CO. Celkový tlak směsi při 20 °C je 150 kPa. Vypočítejte parciální tlaky a parciální objemy všech plynů ve směsi.

34. ⌚ 12 min; C3b

Směs plynů, která byla použita k simulaci atmosféry na jiné planetě, obsahovala 320 mg CH<sub>4</sub>, 175 mg Ar a 225 mg N<sub>2</sub>. Parciální tlak dusíku při teplotě 300 K byl 15,2 kPa. Vypočítejte:

- látková množství všech plynů,
- molární zlomky všech plynů,
- parciální tlaky všech plynů,
- celkový tlak směsi plynů,
- celkový objem směsi plynů

---

## D

1. ⌚ 8 min; D2d

Vodík se laboratorně připravuje reakcí zinku se zředěnou kyselinou sírovou. Vypočítejte objem plynu vzniklého při reakci 40,8 g zinku s H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> při teplotě 30 °C a tlaku  $1,00 \cdot 10^5 \text{ Pa}$ . Předpokládejte, že se vodík chová jako ideální plyn.

2. ⌚ 8 min; D2d

Kolik litrů vodíku se připraví z 0,91 g hydridu vápenatého při teplotě 27 °C a tlaku 104,0 kPa?

---


## 21.2 Kapaliny

---

### A

1. Popište jevy:
    - difúze
    - osmóza
    - povrchové napětí
    - viskozita
  2. Formulujte fyzikální definici teploty varu a fyzikálně chemickou definici teploty varu.
  3. Popište postup zkapalňování reálných plynů.
- 

### B

1.  2 min  
Posud'te, které z následujících výroků jsou správné a které jsou nesprávné. Pokud s tvrzeními nesouhlasíte, pak své rozhodnutí odůvodněte.
  - a) Kapaliny jsou zcela nestlačitelné.
  - b) Voda ponechaná v otevřené nádobě na vzduchu při teplotě 20 °C se po určité době odpaří.
  - c) Molární objem H<sub>2</sub>O je při 80 °C a 90 °C za standardního tlaku stejný.
  - d) Teplota varu vody je vždy 100 °C.
  - e) Tvar kapaliny se přizpůsobuje tvaru nádoby.

---

## 21.4 Fázové rovnováhy

---

### A

1. Vyjmenujte a vysvětlete skupenské přeměny.
2. Vysvětlete následující pojmy:
  - fázová rovnováha,
  - fázový přechod,
  - fázové přechody 1. druhu,
  - fázové přechody 2. druhu,
  - bod tání,
  - bod tuhnutí,
  - trojný bod,
  - fázový diagram.
3. Formulujte Gibbsův fázový zákon (včetně symbolů).
4. Vysvětlete, jak se určuje počet nezávislých složek soustavy a počet fází.
5. Vysvětlete pojem „počet stupňů volnosti soustavy“
6. Doplňte tabulku:

Počet stupňů volnosti soustavy	Název soustavy
0	....variantní
1	
2	
3	

**B**1.  1 min

Vyberte jedno správné tvrzení:

Bod varu kapaliny je teplota, při které se tlak nasycených par kapaliny rovná:

- a) standardnímu tlaku,
- b) atmosférickému tlaku plynů,
- c) tlaku nad kapalinou,
- d) kritickému tlaku, zmenšenému o hodnotu standardního tlaku.

2.  1 min

Vyberte jedno správné tvrzení:

Chlorid uhličitý má při teplotě 50 °C větší tenzi nasycených par než voda, protože:

- a) vazby v molekule H<sub>2</sub>O jsou polární a mezi jejími molekulami se vytvářejí vodíkové můstky,
- b) CCl<sub>4</sub> je organická sloučenina,
- c) voda má větší viskozitu,
- d) CCl<sub>4</sub> má větší molekulovou hmotnost než voda.

3.  1 min

V trojném bodu vody jsou v rovnováze:

- a) kapalná voda, led a vzduch nasycený vodní parou za standardního tlaku
- b) kapalná voda, led a vzduch nasycený vodní parou za teploty 0 °C
- c) kapalná voda, led a suchý vzduch za standardního tlaku
- d) kapalná voda, led a vodní pára

4.  2 min

Mezimolekulární přitažlivé síly jsou větší v kapalném methanu než v kapalném argonu. Která z obou látek má vyšší hodnotu kritické teploty?

5.  3 min

Určité množství ledu o teplotě -10 °C bylo v uzavřené nádobě rovnoměrně zahříváno tak dlouho, až teplota vzniklé vodní páry dosáhla 110 °C. Schematicky nakreslete závislost teploty H<sub>2</sub>O na celkové době zahřívání a udejte, co představují jednotlivé části křivky.

6.  6 min

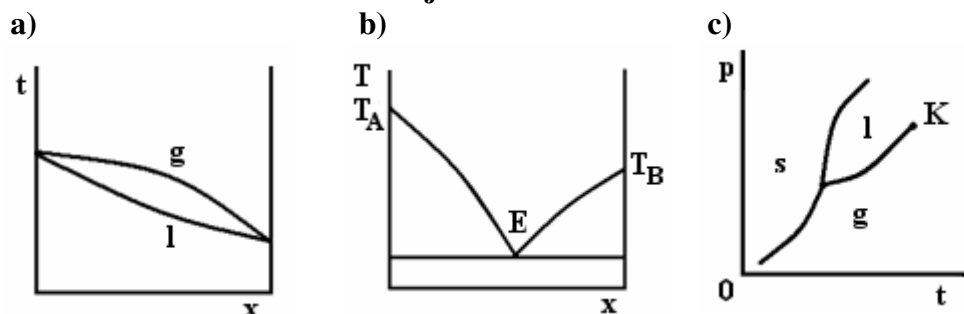
Určete počet nezávislých složek v následujících soustavách:

- a) voda-led
- b) ocet (8% vodný roztok octové kyseliny)
- c) HCl-NH<sub>3</sub>-NH<sub>4</sub>Cl (v poměru 1:1:1)
- d) H<sub>2</sub>O-NH<sub>3</sub>-NH<sub>4</sub>OH (v poměru 10:1:1)
- e) Na<sub>2</sub>O-SiO<sub>2</sub>-H<sub>2</sub>O
- f) H<sub>2</sub>O-NH<sub>3</sub>-NH<sub>4</sub>OH (v poměru 1:1:1)
- g) měď-cín
- h) voda-ethanol

- i)  $\text{H}_2$ ,  $\text{O}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}$  (v poměru 3:1:4)  
 j)  $\text{H}_2$ ,  $\text{O}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}$  (v poměru 2:1:2)

## 7. ⌚ 1 min

Na obrázcích jsou nakresleny fázové diagramy. U každého obrázku určete o kolikasložkovou soustavu se jedná.



## 8. ⌚ 3 min

Nakreslete fázový diagram vody, pojmenujte jednotlivé části diagramu, vyznačte oblasti existence jednotlivých fází, kritický a trojný bod. Vysvětlete, čím se fázový diagram vody liší od fázových diagramů jiných látek.

## 9. ⌚ 2 min

Posuďte, které z následujících výroků jsou správné a které jsou nesprávné. Pokud s tvrzeními nesouhlasíte, pak své rozhodnutí odůvodněte.

- Molární objem  $\text{H}_2\text{O}$  (l) při  $100\text{ }^\circ\text{C}$  a tlaku  $101,325\text{ kPa}$  je menší než molární objem  $\text{H}_2\text{O}$  (g) při stejných podmínkách.
- Ochlazujeme-li čistou kapalnou látku, dojde při určité teplotě ke ztuhnutí kapaliny. Teplota směsi kapalina – tuhá látka zůstává při nepřerušovaném chlazení směsi po určitou dobu konstantní.
- Jednotlivé křivky ve fázovém diagramu udávají podmínky, za kterých jsou dvě fáze určité látky v rovnováze.
- $\text{H}_2\text{O}$  (s),  $\text{H}_2\text{O}$  (l) a  $\text{H}_2\text{O}$  (g) jsou v rovnováze pouze při teplotě  $0,01\text{ }^\circ\text{C}$  a tlaku  $101,325\text{ kPa}$ .
- Nachází-li se soustava tuhá látka – kapalina v rovnováze, způsobí dodání tepla této soustavě úbytek množství tuhé látky.

## 10. ⌚ 1 min

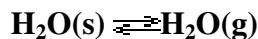
Při řešení tohoto příkladu využijte znalost Le Chatelierova–Braunova principu.

- Jaký musí být tlak, aby se při teplotě  $100\text{ }^\circ\text{C}$  nacházela v rovnováze kapalná voda a vodní pára?
- Která fáze zůstane v soustavě, jestliže se sníží tlak v soustavě při nezměněné teplotě?

11.  2 min

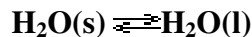
Při řešení tohoto příkladu aplikujte Le Chatelierův–Braunův princip:

a) při teplotě  $-3\text{ °C}$  se ustavila rovnováha



Jaký důsledek na ustavenou rovnováhu bude mít snížení tlaku v soustavě při nezměněné teplotě?

b) Jaký důsledek na rovnováhu



ustavenou při teplotě  $0\text{ °C}$  a tlaku  $101,325\text{ kPa}$ , bude mít zvýšení tlaku v soustavě nad hodnotu  $101,325\text{ kPa}$  při nezměněné teplotě? Při uvedených podmínkách je hustota ledu menší než hustota kapalné vody.

---

C

### Potřebné vztahy:

#### Gibbsův fázový zákon

$$v + f = s + 2, \quad (21.4-1)$$

kde

$v$  ..... počet stupňů volnosti = počet intenzivních stavových veličin, které můžeme nezávisle na sobě měnit, aniž by se tím změnil počet fází v soustavě

$s$  ..... počet složek = minimální počet čistých látek, jimiž lze danou soustavu realizovat

$f$  ..... počet fází v soustavě (fáze je část soustavy, která má v celém svém objemu stejné vlastnosti chemické i fyzikální).

#### Le Chatelierův–Braunův princip (princip akce a reakce) (21.4-2)

Porušení rovnováhy vnějším zásahem (akcí) vyvolá děj (reakci směřující ke zrušení účinku tohoto vnějšího zásahu).

## Řešené příklady

### 1. C1d

Určete, kolik mají dané soustavy nezávislých složek, fází a stupňů volnosti:

- tavenina čistého železa
- roztok NaOH ve vodě
- kapalná voda v rovnováze s ledem

Řešení:

Nejprve u každé soustavy určíme počet fází a počet nezávislých složek. Pak na základě těchto hodnot vypočítáme počet stupňů volnosti podle Gibbsova fázového zákona (21.4-1):

- Počet nezávislých složek:  
 $s = 1$  pouze čistá látka – železo

Počet fází:  
 $f = 1$  (pouze kapalná fáze – tavenina)

Počet stupňů volnosti vypočítáme pomocí Gibbsova fázového zákona (21.4-1):

$$v + f = s + 2 \quad \Rightarrow \quad v = s + 2 - f$$

Číselně:  
 $v = 1 + 2 - 1 = \underline{\underline{2}}$  (bivariantní soustava)

Tavenina čistého železa obsahuje 1 složku a 1 fázi a jde o soustavu bivariantní ( $v = 2$ ).

- Určíme počet složek:  
 $s = 2$  (NaOH a H<sub>2</sub>O spolu nereagují)

Stanovíme počet fází v soustavě:  
 $f = 1$  (kapalná fáze – roztok má ve všech svých částech stejné vlastnosti)

Pomocí Gibbsova fázového zákona (21.4-1) vypočítáme počet stupňů volnosti:

$$v + f = s + 2 \quad \Rightarrow \quad v = s + 2 - f$$

Dosadíme:  
 $v = 2 + 2 - 1 = \underline{\underline{3}}$

Soustava NaOH a H<sub>2</sub>O má 2 složky a 1 fázi a je trivariantní ( $v = 3$ ).

- Určíme počet složek:  
 $s = 1$ , (H<sub>2</sub>O)

Stanovíme počet fází v soustavě:  
 $f = 2$ , protože v soustavě je pevná fáze (led) a kapalná fáze (kapalná voda)



Pomocí Gibbsova fázového zákona (21.4-1) vypočítáme počet stupňů volnosti:

$$v + f = s + 2 \quad \Rightarrow \quad v = s + 2 - f$$

Dosadíme:

$$v = 1 + 2 - 2 = \underline{1}$$

Soustava kapalné vody a ledu v rovnováze má 1 složku, 2 fáze a je univariantní ( $v = 1$ ).

## 2. C1d

**Určete počet fází, složek a stupňů volnosti v rovnovážné soustavě, která je tvořena uhličitánem vápenatým a produkty jeho termického rozkladu) v poměru 1 : 1 : 1. Termický rozklad  $\text{CaCO}_3$  probíhá podle rovnice:**



Řešení:

Budeme vycházet z rovnice termického rozkladu  $\text{CaCO}_3$ . Zde je rozhodující poměr stechiometrických koeficientů látek ve srovnání s poměrem látkových množství látek skutečně přítomných v soustavě. Nejprve určíme počet složek a počet fází v soustavě a poté vypočítáme pomocí Gibbsova fázového zákona počet stupňů volnosti.

Stanovíme počet fází v soustavě:

$$f = 3 \text{ (2 pevné fáze a jedna plynná)}$$

Určíme počet složek:

$$s = 1 \text{ (oxid vápenatý a oxid uhličitý v poměru 1:1, lze připravit z uhličitánu vápenatého)}$$

Z Gibbsova fázového zákona (21.4-1):

$$v + f = s + 2 \quad \Rightarrow \quad v = s + 2 - f$$

Dosadíme:

$$v = 1 + 2 - 3 = \underline{0}$$

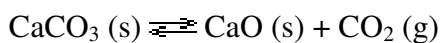
Soustava obsahuje 3 fáze a 1 složku a je invariantní ( $v = 0$ ).

## 3. C1d

**Vypočítejte, kolik stupňů volnosti má soustava, která vznikla smícháním  $\text{CaO}$ ,  $\text{CO}_2$  (g) a  $\text{CaCO}_3$  v poměru (2:1:4).**

Řešení:

Budeme vycházet z rovnice termického rozkladu  $\text{CaCO}_3$ . Nejprve stanovíme počet složek ( $s$  ohledem na poměr látek v soustavě) a počet fází v soustavě. Poté vypočítáme pomocí Gibbsova fázového zákona (21.4-1) kolik má daná soustava stupňů volnosti.



Stanovíme počet fází v soustavě:

$$f = 2, \text{ protože v soustavě jsou 2 pevné fáze a jedna plynná}$$

Určíme počet složek:

$s = 2$ , (oxid vápenatý a oxid uhličitý v poměru 2:1, nelze připravit pouze z uhličitanu vápenatého)

Z Gibbsova fázového zákona (21.4-1) vyjádříme počet stupňů volnosti:

$$v + f = s + 2 \quad \Rightarrow \quad v = s + 2 - f$$

Dosadíme:

$$v = 2 + 2 - 2 = \underline{\underline{2}}$$

Soustava má 2 stupně volnosti (bivariantní).

## PŘÍKLADY K SAMOSTATNÉMU ŘEŠENÍ


1.  3 min; C1a

Kolik složek a kolik stupňů volnosti má soustava

$\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O} (s) - \text{Na}_2\text{SO}_4 (s) - \text{nasyčený vodný roztok Na}_2\text{SO}_4?$

2.  4 min; C1a

Určete počet fází, nezávislých složek a stupňů volnosti v rovnovážné soustavě tvořené  $\text{NH}_4\text{Cl}$  a produkty jeho termického rozkladu. Látky jsou v poměru 1 : 1 : 1.

3.  2 min; C1a

Kolik stupňů volnosti má soustava, v níž je voda v rovnováze s ledem a vodní parou? Jak se tento stav soustavy nazývá?

4.  6 min; C1a

Rozhodněte, která z následujících soustav je univariantní:

- roztok  $\text{NaCl}$  ve vodě
- ethylalkohol v rovnováze se svou nasycenou parou
- led v rovnováze s vodní parou

5.  6 min; C1a

Určete, která z následujících soustav je bivariantní:

- tavenina čistého olova
- roztok octové kyseliny ve vodě
- led v rovnováze s kapalnou vodou

6.  8 min; C3a

Jaký objem zaujímá 1 mol vody při následujících podmínkách?

- led,  $0,0 \text{ }^\circ\text{C}$ ,  $\rho = 0,9168 \text{ g cm}^{-3}$
- kapalná voda,  $0,0 \text{ }^\circ\text{C}$ ,  $\rho = 0,9999 \text{ g cm}^{-3}$
- kapalná voda,  $100 \text{ }^\circ\text{C}$ ,  $\rho = 0,9584 \text{ g cm}^{-3}$
- vodní pára,  $100 \text{ }^\circ\text{C}$ ,  $p = 101,325 \text{ kPa}$

**D**

1. ⌚ 3 min; D1c

Hustota tuhého a kapalného benzenu při teplotě tání (5,5 °C) benzenu je 1,014 g cm<sup>-3</sup> a 0,895 g cm<sup>-3</sup>. Byl by možné bruslit na tuhém benzenu? Odpověď zdůvodněte.

## 22 Krystalová struktura

---

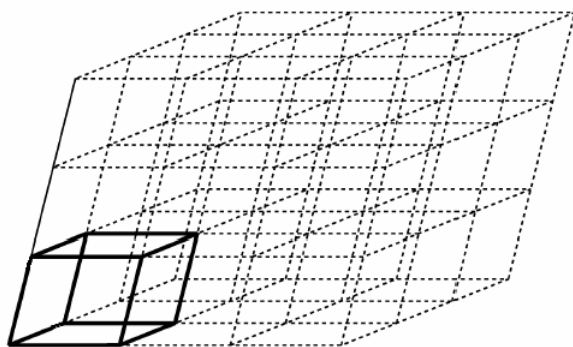
### A

1. Vysvětlete následující pojmy:
  - krystalická látka
  - amorfni látka
  - teplota skelného přechodu
  - tekuté krystaly
  - krystal
  - krystalografie
  - polymorfie
  - alotropie
  - izomorfie
  - směsné krystaly
  - krystalová mřížka
  - Bravaisova elementární buňka
  - mezirovinná vzdálenost
  - klathráty
  - koordinační číslo iontů v krystalu
2. Vyjmenujte a popište jednotlivé zástupce:
  - typy krystalů
  - druhy krystalové vody
  - typy elementárních buněk
3. Jaké druhy krystalů (z hlediska částic obsazujících klíčové body elementární buňky) znáte?
4. Vyjmenujte krystalografické soustavy. Ke každé z nich uveďte alespoň jeden příklad minerálu (název mineralogický, chemické složení a chemický název).
- 5.

---

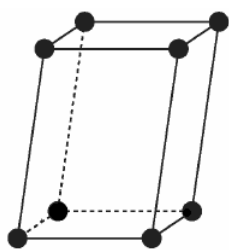
### B

1.  1 min  
Obrázek znázorňuje krystalovou mřížku. Pojmenujte část mřížky vyznačenou v obrázku tučně.

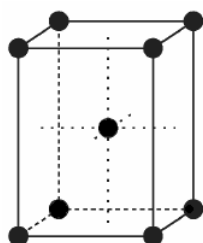


2. ⌚ 2 min

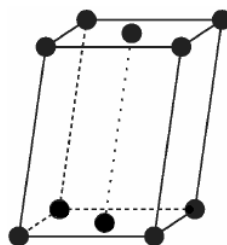
Na obrázcích jsou znázorněny různé typy elementárních buněk. Ke každému obrázku doplňte, o jaký typ elementární buňky se jedná (jednoduchá, tělesně centrovaná, plošně centrovaná, bazálně centrovaná).



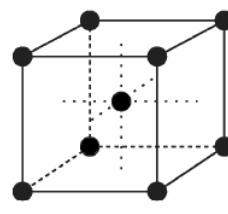
a)



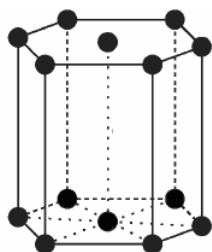
b)



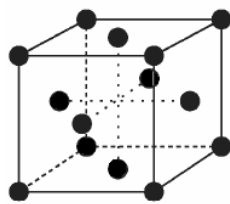
c)



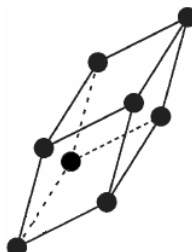
d)



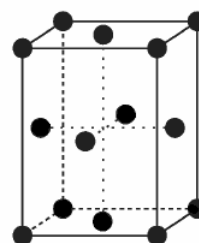
e)



f)



g)



h)

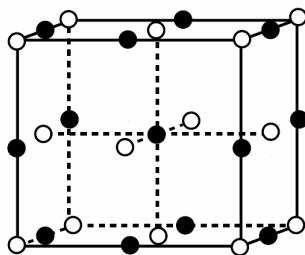
3. ⌚ 2 min.

Dle obrázku elementární buňky NaCl zobrazeného níže zjistěte:

a) koordinační číslo  $\text{Na}^+$  a koordinační číslo  $\text{Cl}^-$  v NaCl,

b) odvodte, jaká mřížka by vznikla, kdyby z mřížky NaCl byly odstraněny všechny kationty  $\text{Na}^+$ .

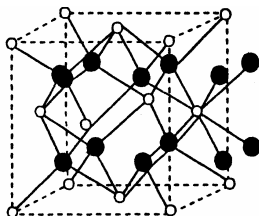
Kationty jsou na obrázku označeny symbolem  $\bullet$ , anionty  $\circ$ .



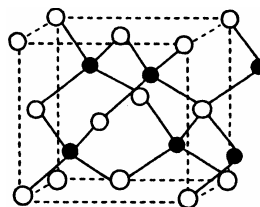
4. ⌚ 1 min

Zjistěte koordinační číslo kationtu (●) a aniontu (○) v látkách, jejichž krystalové struktury jsou na následujících obrázcích

a)



b)



5. ⌚ 1 min.

Zdůvodněte rozdíl fyzikálních vlastností grafitu a diamantu.

6. ⌚ 2 min.

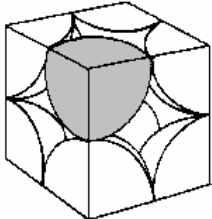
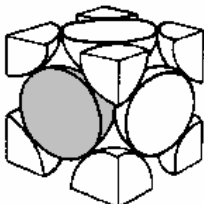
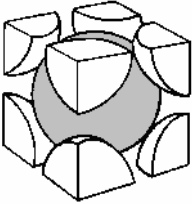
Rozhodněte, zda je za uvedených podmínek možný vznik směsných krystalů. Svoje odpovědi zdůvodněte.

- Jedna látka krystaluje v krychlové soustavě a druhá v šesterečné. Obě látky mají podobný objem částic vázaných stejným typem chemických vazeb.
- Obě látky krystalují v krychlové soustavě, mají podobný objem částic a jedna látka tvoří molekulové krystaly zatím co druhá atomové.
- Obě látky krystalují v kosočtverečné soustavě a tvoří atomové krystaly, částice jedné látky jsou třikrát menší než částice látky druhé.
- Obě látky krystalují v jednoklonné soustavě, mají přibližně stejný objem částic, obě tvoří iontové krystaly.

## C

**Potřebné vztahy****Počet atomů v elementární buňce**

Při určování počtu atomů, které náleží 1 elementární buňce se bude vycházet z dílčích poznatků uvedených v následující tabulce.

Umístění částice	Obrázek (řešená částice označena šedě)	Část šedě vyznačeného atomu náležejícího dané elementární buňce
ve vrcholu buňky		$\frac{1}{8}$
ve středu stěny buňky		$\frac{1}{2}$
střed buňky		1

**Objem 1 mol krystalické látky = molární objem**

Vztah vychází z definice hustoty

$$\rho = \frac{M}{V} = \frac{M}{V_m} \Rightarrow V_m = \frac{M}{\rho}, \quad (22-4)$$

kde

$V_m$ ..... molární objem (krystalické) látky (např.  $\text{cm}^3 \text{mol}^{-1}$ )

$M$ ..... molární hmotnost látky ( $\text{g mol}^{-1}$ )

$\rho$ ..... hustota látky, jednotky musí být v souladu s jednotkami  $V_m, M$  (např.  $\text{g cm}^{-3}$ )

### **Braggova rovnice**

$$2d \sin \theta = n\lambda \quad (22-5)$$

kde

$d$ ..... mřížková konstanta, tj. vzdálenost krystalových rovin (m)

$\theta$ ..... úhel, který svírají dopadající paprsky s krystalovou plochou, na níž dopadají (°)

$\lambda$ ..... vlnová délka rentgenového záření (m)

$n$ ..... řád maxima

### **Výpočet objemu elementární buňky** (22-6)

Objem buňky vypočteme jako objem rovnoběžnostěnu z velikosti jeho hran a úhlů, které hrany svírají. V soustavách s úhly 90° jde o výpočet objemu krychle či kváдру. V ostatních soustavách vypočítáme nejprve plochu základny a tu vynásobíme výškou rovnoběžnostěnu.

---



## Řešené příklady

### 1. C3a

Určete, kolik atomů obsahuje jedna elementární buňka prvku netvořícího polyatomické molekuly v případě, že tato buňka je

- |                                     |                                      |
|-------------------------------------|--------------------------------------|
| a) jednoduchá krychlová,            | d) jednoduchá trojklonná,            |
| b) krychlová tělesně centrovaná,    | e) jednoduchá klencová,              |
| c) jednodklonná bazálně centrovaná, | f) kosočtverečná tělesně centrovaná. |

Poznámka: atomy leží ve všech případech pouze na uzlových bodech mřížky

Řešení:

a) jednoduchá krychlová dle (22-1) obsahuje

- 8 částic ve vrcholech buňky

$$8 \cdot \frac{1}{8} = \underline{1}$$

b) krychlová tělesně centrovaná dle (22-1) a (22-3) obsahuje

- 8 částic ve vrcholech buňky
- 1 částice ve středu buňky

$$8 \cdot \frac{1}{8} + 1 = \underline{2}$$

c) jednodklonná bazálně centrovaná dle (22-1) a (22-2) obsahuje

- 8 částic ve vrcholech buňky
- 2 částice ve středech stěn buňky

$$8 \cdot \frac{1}{8} + 2 \cdot \frac{1}{2} = \underline{2}$$

d) kosočtverečná tělesně centrovaná dle (22-1) a (22-2) obsahuje

- 8 částic ve vrcholech buňky
- 6 částic ve všech středech stěn buňky

$$8 \cdot \frac{1}{8} + 6 \cdot \frac{1}{2} = \underline{4}$$

e) jednoduchá trojklonná dle (22-1), analogicky jako v a)

$$8 \cdot \frac{1}{8} = \underline{1}$$

f) jednoduchá klencová dle (22-1), analogicky jako v a)

$$8 \cdot \frac{1}{8} = \underline{1}$$

Elementární buňka obsahuje za a) 1 atom; b) 2 atomy; c) 2 atom; d) 4 atomy; e) 1 atom; f) 1 atomy tohoto prvku.

2. **C2c**

Železo krystaluje v krychlové soustavě s délkou hrany elementární buňky  $a = 0,286 \text{ nm}$  a hustotou  $7,86 \text{ g cm}^{-3}$ . Určete typ jeho elementární buňky.

Řešení:

Abychom zjistili typ elementární buňky železa, potřebujeme zjistit, kolik atomů elementární buňka železa obsahuje. Nejprve vypočítáme molární objem železa, pak objem elementární buňky Fe a nakonec tyto vypočtené hodnoty dosadíme do trojčlenky. Pomocí trojčlenky vypočítáme počet atomů obsažený v elementární buňce železa a stanovíme tak typ elementární buňky.

$$M_{Fe} = 55,847 \text{ g mol}^{-1}$$

Pro vypočet molárního objemu lithia využijeme vztah (B8):

$$\rho = \frac{M}{V_m} \Rightarrow V_m = \frac{M}{\rho}$$

Číselně:

$$V_m = \frac{55,847 \text{ g mol}^{-1}}{7,86 \text{ g cm}^{-3}} \doteq \underline{\underline{7,105 \text{ cm}^3 \text{ mol}^{-1}}}$$

Vypočítáme objem elementární buňky za pomoci vztahu (B9):

$$V = a^3,$$

Dosadíme:

$$V = (0,286 \cdot 10^{-7})^3 = 2,339 \cdot 10^{-23} \text{ cm}^3$$

Za využití trojčlenky vypočítáme počet atomů CsCl, abychom zjistili jaký typ elementární buňky CsCl vytváří.

$$\begin{array}{l} 1 \text{ mol elementární buňky } 7,105 \text{ cm}^3 \dots\dots\dots 6,023 \cdot 10^{23} \text{ atomů Li} \\ \quad \quad \quad 2,339 \cdot 10^{-23} \text{ cm}^3 \dots\dots\dots x \text{ atomů Li} \end{array}$$

$$x = \frac{2,339 \cdot 10^{-23} \text{ cm}^3 \text{ mol}^{-1} \cdot 6,023 \cdot 10^{23}}{7,105 \text{ cm}^3} \doteq \underline{\underline{2,0 \text{ atomy Fe}}}$$

Elementární buňka železa obsahuje 2 atomy, jedná se tedy o krychlovou tělesně centrovanou buňku – viz řešený příklad 1, část b).

3. **C1b**

Na vzájemně rovnoběžné roviny krystalu, vzdálené od sebe  $0,2 \text{ nm}$ , dopadá svazek monochromatického rentgenového záření o vlnové délce  $0,14 \text{ nm}$  pod úhlem

a)  $17,3^\circ$     b)  $20,5^\circ$     c)  $44,5^\circ$     d)  $55,3^\circ$

Při kterém z těchto úhlů dopadu dojde k difrakci rentgenového záření?

Řešení:

Úhel dopadu vypočítáme pomocí Braggovy rovnice (22-5):

$$2d \sin \theta = n\lambda$$

Z toho plyne:

$$\sin \theta = \frac{\lambda}{2d}$$

Dosadíme:

$$\sin \theta = \frac{0,14 \cdot 10^{-9} \text{ m}}{2 \cdot 0,2 \cdot 10^{-9} \text{ m}} \doteq 0,35 \cdot 10^{-9} \text{ m} \Rightarrow \theta \doteq \underline{\underline{20,5^\circ}}$$

Úhel dopadu rentgenového záření o vlnové délce 0,14 nm, při kterém dochází k difrakci, je 20,5°.

**PŘÍKLADY K SAMOSTATNÉMU ŘEŠENÍ**1.  3 min; C1b

Difrakce rentgenového záření o vlnové délce 0,229 nm na krystalu barya nastává při úhlu dopadu  $\theta = 27^{\circ}8'$ . Vypočítejte mezivinnou vzdálenost difraktujících krystalových rovin.

2.  3 min; C1b


Vypočítejte vzdálenost krystalových rovin v krystalu, na kterých dojde k difrakci rentgenového záření o vlnové délce 0,071 nm, dopadá-li záření na tyto roviny pod úhlem  $26,42^{\circ}$ .

3.  6 min; C1b


K difrakci rentgenového záření o vlnové délce 0,1936 nm na krystalu  $\alpha$ -křemene dochází, dopadá-li toto záření na rovinný povrch krystalu pod úhlem  $44,75^{\circ}$ .

Vypočítejte:


- vzdálenost difraktujících rovin v krystalu  $\alpha$ -křemene,
- vlnovou délku záření, pokud k difrakci záření dochází na stejném systému rovin  $\alpha$ -křemene při úhlu dopadu  $44,86^{\circ}$ .

4.  7 min; C2c

Lithium krystaluje v krychlové soustavě s mřížkovým parametrem 0,3509 nm a má hustotu  $0,534 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$ . Určete typ elementární buňky lithia.

5.  7 min; C2c

Titan krystaluje při teplotě nižší než  $885^{\circ}\text{C}$  v šesterečné soustavě, nad touto teplotou přechází v krychlovou modifikaci. Délka hrany elementární tělesně centrované buňky krychlové modifikace je 0,32 nm. Vypočítejte hustotu krychlové modifikace titanu.

6.  9 min; C2c

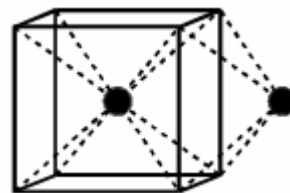
Wolfram, jehož hustota při  $25^{\circ}\text{C}$  je  $19,3 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$ , krystaluje v krychlové tělesně centrované elementární buňce. Zjistěte

- kolik atomů W je obsaženo v elementární buňce
- jaké je koordináční číslo W v krystalové mřížce wolframu
- molární objem wolframu
- objem jedné elementární buňky wolframu

7. ⌚ 9 min; C2c

CsCl krystaluje v krychlové mřížce. Délka hrany elementární buňky CsCl je 0,4123 nm, hustota CsCl  $\rho = 3,99 \text{ g cm}^{-3}$ . Zjistěte za pomoci obrázku:

- typ elementární buňky CsCl
- koordinační číslo  $\text{Cs}^+$
- koordinační číslo  $\text{Cl}^-$
- typ mřížky vzniklé odstraněním všech kationtů  $\text{Cs}^+$
- typ mřížky vzniklé nahrazením  $\text{Cs}^+$  i  $\text{Cl}^-$  stejnou částicí



## 23 Základy termodynamiky

---

### A

**1. Definujte nebo vysvětlete následující pojmy:**

- termodynamická soustava (systém)
- okolí
- stavová veličina
- stavové funkce
- entropie
- Gibbsova energie
- termodynamický děj
- termodynamická rovnováha
- vnitřní energie soustavy
- enthalpie
- reakční enthalpie
- tepelné zabarvení reakce
- vazebná energie
- disociační energie
- uskutečnitelnost chemické reakce
- výchozí látky
- produkty
- termodynamika
- termochemie
- termika

**2. Uveďte minimálně 5 příkladů stavových veličin.**

**3. Uveďte minimálně 3 příklady stavových funkcí.**

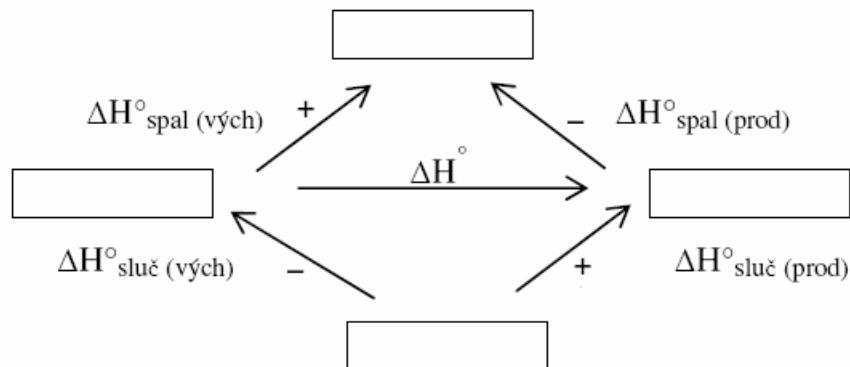
**4. Vysvětlete rozdíl mezi následujícími pojmy:**

- stavové veličiny intenzivní × extenzivní
- vratný děj × nevratný děj
- izolovaný systém × uzavřený systém × otevřený systém
- práce vykonaná soustavou × vnějšími silami
- objemová práce × neobjemová práce
- exotermická reakce × endotermická reakce
- standardní slučovací enthalpie × standardní spalná enthalpie

**5. Formulujte následující zákony slovně popř. i pomocí vzorců:**

- nultá věta termodynamická
- první věta termodynamická včetně jejího matematického vyjádření
- první termochemický zákon
- druhý termochemický zákon

6. Schéma znázorňuje odvozovací trojúhelníky pro výpočet reakčních enthalpií ze spalných nebo slučovacích enthalpií. Doplňte do volných rámečků chybějící popisky. Čárkovaně doplňte chybějící šipky reaktantů a produktů.

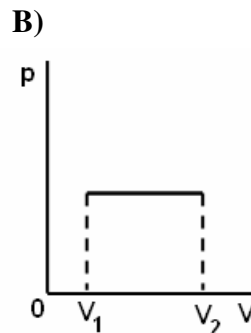
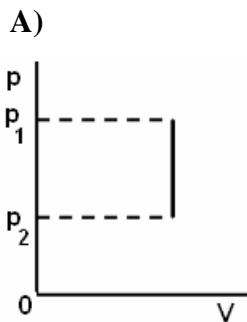


7. Pro které sloučeniny se používá Born-Habernův cyklus?

## B

1. ⌚ 1 min

Na obrázcích jsou znázorněny p-V diagramy, z nichž lze odvodit velikost práce vykonané soustavou. Určete, které tvrzení správně popisuje děj zobrazený v grafech označených písmeny A) a B).



- |  |                             |
|--|-----------------------------|
| a) objemová práce se koná              | a) objem je konstantní      |
| b) objemová práce se nekoná            | b) objemová práce se nekoná |
| c) objem se mění v závislosti na tlaku | c) objemová práce se koná   |

2. ⌚ 1 min

Určete, které z následujících reakcí jsou exotermické a které endotermické:

- |   |  |
|---|--|
| a) $2 \text{ C (s)} + \text{H}_2 \text{ (g)} \rightarrow \text{C}_2\text{H}_2 \text{ (g)}$                                      | $\Delta H = 226,92 \text{ kJ mol}^{-1}$    |
| b) $\text{H}_2 \text{ (g)} + \frac{1}{2} \text{ O}_2 \text{ (g)} \rightarrow \text{H}_2\text{O (l)}$                            | $\Delta H = -285,96 \text{ kJ mol}^{-1}$   |
| c) $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH (l)} + 3\text{O}_2 \text{ (g)} \rightarrow 2\text{CO}_2 \text{ (g)} + 3\text{H}_2\text{O (l)}$ | $\Delta H = -1368,539 \text{ kJ mol}^{-1}$ |
| d) $\text{Fe}_3\text{O}_4 \text{ (s)} + \text{CO (g)} \rightarrow 3\text{FeO (s)} + \text{CO}_2 \text{ (g)}$                    | $\Delta H = 38,10 \text{ kJ mol}^{-1}$     |
| e) $\text{C}_{\text{diamant}} + \text{O}_2 \text{ (g)} \rightarrow \text{CO}_2 \text{ (g)}$                                     | $\Delta H = -395,65 \text{ kJ mol}^{-1}$   |

3.  1 min

Vyberte jedno pravdivé tvrzení:

- a) Samovolné reakce jsou vždy exotermní.
- b) Pro samovolné reakce je typické  $\Delta G < 0$ .
- c) Samovolné reakce jsou velmi rychlé.
- d) Pro samovolné reakce platí  $\Delta H < 0$ .

4.  1 min

Vyberte jedno pravdivé tvrzení:

Změna Gibbsovy energie  $\Delta G$  je rovna nule, když

- a) je systém v rovnováze
- b) jsou všechny aktivity jednotkové
- c) teplo není soustavou ani přijímáno ani vydáváno
- d) změna entropie je nulová

5.  3 minChemické reakce lze charakterizovat znaménky změn  $\Delta H$  a  $\Delta S$  tak, jak je uvedeno v následující tabulce:

reakce	$\Delta H$	$\Delta S$
a	-	+
b	+	-
c	-	-
d	+	+

Rozhodněte, které z procesů (a-d) probíhají za konstantního tlaku a teploty určitě samovolně, které samovolně určitě neprobíhají a o kterých nelze rozhodnout.

---

## C

### Potřebné vztahy

#### První věta termodynamická

$$\Delta U = Q + W \quad \text{resp.} \quad \Delta U = Q - \bar{W}, \quad (23-1)$$

kde

 $\Delta U$  ..... zvýšení vnitřní energie soustavy (J) $Q$  ..... teplo soustavě dodané (J) $W$  ..... práce soustavě dodaná - vykonaná vnějšími silami (J) $\bar{W}$  ..... objemová práce - soustavou vykonaná (J)



**Vztahy pro výpočet objemové práce****Izobarický děj**

$$\bar{W} = p(V_2 - V_1), \quad (23-2)$$

**Izotermický děj**

$$\bar{W} = nRT \ln \frac{V_2}{V_1} \quad \text{resp.} \quad \bar{W} = nRT, \quad (23-3)$$

**Izochorický děj**

$$\bar{W} = 0, \quad (23-4)$$

kde

$\bar{W}$  ..... objemová práce vykonaná soustavou (např. J)

$p$  ..... tlak (např. Pa)

$V_2$  ..... konečný objem (např. dm<sup>3</sup>)

$V_1$  ..... počáteční objem (např. dm<sup>3</sup>)

$n$  ..... látkové množství (mol)

$R$  ..... univerzální plynová konstanta (J K<sup>-1</sup> mol<sup>-1</sup>)

$T$  ..... termodynamická teplota (K)

**První termochemický zákon**

$$\Delta H_1 = -\Delta H_2, \quad (23-5)$$

kde

$\Delta H_1$  .... reakční enthalpie dané reakce směřující k produktům (např. kJ mol<sup>-1</sup>)

$\Delta H_2$  ... reakční enthalpie stejné reakce směřující k výchozím látkám (např. kJ mol<sup>-1</sup>)

**Druhý termochemický zákon**

$$\Delta H_1 = \Delta H_2 = \Delta H_3 = \dots, \quad (23-6)$$

kde

$\Delta H_1$  ..... enthalpie dané reakce směřující od výchozích látek k produktům (např. J)

$\Delta H_2, \Delta H_3, \dots$  ..... enthalpie stejné reakce směřující od výchozích látek přes meziproducty k produktům (např. J)

**Výpočet reakčního tepla (reakčních enthalpií) z tabulkových údajů****Standardních spalných enthalpií**

$$\Delta H_r^\circ = \Delta H_{spal(vých)}^\circ - \Delta H_{spal(prod)}^\circ, \quad (23-7)$$

kde

$\Delta H_r^\circ$  ..... standardní reakční enthalpie (J mol<sup>-1</sup>, častěji kJ mol<sup>-1</sup>)

$\Delta H_{spal(vých)}^\circ$  ..... standardní spalná enthalpie výchozích látek enthalpie (stejně jednotky jako  $\Delta H_r^\circ$ )

$\Delta H_{spal(prod)}^\circ$  ..... standardní spalná enthalpie produktů (stejně jednotky jako  $\Delta H_r^\circ$ )

### Standardních slučovacích enthalpií

$$\Delta H_r^\circ = \Delta H_{sluč(prod)}^\circ - \Delta H_{sluč(vých)}^\circ, \quad (23-8)$$

kde

$\Delta H_r^\circ$  ..... standardní reakční enthalpie (J mol<sup>-1</sup>, častěji kJ mol<sup>-1</sup>)

$\Delta H_{sluč(prod)}^\circ$  ..... standardní slučovací enthalpie výchozích látek (stejně jednotky jako  $\Delta H_r^\circ$ )

$\Delta H_{sluč(vých)}^\circ$  ..... standardní slučovací enthalpie produktů z vazebných energií (stejně jednotky jako  $\Delta H_r^\circ$ )

### Změna Gibbsovy energie

$$\Delta G = \Delta H - T\Delta S \quad \text{resp.} \quad \Delta G_m = \Delta H_m - T\Delta S_m, \quad (23-9)$$

kde

$\Delta G$  ..... přírůstek Gibbsovy energie (J), resp.  $\Delta G$  (J mol<sup>-1</sup>)

$\Delta H$  ..... přírůstek enthalpie (stejně jednotky jako  $\Delta G$ , resp.  $\Delta G_m$  (J mol<sup>-1</sup>))

$T$  ..... termodynamická teplota (K)

$\Delta S$  ..... přírůstek entropie z tvorné Gibbsovy energie (např. J K<sup>-1</sup>), resp.  $\Delta S_m$ , resp.  $\Delta S_m$  (J K<sup>-1</sup> mol<sup>-1</sup>)

### Změna entropie resp. Gibbsovy energie

$$\Delta S^\circ = S_{(prod)}^\circ - S_{(vých)}^\circ, \quad \text{resp.} \quad \Delta G^\circ = G_{(prod)}^\circ - G_{(vých)}^\circ \quad (23-10)$$

kde

$\Delta S^\circ$ ,  $\Delta G^\circ$  ..... přírůstek entropie resp. Gibbsovy energie (např. J mol<sup>-1</sup>K<sup>-1</sup>)

$S_{(prod)}^\circ$ ,  $G_{(prod)}^\circ$  ..... slučovací entropie resp. Gibbsova energie výchozích látek (stejně jednotky jako  $\Delta S^\circ$ )

$S_{(vých)}^\circ$ ,  $G_{(vých)}^\circ$  ..... slučovací entropie resp. Gibbsova energie produktů (stejně jednotky jako  $\Delta S^\circ$ )

**Entropie**

$$\Delta S = \frac{Q}{T} \quad \text{resp.} \quad \Delta S = \frac{\Delta H}{T}, \quad (23-11)$$

kde

$\Delta S$  ..... přírůstek entropie (např.  $\text{J K}^{-1}$ )

$T$  ..... teplota, při níž soustava teplo přijímá (K)

$Q$  ..... teplo přijaté soustavou při izotermickém ději (např. J)

**Vztah pro výpočet skupenského tepla:**

$$Q = ml, \quad (23-12)$$

kde

$Q$  ..... skupenské teplo (libovolné skupenské přeměny) (J)

$m$  ..... hmotnost (kg)

$l$  ..... měrné skupenské teplo (libovolné skupenské přeměny) ( $\text{J kg}^{-1}$ )

**Kalorimetrická rovnice**

$$Q = mc\Delta T, \quad (23-13)$$

kde

$Q$  ..... teplo přijaté tělesem (J)

$m$  ..... hmotnost tělesa (kg)

$c$  ..... měrná tepelná kapacita látky ( $\text{J kg}^{-1}\text{K}^{-1}$ )

$\Delta T$  ..... přírůstek teploty tělesa (K)

Nevím jak vztahy nazvat-jde také o vztahy tykající se skupenského tepla?

$$Q = nc_m \Delta T \quad (23-14)$$

$$Q = nl \quad (23-15)$$

## Řešené příklady

### 1. C1c

Při endotermické reakci přijala soustava za konstantního tlaku teplo o hodnotě 30 kJ. Produkty zaujímaly menší objem než výchozí látky, proto vnější síly vykonaly práci 40 kJ, aby došlo k odpovídající kompresi.

- Jaká byla reakční entalpie?
- O kolik vzrostla vnitřní energie soustavy?

Řešení:

- Teplo přijaté soustavou při izobarickém ději ( tj. za konstantního tlaku) je podle definice rovno entalpii.

$$\text{Proto } \Delta H = \underline{\underline{30 \text{ kJ}}}$$

- Přírůstek vnitřní energie vypočítáme dle první věty termodynamické (23-1):

$$\Delta U = Q + W$$

Dosadíme

$$\Delta U = 30 \text{ kJ} + 40 \text{ kJ} = \underline{\underline{70 \text{ kJ}}}$$

Reakční enthalpie byla 30 kJ a přírůstek vnitřní energie byl 70 kJ.

### 2. C1a

Plyn expanduje za konstantního tlaku 60,8 kPa z objemu 2,25 dm<sup>3</sup> na objem 7,50 dm<sup>3</sup>. Jakou práci přitom vykoná?

Řešení:

K řešení využijeme vztah pro výpočet objemové práce při izobarickém ději (23-2):

$$\bar{W} = p(V_2 - V_1)$$

Číselně:

$$\bar{W} = 60800 \text{ Pa} \cdot (0,00750 \text{ m}^3 - 0,00225 \text{ m}^3) = 319,2 \text{ J} \doteq \underline{\underline{319 \text{ J}}}$$

Plyn vykoná práci 319 J.

### 3. C2c

Molární výparné teplo vody při 25 °C a standardním tlaku je 44 kJ mol<sup>-1</sup>. Pro vypaření 1 mol vody za těchto podmínek vypočítejte:

- absorbované teplo,
- objemovou práci vykonanou vodou,
- změnu vnitřní energie při vypaření 1 mol vody.

Řešení:

Nejdříve vypočítáme teplo absorbované vodou při vypaření. Následně vycházíme z faktu, že v soustavě dochází ke změně skupenství z kapalného na plynné, které doprovází zvětšení objemu soustavy. Soustava tedy vykonává objemovou práci. Objemovou práci vypočítáme dle vztahu (23-3). Pak tento výpočet dosadíme do vztahu (23-1), abychom vypočítali změnu vnitřní energie soustavy.

- a) Teplo absorbované vodou při vypaření je rovno jejímu výparnému teplu, proto

$$Q = \underline{\underline{44 \text{ kJ}}}$$

- b) Při změně vody z kapalného skupenství na plynné dojde ke zvětšení objemu soustavy. Děj je izotermický, proto práce vykonaná soustavou je  $\bar{W} = p(V_2 - V_1)$ . Protože změna objemu je velká, můžeme zanedbat objem kapalné vody  $V_1$  oproti objemu vzniklé vodní páry  $V_2$ . Proto  $\bar{W} = pV_2$ . Součinn  $pV_2$  určíme ze stavové rovnice ideálního plynu (21.1-3).

$$pV = nRT \Rightarrow \bar{W} = nRT$$

Dosadíme:

$$\bar{W} = 1 \text{ mol} \cdot 8,314 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1} \cdot 298,15 \text{ K} \doteq 2478,81 \text{ J} \doteq \underline{\underline{2,5 \text{ kJ}}}$$

- c) Změnu vnitřní energie určíme pomocí první věty termodynamické (23-1):

$$\Delta U = Q + W, \text{ kde } W = -\bar{W}$$

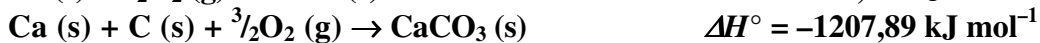
Číselně:

$$\Delta U = 44 \text{ kJ} - 2,5 \text{ kJ} = \underline{\underline{41,5 \text{ kJ}}}$$

Soustava absorbovala teplo  $44 \text{ kJ mol}^{-1}$ , vykonala práci o velikosti  $2,5 \text{ kJ}$  a její vnitřní energie se zvýšila o  $41,5 \text{ kJ}$ .

**4. C1c**

**Vypočítejte reakční teplo reakce  $\text{CaO (s)} + \text{CO}_2 \text{ (g)} \rightarrow \text{CaCO}_3 \text{ (s)}$  z následujících rovnic.**

Řešení:

Pohledem na dílčí reakce v zadání zjistíme, že všechny popisují vznik reaktantů nebo produktů zadané reakce z prvků. Zadané enthalpie jsou proto Slučovacími enthalpiemi a pro výpočet použijeme vztah (23-7).

$$\Delta H_r^\circ = \Delta H_{\text{sluč}(prod)}^\circ - \Delta H_{\text{sluč}(vých)}^\circ,$$

Číselně:

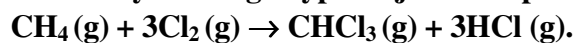
$$\Delta H_r^\circ = -1207,89 \text{ kJ mol}^{-1} - [(-393,97 \text{ kJ mol}^{-1}) + (-635,97 \text{ kJ mol}^{-1})]$$

$$\Delta H_r^\circ = \underline{\underline{-177,95 \text{ kJ mol}^{-1}}}$$

Reakční teplo dané reakce je  $-177,95 \text{ kJ mol}^{-1}$ .

### 5. C1c

Z vazebných energií vypočítejte enthalpii reakce přípravy chloroformu:



Vazba	Energie vazby
C–H	416,17 kJ mol <sup>-1</sup>
Cl–Cl	242,83 kJ mol <sup>-1</sup>
C–Cl	326,57 kJ mol <sup>-1</sup>
H–Cl	431,24 kJ mol <sup>-1</sup>

Řešení:

Nejprve odděleně zjistíme energii potřebnou na rozštěpení vazeb ve výchozích látkách a energii uvolněnou při vzniku produktů. Odečtením pak zjistíme reakční entalpii dané reakce.

Výchozí látky – energie potřebná na rozštěpení vazeb	
$\begin{array}{c} \text{H} \\   \\ \text{H}-\text{C}-\text{H} \\   \\ \text{H} \end{array}$	v této látce je vazba C–H zastoupena 4×: $\Rightarrow 4 \cdot 416,17 \text{ kJ mol}^{-1} = 1664,68 \text{ kJ mol}^{-1}$
$\text{Cl}-\text{Cl}$	v reakci jsou 3 molekuly chloru, vazba Cl–Cl je proto zastoupena 3×: $\Rightarrow 3 \cdot 242,83 \text{ kJ mol}^{-1} = 728,49 \text{ kJ mol}^{-1}$

Na rozštěpení vazeb v reaktantech je celkem potřeba energii  $2393,17 \text{ kJ mol}^{-1}$ .

Produkty – energie uvolněná při vzniku vazeb	
$\begin{array}{c} \text{Cl} \\   \\ \text{Cl}-\text{C}-\text{Cl} \\   \\ \text{H} \end{array}$	v této látce je 1 vazba C–H a 3 vazby H–Cl: $\Rightarrow 416,17 \text{ kJ mol}^{-1} + 3 \cdot 326,57 \text{ kJ mol}^{-1} = 1395,88 \text{ kJ mol}^{-1}$
$\text{H}-\text{Cl}$	v reakci jsou 3 molekuly HCl vazba H–Cl je zastoupena 3×: $\Rightarrow 3 \cdot 431,24 \text{ kJ mol}^{-1} = 1293,72 \text{ kJ mol}^{-1}$

Při vzniku produktů se celkem uvolní teplo  $2689,6 \text{ kJ mol}^{-1}$ .

Reakční entalpie je teplo přijaté soustavou při izobaricky uskutečněné reakci, proto platí:

$$\Delta H_r^\circ = 2393,17 \text{ kJ mol}^{-1} - 2689,43 \text{ kJ mol}^{-1} = \underline{\underline{-296,43 \text{ kJ mol}^{-1}}}$$

Enthalpie reakce přípravy chloroformu je  $-296,43 \text{ kJ mol}^{-1}$ .

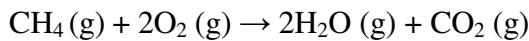
## 6. C3b

Z údajů v tabulce vypočítejte množství tepla, které se uvolní spálením 1,00 m<sup>3</sup> methanu (měřeno při 0 °C a 101,325 kPa).

látka	slučovací teplo
CH <sub>4</sub>	-76,37 kJ mol <sup>-1</sup>
CO <sub>2</sub>	-393,97 kJ mol <sup>-1</sup>
H <sub>2</sub> O	-242,00 kJ mol <sup>-1</sup>

Řešení:

Nejdříve napíšeme reakci spalování methanu a vyčíslíme ji. Na základě reakce a jednotlivých slučovacích tepel vypočítáme dle vztahu (23-7) reakční teplo, které vznikne spálením 1 mol methanu. Pomocí vztahu (21-3) zjistíme, jaké látkové množství CH<sub>4</sub> je obsaženo v objemu 1 m<sup>3</sup>. Nakonec vypočítáme množství energie, která se uvolní spálením 1 m<sup>3</sup> methanu.



$$\Delta H_r^\circ = \Delta H_{\text{sluč}( \text{prod} )}^\circ - \Delta H_{\text{sluč}( \text{vých} )}^\circ,$$

Dosadíme:

Slučovací teplo pro kyslík je rovno nulové, protože kyslík je prvek.

$$\Delta H_r^\circ = [2 \cdot (-242,00) + (-393,97)] - [(-76,37\text{kJ}) + (2 \cdot 0)] = -801,6 \text{ kJ mol}^{-1}$$

Pomocí vztahu (21-3) vypočítáme látkové množství CH<sub>4</sub> v objemu 1 m<sup>3</sup>:

$$pV = nRT \Rightarrow n = \frac{pV}{RT}$$

$$\text{Číselně: } n = \frac{101325 \text{ Pa} \cdot 1 \text{ m}^3}{8,314 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1} \cdot 273,15 \text{ K}} \doteq 44,61 \text{ mol}$$

Reakční teplo vzniklé spálením 1 m<sup>3</sup> CH<sub>4</sub> vypočteme z úměry:

$$\begin{array}{l} \downarrow \quad \begin{array}{l} 1 \text{ mol CH}_4 \dots\dots\dots -801,6 \text{ kJ} \\ 44,61 \text{ mol} \dots\dots\dots x \end{array} \quad \downarrow \\ \hline x = \frac{-801,6 \text{ kJ} \cdot 44,61 \text{ mol}}{1 \text{ mol}} = 35759,376 \text{ kJ} \doteq \underline{\underline{35,8 \text{ MJ}}} \end{array}$$

Spálením 1 m<sup>3</sup> methanu se uvolní teplo o velikosti 35,8 MJ.

## 7. C1a

Bude reakce  $2\text{NO}_2(\text{g}) \rightarrow \text{N}_2\text{O}_4(\text{g})$  probíhat za standardních podmínek samovolně, je-li  $\Delta G^\circ(\text{N}_2\text{O}_4) = 98,326 \text{ kJ mol}^{-1}$  a  $\Delta G^\circ(\text{NO}_2) = 51,724 \text{ kJ mol}^{-1}$ ?

Řešení:

Reakce probíhá samovolně, pokud je reakční Gibbsova energie menší než nula. Reakční Gibbsovu energii vypočítáme analogicky dle vztahu (23-7):

$$\Delta G^\circ = \Delta G_{\text{spal}(\text{prod})}^\circ - \Delta G_{\text{spal}(\text{vých})}^\circ$$

Číselně:

$$\Delta G^\circ = 98,326 \text{ kJ mol}^{-1} - 2 \cdot 51,724 \text{ kJ mol}^{-1} = \underline{\underline{-5,122 \text{ kJ mol}^{-1}}}$$

Reakce bude probíhat samovolně, protože  $\Delta G < 0$ .

## 8. C1a

Sublimační teplo suchého ledu  $\Delta H_{\text{subl}}$  za standardního tlaku a teploty  $-78,00^\circ\text{C}$  je  $565,22 \text{ J g}^{-1}$ . Vypočítejte změnu entropie při sublimaci  $500,0 \text{ g CO}_2$  a uveďte, jaká je změna Gibbsovy energie tohoto vratného procesu (pro  $500,0 \text{ g CO}_2$ )

Řešení:

Nejdříve vypočítáme změnu entropie při sublimaci dle (23-11). Pak určíme změnu Gibbsovy energie pomocí vztahu (23-9).

$$\Delta S = \frac{Q}{T} = \frac{565,22 \text{ J g}^{-1}}{(-78 + 273,15) \text{ K}} \doteq 2,896 \text{ J K}^{-1} \text{ g}^{-1}$$

Tato změna entropie je vztažena na  $1 \text{ g CO}_2$ . V zadání bylo  $500 \text{ g CO}_2$ . Proto:

$$\begin{array}{l} 1 \text{ g CO}_2 \dots\dots\dots 2,896 \text{ J K}^{-1} \\ 500 \text{ g CO}_2 \dots\dots\dots x \end{array}$$

$$x = \frac{2,896 \text{ J K}^{-1} \cdot 500 \text{ g}}{1 \text{ g}} = \underline{\underline{1448 \text{ J K}^{-1}}}$$

Kombinací vztahů (23-9) a (23-11):

$$\Delta G = \Delta H - T\Delta S \quad \text{resp.} \quad \Delta G = Q - T\Delta S \quad (\text{tlak byl podle zadání konstantní})$$

$$\Delta S = \frac{Q}{T}$$

Dostaneme:

$$\Delta G = Q - T \frac{Q}{T}$$

Pokrácením:

$$\Delta G = Q - T \frac{Q}{T} \Rightarrow \Delta G = Q - Q \Rightarrow \Delta G = \underline{\underline{0}}$$

Změna entropie při sublimaci daného  $500 \text{ g CO}_2$  za daných podmínek je  $1448 \text{ kJ}$ . Děj je vratný, proto  $\Delta G = 0$ , což bylo potvrzeno i výpočtem.



## PŘÍKLADY K SAMOSTATNÉMU ŘEŠENÍ

1. ⌚ 1 min; C1a

Jak se změní vnitřní energie plynu, přijme-li teplo o velikosti 10 J a nevykoná přitom žádnou práci?

2. ⌚ 2 min; C1a

Pro reakci  $\text{NO}(\text{g}) + \frac{1}{2}\text{O}_2(\text{g}) \rightarrow \text{NO}_2(\text{g})$  probíhající při 298,15 K je  $\Delta G^\circ = -34,88 \text{ kJ mol}^{-1}$  a  $\Delta H^\circ = -56,56 \text{ kJ mol}^{-1}$ . Vypočítejte změnu entropie.

3. ⌚ 3 min; C1a

Vypočítejte standardní Gibbsovu energii  $\Delta G^\circ$  oxidace glukózy ( $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ ), která probíhá podle rovnice  $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6(\text{s}) + 6\text{O}_2(\text{g}) \rightarrow 6\text{CO}_2(\text{g}) + 6\text{H}_2\text{O}(\text{l})$ . Hodnoty standardní slučovací Gibbsovy energie jsou uvedeny v tabulce.

Sloučenina	Standardní slučovací Gibbsova energie
$\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6(\text{s})$	$-912,72 \text{ kJ mol}^{-1}$
$\text{CO}_2(\text{g})$	$-394,83 \text{ kJ mol}^{-1}$
$\text{H}_2\text{O}(\text{l})$	$-238,65 \text{ kJ mol}^{-1}$

4. ⌚ 2 min; C1a

Vypočítejte reakční teplo vzniku jodovodíku z prvků dle rovnice  $\text{H}_2(\text{g}) + \text{I}_2(\text{g}) \rightarrow 2\text{HI}(\text{g})$ , pokud znáte velikost energie vazeb ( $435 \text{ kJ mol}^{-1}$ ), I-I ( $150 \text{ kJ mol}^{-1}$ ) a H-I ( $299 \text{ kJ mol}^{-1}$ ).

5. ⌚ 3 min; C1b

Množství 7,00 g kovového hořčíku bylo rozpuštěno v nadbytku HCl při 25,0 °C a tlaku 101,325 kPa. Vypočítejte práci vykonanou při vzniku vodíku.

6. ⌚ 5 min; C1b

Pro proces přeměny  $\text{H}_2\text{O}(\text{s}) \rightarrow \text{H}_2\text{O}(\text{l})$  je  $\Delta H^\circ = 6012,2 \text{ J mol}^{-1}$  a  $\Delta S^\circ = 22,0 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$ . Vypočítejte:

- $\Delta G$  tohoto procesu při  $-10,0 \text{ }^\circ\text{C}$ . Která forma led nebo voda je stabilní při této teplotě?
- $\Delta G$  při  $10,0 \text{ }^\circ\text{C}$ . Která forma vody bude stabilní při této teplotě?
- Teplotu, při níž je  $\Delta G = 0$ . Jaký je fyzikální význam této teploty?

7. ⌚ 3 min; C1c

V exotermické reakci, probíhající za konstantního tlaku, vydala soustava do okolí teplo 50 kJ. Při vzniku produktů vzrostl objem soustavy, přičemž odpovídající velikost práce vykonané soustavou při této expanzi byla 20 kJ. Jaké jsou hodnoty

- $\Delta H$ ,
- $\Delta U$  pro tento proces?

## 8. ⌚ 3 min; C1c

Vypočítejte tepelné zabarvení reakce

$2\text{CO}(\text{g}) + 4\text{H}_2(\text{g}) \rightarrow \text{H}_2\text{O}(\text{l}) + \text{C}_2\text{H}_5\text{OH}(\text{l})$ , znáte-li spalná reaktantů a produktů



## 9. ⌚ 2 min; C1c

Vypočítejte teplo reakce, při níž by se diamant za teploty 298,15 K a tlaku 101,325 kPa měnil v grafit, víte-li, že za těchto podmínek jsou tepla reakcí



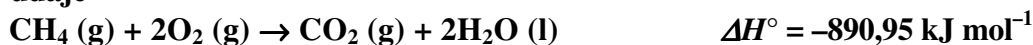
## 10. ⌚ 2 min; C1c

Vypočítejte  $\Delta H^\circ$  reakce  $\text{C}(\text{s}) + \frac{1}{2}\text{O}_2(\text{g}) \rightarrow \text{CO}(\text{g})$ , jsou-li známa tepelná zabarvení reakcí



## 11. ⌚ 3 min; C1c

Vypočítejte enthalpii reakce  $\text{C}_{\text{grafit}} + 2\text{H}_2(\text{g}) \rightarrow \text{CH}_4(\text{g})$ , jsou-li známy následující údaje



## 12. ⌚ 3 min; C1c

Vypočítejte  $\Delta H^\circ$  reakce  $\text{FeO}(\text{s}) + \text{CO}(\text{g}) \rightarrow \text{Fe}(\text{s}) + \text{CO}_2(\text{g})$  s využitím termochemických rovnic



## 13. ⌚ 2 min; C1c

Posuďte, zda je reakce  $2\text{HI}(\text{g}) + \text{Cl}_2(\text{g}) \rightarrow 2\text{HCl}(\text{g}) + \text{I}_2(\text{s})$  uskutečnitelná za standardních podmínek. Standardní slučovací Gibbsovy energie při nich jsou pro  $\text{HCl}$   $-95,46 \text{ kJ mol}^{-1}$  a pro  $\text{HI}$   $1,30 \text{ kJ mol}^{-1}$ .

## 14. ⌚ 2 min; C1c

Je reakce  $\text{CO}(\text{g}) + \text{Cl}_2 \rightarrow \text{COCl}_2(\text{g})$  uskutečnitelná za standardních podmínek? Jaká Gibbsova energie  $\text{CO}(\text{g})$  je  $-137,37 \text{ kJ mol}^{-1}$  a  $\text{COCl}_2(\text{g})$   $-210,64 \text{ kJ mol}^{-1}$ .

⌚ 2 min; C1c

Bude reakce  $2\text{NO}_2(\text{g}) \rightarrow \text{N}_2\text{O}_4(\text{g})$  probíhat za standardních podmínek samovolně? Slučovací Gibbsovy energie jsou:  $\Delta G^\circ(\text{N}_2\text{O}_4) = 98,326 \text{ kJ mol}^{-1}$  a  $\Delta G^\circ(\text{NO}_2) = 51,724 \text{ kJ mol}^{-1}$ .

15. ⌚ 3 min; C1c

Vypočítejte teplo reakce  $\text{CH}_4(\text{g}) + 4\text{F}_2(\text{g}) \rightarrow \text{CF}_4(\text{g}) + 4\text{HF}(\text{g})$ , znáte-li velikost energie vazeb C–H ( $416,17 \text{ kJ mol}^{-1}$ ), C–F ( $489,86 \text{ kJ mol}^{-1}$ ), H–F ( $569,40 \text{ kJ mol}^{-1}$ ) a F–F ( $158,26 \text{ kJ mol}^{-1}$ ).

16. ⌚ 5 min; C1c

$\text{CCl}_4$  se připravuje reakcí  $\text{CS}_2(\text{g}) + 3\text{Cl}_2(\text{g}) \rightarrow \text{CCl}_4(\text{g}) + \text{S}_2\text{Cl}_2(\text{g})$ . Vypočítejte její enthalpii, víte-li, že energie vazby C=S je  $481,48 \text{ kJ mol}^{-1}$ , Cl–Cl  $242,83 \text{ kJ mol}^{-1}$ , C–Cl  $326,57 \text{ kJ mol}^{-1}$ , S–S  $205,15 \text{ kJ mol}^{-1}$  a S–Cl  $255,39 \text{ kJ mol}^{-1}$ .

17. ⌚ 7 min; C2a

Určete  $\Delta H^\circ$  reakce  $2\text{Na}_2\text{O}_2(\text{s}) + 2\text{H}_2\text{O}(\text{l}) \rightarrow 4\text{NaOH}(\text{s}) + \text{O}_2(\text{g})$ . Slučovací teplo  $\text{Na}_2\text{O}_2(\text{s})$  je  $-504,93 \text{ kJ mol}^{-1}$ , pro  $\text{H}_2\text{O}$  je (l)  $-285,96 \text{ kJ mol}^{-1}$  a pro  $\text{NaOH}(\text{s})$  je  $-427,05 \text{ kJ mol}^{-1}$ . Kolik tepla se uvolní rozkladem  $25,00 \text{ g}$  peroxidu sodného?

18. ⌚ 4 min; C2c

Pro vznik  $\text{N}_2\text{O}$  reakcí  $2\text{N}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) \rightarrow 2\text{N}_2\text{O}(\text{g})$  je  $\Delta H = 163,3 \text{ kJ}$ . Vypočítejte teplo absorbované při vzniku  $6,5 \text{ g}$   $\text{N}_2\text{O}$  a teplo uvolněné při rozkladu  $3,0 \text{ g}$   $\text{N}_2\text{O}$ .

19. ⌚ 7 min; C3b

Výparné teplo benzenu při bodu varu ( $80,1^\circ\text{C}$ ) a atmosférickém tlaku je  $394,15 \text{ J g}^{-1}$ . Vypočítejte:

- objemovou práci,
- absorbované teplo,
- změnu enthalpie,
- změnu vnitřní energie,

při vypaření  $100 \text{ g}$  benzenu uzavřeného v nádobě s pohyblivým pístem při teplotě  $80,1^\circ\text{C}$ . Předpokládejte, že se benzen v plynném skupenství chová jako ideální plyn.

Pro zjednodušení počítejte, že objem kapaliny je zanedbatelný vůči objemu páry.

20. ⌚ 5 min; C3b

Reakcí  $2,00 \text{ mol}$  vodíku s  $1,00 \text{ mol}$  kyslíku při  $100^\circ\text{C}$  za standardního tlaku vznikají dva mol vodní páry a uvolní se teplo  $484,83 \text{ kJ}$ . Vypočítejte změnu enthalpie  $\Delta H$  a vnitřní energie  $\Delta U$  při této reakci.

21.  5 min; C3b

Vypočítejte výparné teplo 1 g vody při 25 °C. Slučovací teplo kapalné vody je  $-285,96 \text{ kJ mol}^{-1}$ , plynné vody  $-242,0 \text{ kJ mol}^{-1}$ .

---




## 24 Chemická rovnováha

---

### A

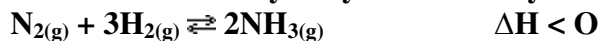
1. Vysvětlete následující pojmy:
    - chemická rovnováha,
    - ustálený stav,
    - rovnovážná konstanta,
    - Guldbergův-Waageův zákon,
    - Le Chatelierův-Braunův princip.
  2. Odlište pojmy: výtěžek × rovnovážná koncentrace × počáteční koncentrace.
- 

### B

1.  1 min  
Při rovnováze tuhá látka  $\rightleftharpoons$  kapalina způsobí dodání tepla nejprve:
  - a) snížení množství tuhé látky,
  - b) snížení množství kapaliny,
  - c) pokles teploty,
  - d) vzrůst teploty.
2.  2 min  
U každé z následujících reakcí uveďte, kam se posune rovnováha při zvýšení tlaku. Využijte Le Chatelierův-Braunův princip.
  - a)  $2\text{HgO}_{(s)} \rightleftharpoons 2\text{Hg}_{(l)} + \text{O}_{2(g)}$
  - b)  $2\text{NO}_{2(g)} \rightleftharpoons \text{N}_2\text{O}_{4(g)}$
  - c)  $\text{CO}_{2(g)} + \text{H}_2\text{O}_{(l)} \rightleftharpoons \text{CO}_{2(\text{roztok})}$
  - d)  $\text{H}_{2(g)} + \text{I}_{2(g)} \rightleftharpoons 2\text{HI}_{(g)}$
  - e)  $2\text{SO}_{2(g)} + \text{O}_{2(g)} \rightleftharpoons 2\text{SO}_{3(g)}$
3.  1 min  
Vyberte správné tvrzení:  
V reakčním systému nacházejícím se v rovnováze způsobí vzrůst teploty:
  - a) vzrůst rychlosti jen exotermních reakcí,
  - b) vzrůst rychlosti jen endotermních reakcí,
  - c) vzrůst rychlosti reakcí exotermních i endotermních,
  - d) nemá vliv na jejich rychlost.

4.  1 min.

Exotermní reakci syntézy amoniaku vystihuje rovnice:



Vyberte správné tvrzení:

Výtěžek amoniaku bude nejvyšší při:

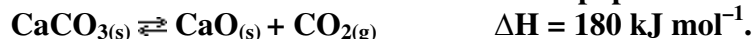
- nízké teplotě, nízkém tlaku,
- nízké teplotě, vysokém tlaku,
- vysoké teplotě, nízkém tlaku,
- vysoké teplotě, vysokém tlaku.

5.  1 minPlynný jod a vodík reagují za vzniku plynného jodovodíku. Po dosažení rovnováhy závisí hodnota rovnovážné konstanty  $K_p$  pouze na:

- počáteční koncentraci vodíku,
- teplotě,
- celkovém tlaku systému,
- objemu reakční nádoby.

6.  1 min

V uzavřené nádobě se ustálila rovnováha popsaná termochemickou rovnicí:



Vyberte správné tvrzení: Zvýšení výtěžku oxidu vápenatého může být dosaženo:

- přidáním dalšího  $\text{CaCO}_3$ ,
- snížením koncentrace  $\text{CO}_2$ ,
- snížením teploty,
- zmenšením objemu nádoby.

7.  1 min

Při oxidaci oxidu siřičitého na oxid sírový se ustavuje rovnováha:

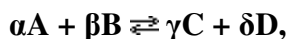
Vyberte správné tvrzení: Rovnovážnou koncentraci  $\text{SO}_3$  lze zvýšit:

- snížením teploty,
- zvětšením objemu reakční nádoby,
- odstraňováním  $\text{SO}_3$  ze systému.

## C

**Potřebné vztahy**

Rovnovážná konstanta reakce



kde

*A, B* ..... výchozí látky neboli reaktanty*C, D* ..... produkty $\alpha, \beta, \gamma, \delta$  ... stechiometrické koeficienty

může být definována různými způsoby:

rovnovážná konstanta vyjádřená pomocí:	označení rovnovážné konstanty	definiční vztah	význam symbolů
tlaků	$K_p$	$K_p = \frac{p_C^\gamma \cdot p_D^\delta}{p_A^\alpha \cdot p_B^\beta}$	$p_i$ ..... tlak i-té látky (24-1)
látkových koncentrací	$K_c$	$K_c = \frac{[C]^\gamma \cdot [D]^\delta}{[A]^\alpha \cdot [B]^\beta}$	$[A_i]$ ..... skutečná (nikoli analytická) koncentrace i-té látky (24-2)
aktivit	$K_a$	$K_a = \frac{a_C^\gamma \cdot a_D^\delta}{a_A^\alpha \cdot a_B^\beta}$	$a_i$ ..... aktivita i-té látky (24-3)
molárních zlomků	$K_x$	$K_x = \frac{x_C^\gamma \cdot x_D^\delta}{x_A^\alpha \cdot x_B^\beta}$	$x_i$ ..... molární zlomek i-té látky (24-4)

**Řešené příklady:**

1. Hodnota rovnovážné konstanty reakce  $A(g) + 2B(l) \rightleftharpoons 4C(g)$   $K_c$  je  $0,123 \text{ mol dm}^{-3}$ . Vypočítejte rovnovážnou konstantu zpětné reakce pro  $4C(g) \rightleftharpoons A(g) + 2B(l)$ .

Řešení:

Pro výpočet rovnovážné konstanty přímé reakce použijeme vztah (24-2):

$$\overrightarrow{K}_c = \frac{[C]^4}{[A][B]^2} \quad (\text{a})$$

Pro reakci opačnou  $4C(g) \rightleftharpoons A(g) + 2B(l)$ , platí podle (24-2):

$$\overleftarrow{K}_c = \frac{[A][B]^2}{[C]^4} \quad (\text{b})$$

Ze srovnání (a), (b) plyne :

$$\overleftarrow{K}_c = \frac{1}{\overrightarrow{K}_c} = \frac{1}{0,123 \text{ mol dm}^{-3}} = \underline{\underline{8,13 \text{ dm}^3 \text{ mol}^{-1}}}$$

Vhodnou šipku jsem zatím nenašla

Rovnovážná konstanta reakce  $4C(g) \rightleftharpoons A(g) + 2B(l)$  má hodnotu  $8,13 \text{ dm}^3 \text{ mol}^{-1}$ .

2. Rovnovážná směs  $2A(g) + 3B(g) \rightleftharpoons 4C(g)$  o objemu 2 litry obsahovala 1 mol A, 0,2 mol B a 0,8 mol C. Vypočítejte rovnovážnou konstantu  $K_c$ .

Řešení:

Pro výpočet použijeme vztah (24-2):

$$K_c = \frac{[C]^4}{[A]^2 \cdot [B]^3}$$

Koncentrace látek, vyjádříme a to ze vztahu (B6):

$$c = \frac{n}{V}$$

Po upravení a dosazení:

$$K_c = \frac{\left(\frac{0,8}{2}\right)^4}{\left(\frac{1}{2}\right)^2 \cdot \left(\frac{0,2}{2}\right)^3}$$

$$K_c = \underline{\underline{102,4 \text{ dm}^3 \text{ mol}^{-1}}}$$

Rovnovážná konstanta  $K_c$  má hodnotu  $102,4 \text{ dm}^3 \text{ mol}^{-1}$ .



3. K redukcí oxidu železnatého byla užita plynná směs, skládající se z 30 % objemu oxidu uhelnatého a 70 % objemu dusíku. Rovnovážná konstanta  $K_c$  reakce  $\text{FeO(s)} + \text{CO(g)} \rightleftharpoons \text{Fe(s)} + \text{CO}_2\text{(g)}$  má při 1000 °C hodnotu 0,403. Kolik gramů železa můžeme získat při použití 1,5 m<sup>3</sup> této plynné směsi za teploty 1000 °C a tlaku 100 kPa?

Řešení:

100 kPa převedeme na Pa:

$$100 \text{ kPa} = 1,0 \cdot 10^5 \text{ Pa}$$

Nejprve vypočteme látkové množství CO v použité reakční směsi:

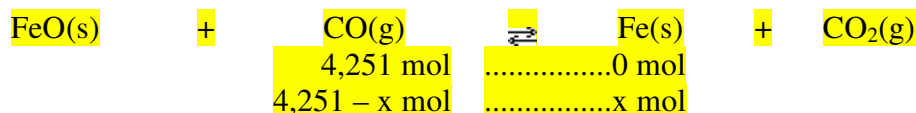
$$\begin{array}{r} \uparrow \\ 1,5 \text{ m}^3 \dots\dots\dots 100 \% \\ \frac{x \text{ m}^3 \dots\dots\dots 30 \%}{100} \\ \uparrow \\ x = \frac{1,5 \cdot 30}{100} = 0,45 \text{ m}^3 \end{array}$$

Odkud pomocí stavové rovnice ideálního plynu (21-3):

$$pV = nRT \Rightarrow n = \frac{pV}{RT}$$

Dosadíme:

$$n_{\text{CO}} = \frac{100 \cdot 10^3 \cdot 0,45}{8,314 \cdot (1000 + 273,15)} = 4,251 \text{ mol}$$



Na počátku reakce:

V rovnováze:

Do výrazu pro rovnovážnou konstantu  $K_c$  (24-2):

$$K_c = \frac{[C]^\gamma \cdot [D]^\delta}{[A]^\alpha \cdot [B]^\beta}, \text{ dosadíme zjištěné rovnovážné koncentrace plynů. Látkové množství}$$

plynů se při reakci nemění.

Proto:

$$K_c = \frac{[\text{CO}_2]}{[\text{CO}]}$$

$$0,403 = \frac{\frac{x}{V}}{(4,251 - x) \cdot \frac{1}{V}} \Rightarrow x = 1,713 - 0,403x \Rightarrow x = 1,221 \text{ mol CO}_2$$

Reakcí vznikne 1,221 mol CO<sub>2</sub> a stejné množství železa, protože podle uvedené rovnice vznikají obě látky v poměru látkových množství 1 : 1.

Dosadíme do vztahu (B3):  $n = \frac{m}{M} \Rightarrow m = n \cdot M$

$$m = 1,221 \cdot 55,847 = \underline{\underline{68,2}} \text{ g Fe}$$

Za daných podmínek získáme 68,2 g železa.

## PŘÍKLADY K SAMOSTATNÉMU ŘEŠENÍ

1.  3 min

Při 1300 K je rovnovážná konstanta  $K_a$  reakce

$\text{H}_2(\text{g}) + \text{Br}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2 \text{HBr}(\text{g})$  rovna  $1,6 \cdot 10^5$ . Jaká je hodnota rovnovážné konstanty obráceně probíhající reakce, tj. rozkladu bromovodíku?

2.  2 min

Rovnovážná směs  $2\text{A}(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{B}(\text{g}) + \text{C}(\text{g})$  o objemu 3 litry obsahovala 1 mol A, 0,2 mol B a 0,8 mol C. Vypočítejte rovnovážnou konstantu  $K_c$ .

3.  1 min

Hodnota rovnovážné konstanty reakce  $\text{A} + \text{B} \rightleftharpoons \text{C}$  je 4. Vypočítejte rovnovážnou konstantu obrácené reakce.

4.  7 min

Při Deaconově procesu  $4\text{HCl} + \text{O}_2 \rightleftharpoons 2\text{Cl}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$  získáme při tlaku 100 kPa a teplotě 870 K 23,8 % objemu chloru, vyjdeme-li ze stechiometrických množství chlorovodíku a kyslíku. Vypočtete:

a) parciální tlaky jednotlivých plynů v plynné směsi,

b) rovnovážnou konstantu  $K_p$ ,

c) rovnovážnou konstantu  $K_c$  (za předpokladu, že plyny se chovají jako ideální).

5.  5 min

V nádobě o objemu 2 litry došlo při zahřívání k částečnému rozkladu fosgenu podle rovnice  $\text{COCl}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{CO}(\text{g}) + \text{Cl}_2(\text{g})$ . V okamžiku dosažení rovnováhy, měla koncentrace  $\text{COCl}_2$  hodnotu  $0,40 \text{ mol dm}^{-3}$ . Do nádoby byl přidán nový fosgen a po ustavení nové rovnováhy byla koncentrace  $\text{COCl}_2$   $1,6 \text{ mol dm}^{-3}$ . Jak se změnila koncentrace CO?

6.  3 min.

Při reakci  $\text{C}(\text{s}) + \text{CO}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{CO}(\text{g})$  je při dosažení rovnováhy parciální tlak oxidu uhelnatého 810,6 kPa a oxidu uhličitého 405,3 kPa. Vypočítejte rovnovážnou konstantu  $K_p$ .

7.  3 min

Do jednolitrové nádoby byly vpuštěny 2 mol amoniaku a byla zvýšená teplota. Po ustavení rovnováhy  $2\text{NH}_3(\text{g}) \rightleftharpoons \text{N}_2(\text{g}) + 3\text{H}_2(\text{g})$  směs obsahovala 1 mol  $\text{NH}_3$ . Vypočítejte rovnovážnou konstantu  $K_c$ .

8.  3 min

---





**Rovnovážná směs  $2\text{H}_2\text{S}(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{H}_2(\text{g}) + \text{S}_2(\text{g})$  o objemu 2 litry obsahovala 1 mol  $\text{H}_2\text{S}$ , 0,2 mol  $\text{H}_2$  a 0,8 mol  $\text{S}_2$ . Vypočítejte rovnovážnou konstantu  $K_c$ .**

## 26 Koligativní vlastnosti

### A

1. Popište jevy:
  - ebullioskopický efekt
  - kryoskopický efekt
  - vznik osmotického tlaku

### B

1.  1 min  
 Ke každému z uvedených jevů vymyslete alespoň jeden příklad běžné činnosti, kterou je možné daný jev navodit:
  - ebullioskopický efekt
  - kryoskopický efekt
  - osmotický tlak
2.  1 min  
 Posuďte, zda je výrok správný. Svou odpověď zdůvodněte: Kryoskopické a ebullioskopické konstanty nabývají pro všechny látky stejných hodnot.
3.  1 min  
 K čemu se používají následující metody?
  - ebullioskopie
  - kryoskopie
  - osmometrie
4.  2 min  
 Srovnajte ebullioskopii a kryoskopii z hlediska citlivosti, technické náročnosti a bezpečnosti použití.

HLEDISKO	METODA	
	Kryoskopie	Ebullioskope
citlivost		
finanční náročnost na vybavení		
zdravotní hledisko		
náročnost na provedení		

## C

**Potřebné vztahy****Velikost ebullioskopického efektu pro látky nepodléhající elektrolytické disociaci**

$$\Delta T_v = c_m K_E, \quad (26-1)$$

kde

$\Delta T_v$ ..... rozdíl teploty varu roztoku a teploty varu čistého rozpouštědla, kde  $\Delta T_v = T_v - T_v^*$  (K)

( $T_v$  – teplota varu roztoku a  $T_v^*$  – teplota varu čistého rozpouštědla)

$c_m$ ..... molální koncentrace rozpuštěné (netěkavé) látky v roztoku

$K_E$ ..... ebullioskopická konstanta (konstanta úměrnosti)

**Velikost kryoskopického efektu pro látky nepodléhající elektrolytické disociaci**

- vztah platný pro nedisociující látky

$$\Delta T_t = c_m K_K, \quad (26-2)$$

kde

$\Delta T_t$ ..... rozdíl teplot tuhnutí čistého rozpouštědla a roztoku, kde  $\Delta T_t = T_t^* - T$  (K)

( $T_t^*$  – teplota tuhnutí čistého rozpouštědla,  $T_t$  – teplota tuhnutí roztoku rozpuštěné (netěkavé) látky)

$K_K$ ..... kryoskopická konstanta (konstanta úměrnosti)

$c_m$ ..... molální koncentrace (rozpuštěné) netěkavé látky v roztoku

**Osmotický tlak - van't Hoffova rovnice**

Takto uvedený vztah platí pro nedisociující látky

$$\pi = RTc, \quad (26-3)$$

kde

$\pi$ ..... osmotický tlak (Pa)

$R$ ..... univerzální plynová konstanta ( $R = 8,314 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$ )

$T$ ..... termodynamická teplota roztoku (K)

$c$ ..... látková koncentrace všech složek roztoku, které neprocházejí polopropustnou membránou ( $\text{mol m}^{-3}$ )

**Řešené příklady:****1. C3b**

Přídavek 3,20 g síry do 1000 g sirouhlíku ( $K_E = 2,50 \text{ K kg mol}^{-1}$ ) měl za následek zvýšení bodu varu sirouhlíku o  $\Delta T = 0,031 \text{ K}$ .

- a) Určete molární hmotnost rozpuštěné síry.  
b) O kterou modifikaci  $S_x$  se jedná?

Řešení:

- a) Kombinací vztahů (26-1) a (B8):

$$\Delta T_v = c_m K_E$$

$$c_m = \frac{n_i}{m}, \text{ vztaheno na 1 kg}$$

$$n = \frac{m}{M} \Rightarrow n_i = \frac{m_i}{M_i}$$

dostaneme vztah:  $\Delta T_v = \frac{m_i}{M_i m} K_E$ , indexem  $i$  je označena zkoumaná látka, tj. síra

Ze vzorce vyjádříme molární hmotnost síry:  $M(S_x) = \frac{m(S)}{m \Delta T_v} K_E$

Dosadíme:

$$M(S_x) = \frac{3,2 \text{ g}}{1 \text{ kg} \cdot 0,031 \text{ K}} \cdot 2,5 \text{ K g mol}^{-1} \doteq \underline{\underline{258,064 \text{ g mol}^{-1}}}$$

Molární hmotnost rozpuštěné síry v sirouhlíku má hodnotu  $258 \text{ g mol}^{-1}$ .

- b) Pro molární hmotnost dané modifikace síry  $S_x$  platí:

$$M(S_x) = x \cdot M(S) \Rightarrow x = \frac{M(S_x)}{M(S)}$$

Číselně:

$$x = \frac{258,064 \text{ g mol}^{-1}}{32,06 \text{ g mol}^{-1}} \doteq \underline{\underline{8}}$$

Jedná se o modifikaci  $S_8$ .

2. **C3b**

Jaký osmotický tlak bude mít roztok 4,00 g NaCl v 1,00 litru vody při teplotě 27,0 °C, je-li průměrná relativní molekulová hmotnost kuchyňské soli 58,443 g mol<sup>-1</sup>?

Řešení:

Kombinací vztahů (26-3), (B6) a (B3)

$$\pi = RTc$$

$$c = \frac{n}{V}$$

$$n = \frac{m}{M}$$

dostaneme vztah:

$$\pi = RT \frac{m}{MV}$$

Dosadíme:

$$\pi = 8,314 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1} \cdot (273,15 + 27) \text{ K} \cdot \frac{4 \text{ g}}{58,443 \text{ g mol}^{-1} \cdot 0,001 \text{ m}^3}$$

$$\pi \doteq 171000 \text{ Pa} \doteq \underline{\underline{171 \text{ kPa}}}$$

Roztok bude mít osmotický tlak 171 kPa.

**PŘÍKLADY K SAMOSTATNÉMU ŘEŠENÍ****1. ⌚ 13 min; C3b**

Roztok obsahuje 30,0 g sacharózy ve 200 g vody. Ebulioskopická konstanta vody je  $K_E(\text{H}_2\text{O}) = 0,52 \text{ }^\circ\text{C kg mol}^{-1}$  a kryoskopická konstanta vody má hodnotu  $K_K(\text{H}_2\text{O}) = 1,86 \text{ }^\circ\text{C kg mol}^{-1}$ .

- a) Vypočítejte bod tání roztoku.
- b) Vypočítejte bod varu roztoku.

**2. ⌚ 7 min; C3b**

Kafr má kryoskopickou konstantu  $K_K(\text{kafr}) = 40,0 \text{ }^\circ\text{C kg mol}^{-1}$  a bod tání  $178,4 \text{ }^\circ\text{C}$ . Roztok 1,50 g netěkavé látky A v 35,0 g kafru taje při teplotě  $164,7 \text{ }^\circ\text{C}$ . Vypočítejte relativní molekulovou hmotnost látky A.

**3. ⌚ 12 min; C3b**

Vodný roztok obsahující v 1 litru 1,00 g insulinu má při teplotě  $25 \text{ }^\circ\text{C}$  osmotický tlak 413,1 Pa.

- a) Vypočítejte relativní molekulovou hmotnost insulinu
- b) Vypočítejte bod tání tohoto roztoku, je-li kryoskopická konstanta vody rovna  $1,86 \text{ }^\circ\text{C kg mol}^{-1}$



## Výsledky

### 5. kapitola

#### A

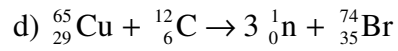
1. kap. 5.1; 5.2; 5.4; 5.4.4; 5.4.5
2. kap. 5.4.2
3. kap. 5.4.1
4. kap. 5.4.4
5. kap. 5.4.4
6. kap. 5.4.7
7. kap. 5.4.5

#### B

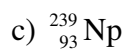
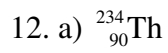
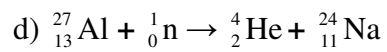
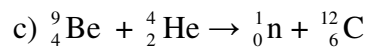
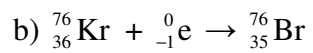
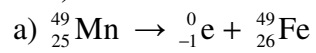
1. 31 protonů, 36 neutronů,  ${}^{67}_{31}\text{Ga}$
2. správné: b), d), i, j); nesprávné: a), c), e), f), g), h)
3. kap. 5.3
4. a)  ${}^{142}_{61}\text{Pm} \rightarrow {}^0_1\text{e} + {}^{142}_{60}\text{Nd}$   
 ${}^{142}_{61}\text{Pm} + {}^0_{-1}\text{e} \rightarrow {}^{142}_{60}\text{Nd}$   
 b)  ${}^{147}_{61}\text{Pm} \rightarrow {}^0_{-1}\text{e} + {}^{147}_{62}\text{Sm}$

#### C

1.  $1,3 \cdot 10^9$  roků
2. 480,4 s (mě to vyšlo 48 s)
3. a) 12,2 % , b) 93,9%
4. 0,79 ng
5. 2000 roků
6.  ${}^{32}_{15}\text{P} \rightarrow {}^0_{-1}\text{e} + {}^{32}_{16}\text{S}$
7.  ${}^{67}_{31}\text{Ga} + {}^0_{-1}\text{e} \rightarrow {}^{67}_{30}\text{Zn}$
8.  ${}^{64}_{31}\text{Ga} + {}^1_0\text{n} \rightarrow {}^{65}_{31}\text{Ga} \rightarrow {}^0_{-1}\text{e} + {}^{65}_{32}\text{Ge}$
9. a)  ${}^{12}_6\text{C} + {}^{12}_6\text{C} \rightarrow {}^{23}_{11}\text{Na} + {}^1_1\text{H}$   
 b)  ${}^{239}_{94}\text{Pu} + {}^1_0\text{n} \rightarrow {}^{130}_{50}\text{Sn} + 4 {}^1_0\text{n} + {}^{106}_{44}\text{Ru}$
10. a)  ${}^{27}_{13}\text{Al} + {}^2_1\text{H} \rightarrow {}^4_2\text{He} + {}^{25}_{12}\text{Mg}$   
 b)  ${}^{98}_{42}\text{Mo} + {}^1_0\text{n} \rightarrow {}^{99}_{42}\text{Mo}$   
 c)  ${}^{250}_{98}\text{Cf} + {}^{11}_5\text{B} \rightarrow 4 {}^1_0\text{n} + {}^{257}_{103}\text{Lr}$



11. )



## 6. kapitola

---

### A

1. kap. 6.1.6
2. kap. 6.1.6
3. kap. 6.1.2
4. kap. 6.1.3; 6.1.4
5. kap. 6.1.5

### B

1. správně: a), d), nesprávně: b), c)
2. kap. 6.1.5 a 6.1.6

### C

1.  $4,47 \cdot 10^{14}\text{Hz}$ ;  $2,96 \cdot 10^{-19}\text{J}$

## 7. kapitola

### A

1. kap. 7.1.1
2. kap. 7.1.1; 7.3
3. kap. 7.1.1
4. kap. 7.2; 7.2.1
5. kap. 7.2

### B

1. a) ne: Uvedené orbitaly se neliší velikostí orbitalů, ale různými hodnotami energie.;  
b) ne: U d-prvků existují výjimky ve výstavbovém principu někdy je s orbital zaplněn pouze z půlky. Při vzniku kationu  $\text{Fe}^{2+}$  se odštěpí 2 elektrony z orbitalu 4s, kdyby se elektrony odštěpily z orbitalu 3d elektronová konfigurace by nebyla stabilní.;  
c) ne: prosím o radu; d) ano; e) ano
2. 1s, 2s, 2p, 3s, 3p, 4s, 3d, 4p, 5s, 4d, 5p, 6s, 4f, 5d, 6p, 7s, 5f, 6d, 7p
3. a) 2p; b) 3d; c) 3d; d) 4p; e) 4f
4. N:  $2s^2 2p^3$ ; Te:  $5s^2 4d^{10} 5p^4$ ; B:  $2s^2 2p^1$ ; Rb:  $5s^1$
5. a)  $ns^1$ ; b)  $ns^2 np^4$ ; c)  $ns^2$ ; d)  $ns^2 np^5$ ; e)  $ns^2 np^6$
6. B:  $1s^2, 2s^2, 2p^1$ ,  
O:  $1s^2, 2s^2, 2p^4$ ,  
Mg:  $1s^2, 2s^2, 2p^6, 3s^2$ ,  
P:  $1s^2, 2s^2, 2p^6, 3s^2, 3p^3$ ,  
 $\text{K}^+$ :  $1s^2, 2s^2, 2p^6, 3s^2, 3p^6$ ,  
 $\text{H}^-$ :  $1s^2$ ,  
Ar:  $1s^2, 2s^2, 2p^6, 3s^2, 3p^6$ ,
7. a) Cl; b) Ti; c) Co; d) As; e) Cd
8. c); d)
9. a) 14; b) 10; c) 14; d) 6
10. Hodnoty multiplicit: a) 5, b) 1, c) 5, d) 1, e) 1, f) 5, g) 7.  
Správné obsazení orbitalů v případech a), c), g)
11. a) ne: Vedlejší kvantové číslo může nabývat maximální hodnoty: (n-1), kde n je hlavní kvantové číslo a magnetické kvantové číslo nabývá pouze hodnot: -1, 0, 1; b) ne: Magnetické kvantové číslo nabývá pouze hodnot: -1, 0, 1.; c) ano
12. a) 19; b) 7 elektronů s, 12 elektronů p, 0 elektronů d; c) 19; d) není možné zjistit;  
e) draslík

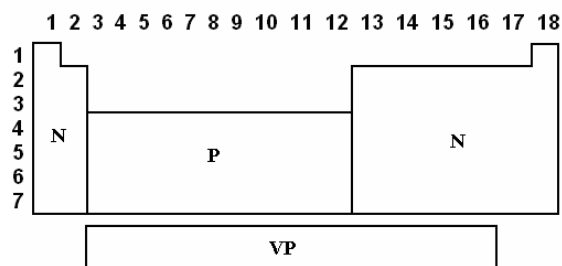
## 8. kapitola

### A

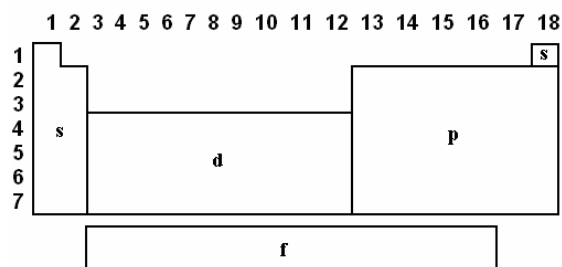
1. kap. 8.1

2. Valenční elektrony jsou elektrony, které zaplňují valenční sféru. (s pojmem se v ičebnici pracuje definici jsem v ní nenašla) kap. 8.1, 8.1.1, 8.2.2.1; (odkazy na kap. zahrnují zároveň více pojmů)

3. a)



b)

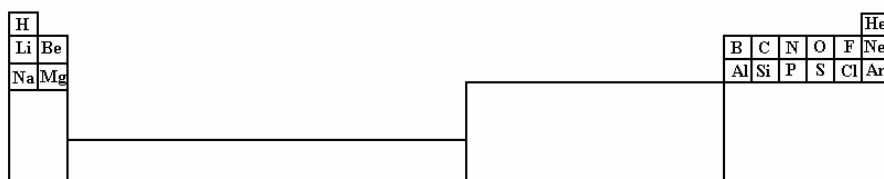


4. a) Ru, Rh, Pd; b) Os, Ir, Pt; c) Fe, Co, Ni nebo kap. 8.1.1

5. kap. 8.1.1

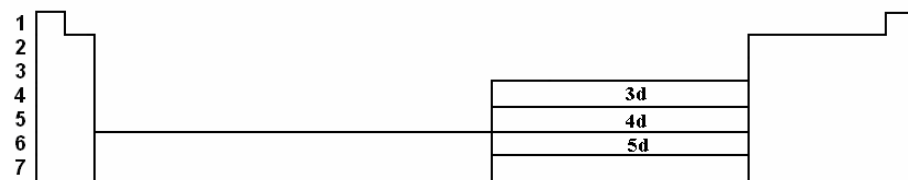
6. kap. 8.1.1

7. a) a b)



c) K, L, M, N, O, P, Q

d)



### B

1. A kov, B nekov, b) nejsou, c) A nízké, B vysoké hodnoty, d) A: II, B: -I, e) A

2. správné: d), e), nesprávné: a), b), c)

3. a) C, B, Al, Na, K, b) F, O, Be, Li, Cs, c)  $\text{Be}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Rb}^+$ , d) F, O,  $\text{O}^{2-}$ ,  $\text{S}^{2-}$

- 
4. a) K, Na, Li, C, F  
b) Sn, Sb, As, P  
c) Cs, Ca, S, F

5. maximálně 11

6. Atom vodíku obsahuje pouze 1 elektron, takže může ztratit právě pouze tento 1 elektron, tzn. existuje u něj pouze ionizační energie do 1. stupně.
7. stoupá
8. Cs, Ba, Ca, As, Se, S, O, F. Nejkovovější je Cs

## 9. kapitola

---

### A

1. kap. 9.1.2
2. kap. 9.1.3; 9.1.4; 9.1.5
3. w – c)  
x – b)  
y – a)  
z – d)
4. c)

### B

1. KI = 304,8 pm, CaF<sub>2</sub> = 210 pm, H<sub>2</sub>S = 135 pm, CH<sub>4</sub> = 109 pm, SiH<sub>4</sub> = 148 pm
2. a) nejdelší C – C, nejkratší C ≡ C  
b) nejdelší C – I, nejkratší C – F  
c) nejdelší Se – H, nejkratší O – H

## 10. kapitola

---

### A

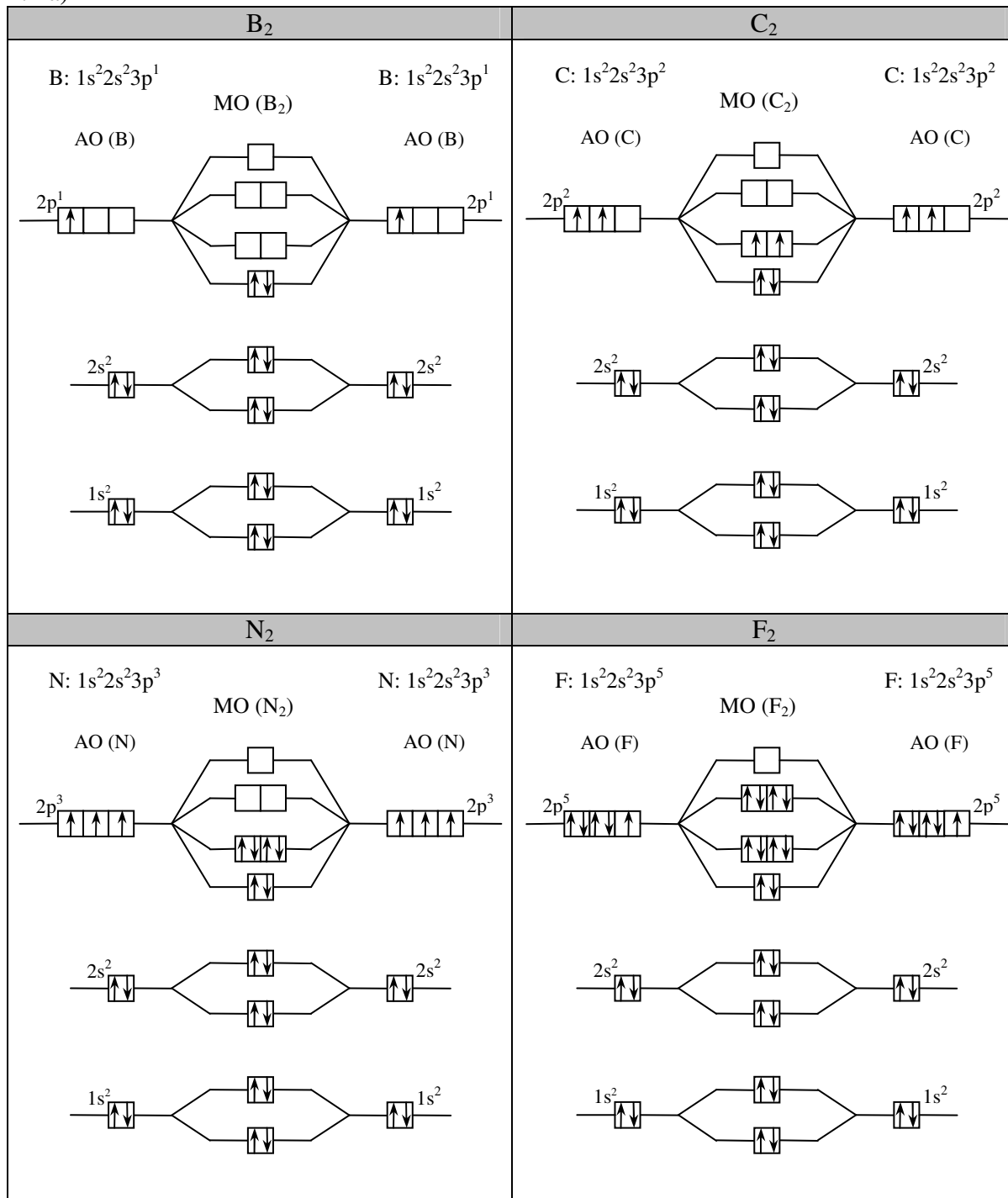
1. kap. 7.1.1, 10
2. kap. 10
3. kap. 10

### B

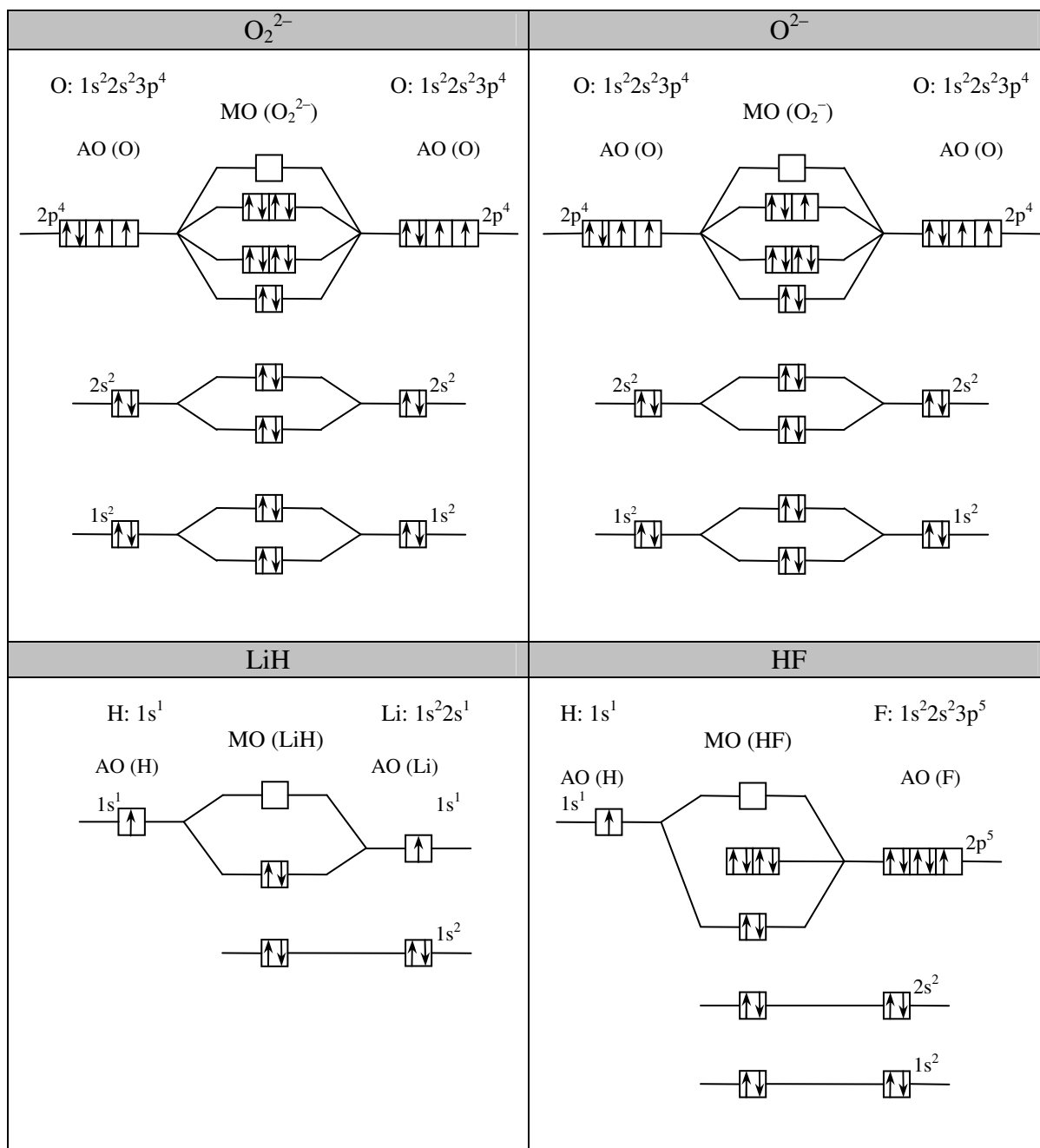
1. kap. 10.1.4
2. kap. 10.1.5

**C**

1. a)



NO	CO
<p>N: <math>1s^2 2s^2 3p^3</math>      O: <math>1s^2 2s^2 3p^4</math></p> <p style="text-align: center;">MO (NO)</p> <p>AO (N)      AO (O)</p>	<p>C: <math>1s^2 2s^2 3p^2</math>      O: <math>1s^2 2s^2 3p^4</math></p> <p style="text-align: center;">MO (CO)</p> <p>AO (C)      AO (O)</p>
$\text{He}_2$	$\text{He}_2^+$
<p>He: <math>1s^2</math>      He: <math>1s^2</math></p> <p style="text-align: center;">MO (<math>\text{He}_2</math>)</p> <p>AO (He)      AO (He)</p> <p>Tato molekula neexistuje, protože řád vazby pro částici <math>\text{He}_2</math> je 0 (viz bod b) této úlohy)</p>	<p>He: <math>1s^2</math>      He: <math>1s^2</math></p> <p style="text-align: center;">MO (<math>\text{He}_2^+</math>)</p> <p>AO (He)      AO (He)</p>
$\text{H}_2^+$	$\text{Be}_2^+$
<p>H: <math>1s^1</math>      H: <math>1s^1</math></p> <p style="text-align: center;">MO (<math>\text{H}_2^+</math>)</p> <p>AO (H)      AO (H)</p>	<p>Be: <math>1s^2 2s^2</math>      Be: <math>1s^2 2s^2</math></p> <p style="text-align: center;">MO (<math>\text{Be}_2^+</math>)</p> <p>AO (Be)      AO (Be)</p>

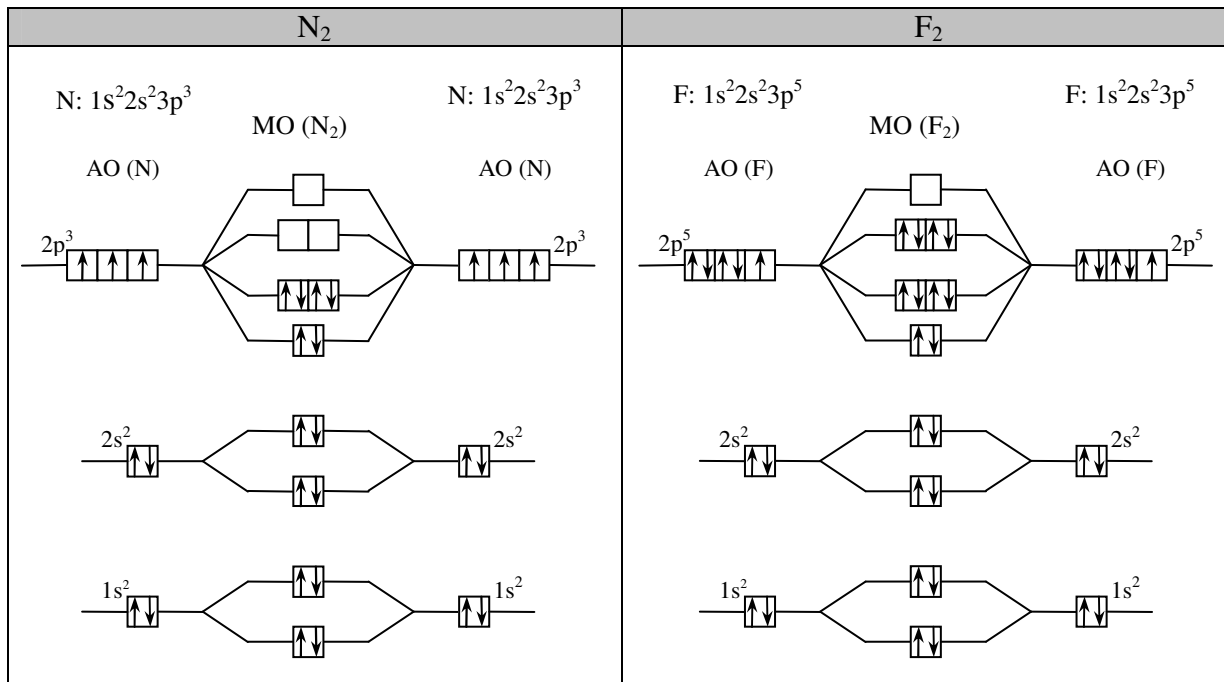


- b) ř. v. ( $N_2$ ) = 3      ř. v. ( $F_2$ ) = 1  
 ř. v. ( $NO$ ) = 2,5      ř. v. ( $CO$ ) = 3  
 ř. v. ( $He_2$ ) = 0      ř. v. ( $He_2^+$ ) = 0,5  
 ř. v. ( $H_2^+$ ) = 0,5      ř. v. ( $Be_2^+$ ) = 0,5  
 ř. v. ( $O_2^{2-}$ ) = 1      ř. v. ( $O_2^-$ ) = 1,5  
 ř. v. ( $LiH$ ) = 1      ř. v. ( $HF$ ) = 1

2.  $O_2^{2-}$ ,  $O_2^-$ ,  $O_2$ ,  $O_2^+$ ,  $O_2^{2+}$



3.



$$\text{řád vazby v čáístici } N_2 = \frac{10 - 4}{2} = \underline{\underline{3}}$$

$$\text{řád vazby v čáístici } F_2 = \frac{10 - 8}{2} = \underline{\underline{1}}$$

Řád vazby odpovídá násobnosti vazby, proto se v čáístici  $N_2$  nachází trojná vazba a v čáístici  $F_2$  vazba jednoduchá.

4. a)  $N_2^+$

b)  $F_2$

5. NO

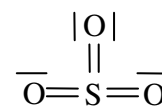
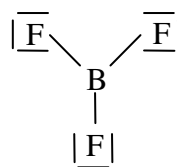
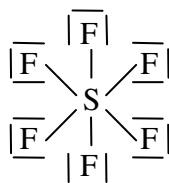
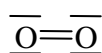
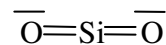
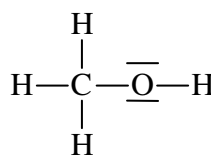
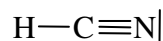
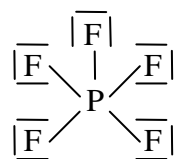
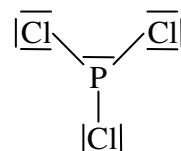
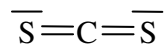
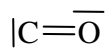
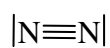
## 11. kapitola

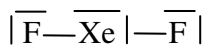
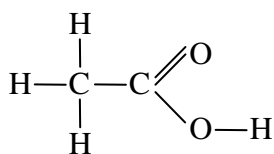
### A

1. 11.1.2

### B

1.





Molekulový vzorec	Elektronový strukturální vzorec	$n_{\sigma}$	$n_{\pi}$	$n_{\text{celk}}$	Typ hybridizace	Prostorové rozmístění $\sigma$ - a $\pi$ -elektronových párů středového atomu	Skutečný tvar molekuly (poloha jader atomů)	
ZnI <sub>2</sub>	$\left[ \overline{\text{I}}-\text{Zn}-\overline{\text{I}} \right]$	2	0	2	sp			lineární
BCl <sub>3</sub>	$\begin{array}{c} \overline{\text{Cl}} \quad \overline{\text{Cl}} \\ \diagdown \quad / \\ \text{B} \\ / \\ \overline{\text{Cl}} \end{array}$	3	0	3	sp <sup>2</sup>			trigonální plošná
SF <sub>4</sub>	$\begin{array}{c} \overline{\text{F}} \\   \\ \overline{\text{F}}-\text{S}-\overline{\text{F}} \\   \\ \overline{\text{F}} \end{array}$	4	1	5	sp <sup>3</sup> d			deformovaná tetragonální pyramida
PH <sub>3</sub>	$\begin{array}{c} \overline{\text{P}} \\ / \quad \backslash \\ \text{H} \quad \quad \text{H} \\   \\ \text{H} \end{array}$	3	1	4	sp <sup>3</sup>			deformovaná trigonální pyramida
PF <sub>5</sub>	$\begin{array}{c} \overline{\text{F}} \\   \\ \overline{\text{F}} \quad \overline{\text{F}} \\ \diagdown \quad / \\ \text{P} \\ / \quad \backslash \\ \overline{\text{F}} \quad \overline{\text{F}} \end{array}$	5	0	5	sp <sup>3</sup> d			trigonální bipiramida

2. a)  $sp^2$ , lomená
- b)  $sp^3$ , trigonální pyramida
- c)  $sp$ , lineární
- d)  $sp^3$ , trigonální pyramida
- e)  $sp^3d^2$ , tetragonální pyramida
- f)  $sp^3$ , trigonální pyramida
- g)  $sp$ , lineární
- h)  $sp^3$ , tetraedr
- i)  $sp^3d^2$ , oktaedr
- j)  $sp^2d$ , čtverec
- k)  $sp^3d^3$ , pentagonální bipyramida
- l)  $sp^3$ , lomená
- m)  $sp$ , lineární
- n)  $sp^2$ , trigonální plošná
- o)  $sp^2$ , lomená
- p)  $sp^3$ , tetraedr
- q)  $sp^3$ , trigonální pyramida
- r)  $sp^3$ , lomená

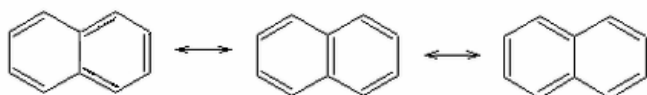
## 12. kapitola

### A

1. kap. 12.1.1
2. kap. 12.1.2

### B

1. kap. 12.1.2
2. kap. 12.1.3

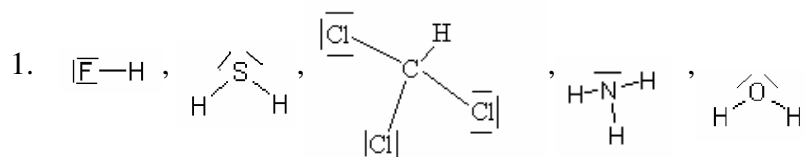


## 13. kapitola

### A

1. kap. 13.1.1
2. kap. 13.1.2
3. kap. 13.1.6
4. kap. 13.1.6
5. kap. 13.1.6
6. kap. 13.1.4
7. kap. 13.1.6

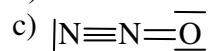
**C**



2.  $Q(\text{H}) = 6,63 \cdot 10^{-20} \text{ C}$ ,  $Q(\text{F}) = -6,63 \cdot 10^{-20} \text{ C}$

3. a) sp

b) NNO



4.  $108^\circ 20'$

**14. kapitola**

**A**

1. kap. 14

2. kap. 14

3. kap. 14.1.2

4. kap. 14

**15. kapitola**

**A**

1. kap. 15.1

2. kap. 15.2.2; 15.2.3; 15.2.4; 15.2.6; 15.2.7; 15.2.8

3. kap. 15.2.1

4. kap. 15.2.6

5. kap. 15.3.2

6. kap. 15.3.2

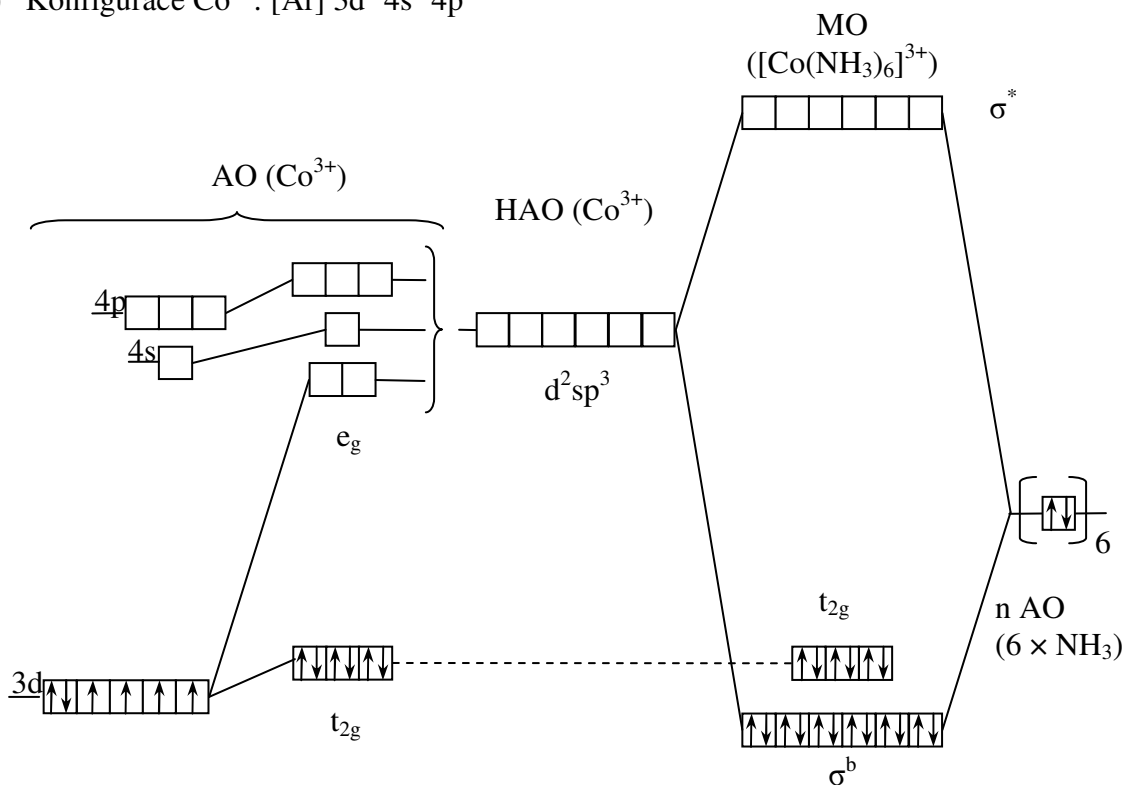
## C

koordinační sloučenina	centrální atom	ligandy	koordinační částice	kompenzující ion (-ty)	koordinační číslo centrálního atomu
$K_3[Fe(CN)_6]$	$Fe^{3+}$	$CN^-$	$[Fe(CN)_6]^{3-}$	$K^+$	6
$Na[Co(CN)_4]$	$Co^{3+}$	$CN^-$	$[Co(CN)_4]^-$	$Na^+$	4
$[Cr(H_2O)_6]Cl_3$	$Cr^{3+}$	$H_2O$	$[Cr(H_2O)_6]^{3+}$	$Cl^-$	6
$[Co(NH_3)_5I]Br_2$	$Co^{3+}$	$NH_3, I^-$	$[Co(NH_3)_5I]^{2+}$	$Br^-$	6
$[Cu(NH_2CH_2CH_2NH_2)_2]^{2+}$	$Cu^{2+}$	$(NH_2CH_2CH_2NH_2)$	$[Cu(NH_2CH_2CH_2NH_2)_2]^{2+}$	---	4
$[Co(NH_3)_3(H_2O)Cl_2]Cl$	$Co^{3+}$	$NH_3, H_2O, Cl^-$	$[Co(NH_3)_3(H_2O)Cl_2]^+$	$Cl^-$	6
$[Pt(NH_3)_4][PtCl_4]$	$Pt^{2+}, Pt^{2+}$	$NH_3, Cl^-$	$[Pt(NH_3)_4]^{2+}, [PtCl_4]^{2-}$	---	4, 4
$K_3[Fe(CO)(CN)_5]$	$Fe^{2+}$	$CO, CN^-$	$[Fe(CO)(CN)_5]^{3-}$	$K^+$	6
$[Fe_2(H_2O)_8(OH)_2]^{4+}$	$Fe^{3+}$	$(H_2O)(OH)^-$	$[Fe_2(H_2O)_8(OH)_2]^{4+}$	---	6, 6

1.  $Cl^-, OH^-, H_2O, NH_3, CN^-$
2. a)  $PtCl_2 + 4H_2O \rightarrow [Pt(H_2O)_4]^{2+} + 2Cl^-$   
b)  $[Pt(H_2O)_4]^{2+} + 4NH_3 \rightarrow [Pt(NH_3)_4]^{2+} + 4 H_2O$   
c) ne  
d)  $[Pt(H_2O)_4]^{2+} + 4CN^- \rightarrow [Pt(CN)_4]^{2-} + 4 H_2O$   
e)  $[Pt(NH_3)_4]^{2+} + 4CN^- \rightarrow [Pt(CN)_4]^{2-} + 4NH_3$   
f) ne  
g) ne  
h)  $[Cr(H_2O)_6]^{3+} + 6CN^- \rightarrow [Cr(CN)_6]^{3-} + 6 H_2O$

Výsledky

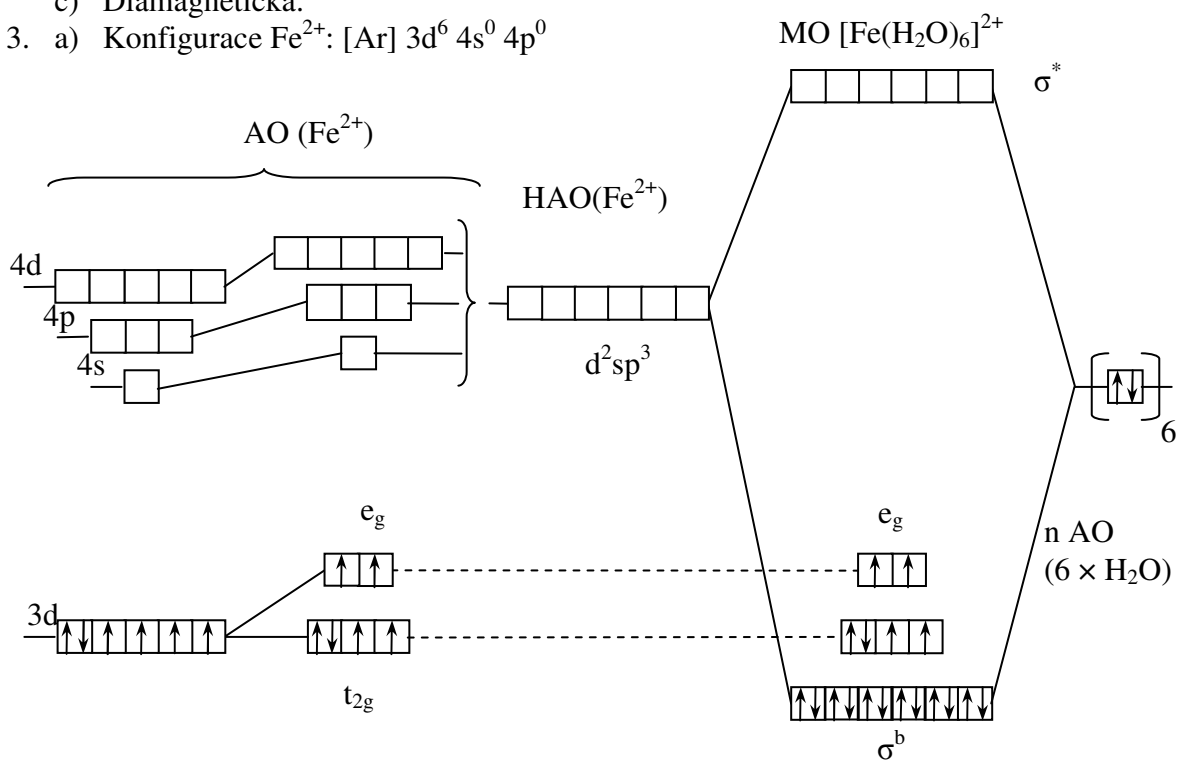
a) Konfigurace  $\text{Co}^{3+}$ :  $[\text{Ar}] 3d^6 4s^0 4p^0$



b) Tato látka nemá oxidační vlastnosti.

c) Diamagnetická.

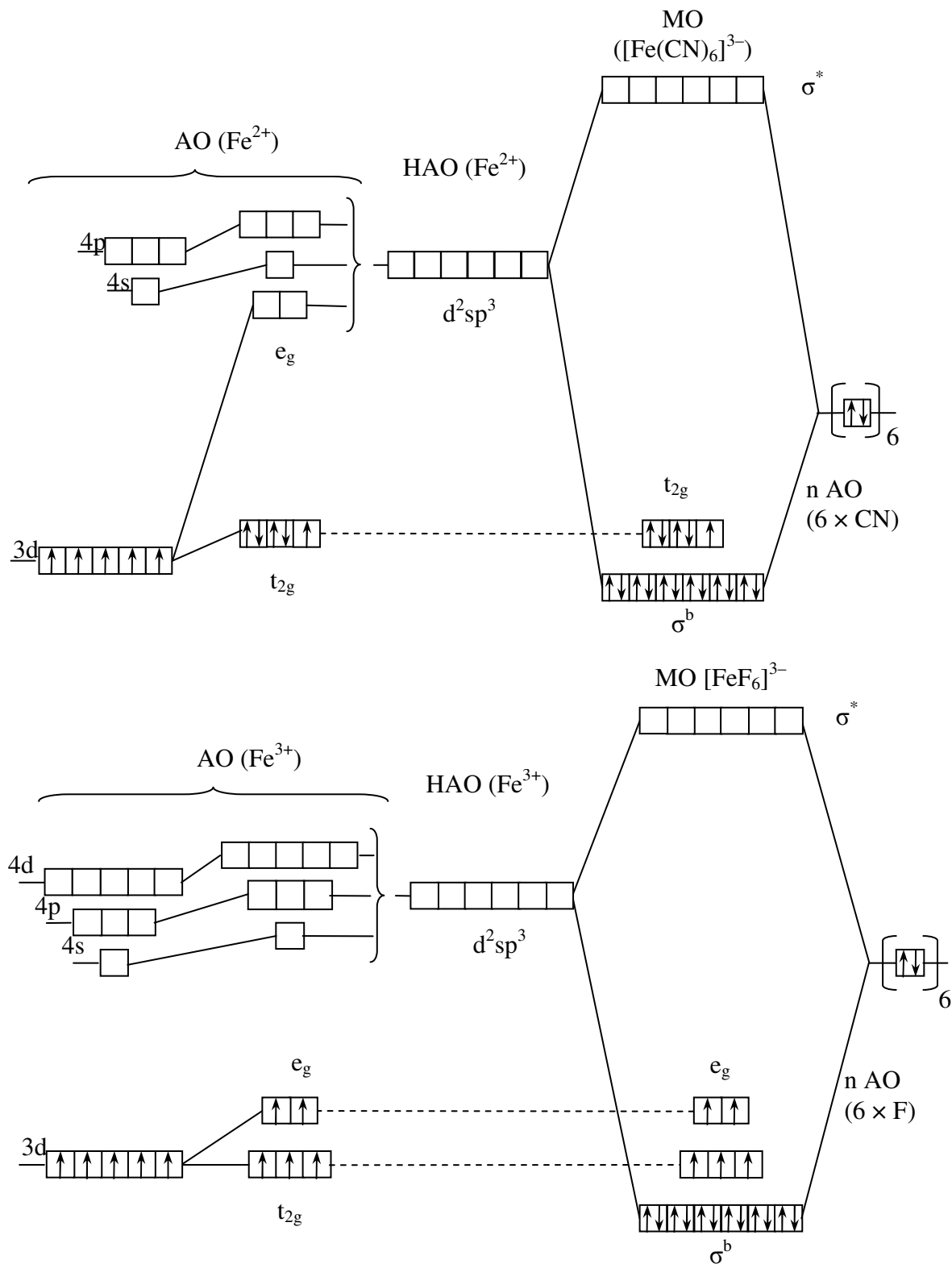
3. a) Konfigurace  $\text{Fe}^{2+}$ :  $[\text{Ar}] 3d^6 4s^0 4p^0$



b) Tato látka má redukční vlastnosti.

c) Paramagnetická.

4. a)



b) Částice  $[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{3-}$  má na rozdíl od částice  $[\text{FeF}_6]^{3-}$  silné oxidační vlastnosti, protože jí chybí jeden elektron do úplně zaplněné skupiny degenerovaných orbitalů.

**16. kapitola****B**

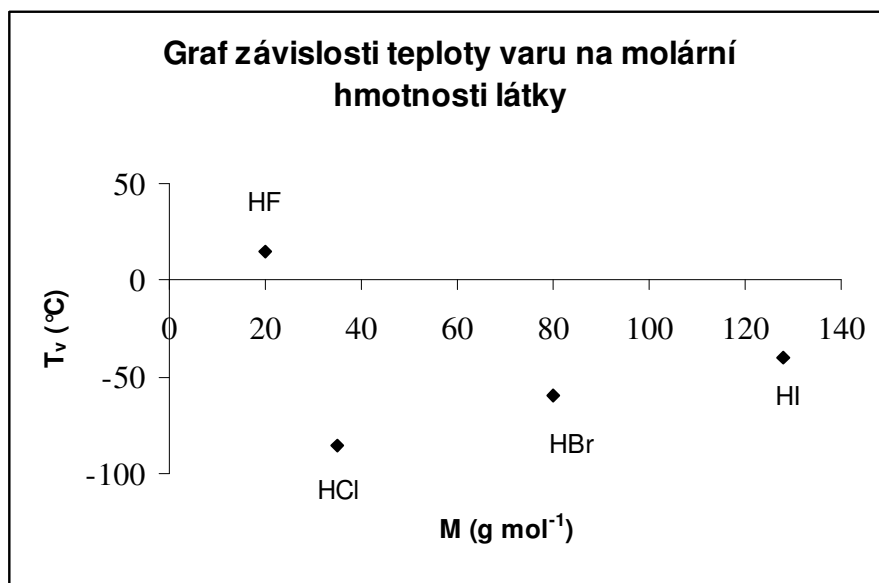
- a) V., IX.  
b) III., VIII.  
c) XI.  
d) II., IV., VI.  
e) I., VII., X.

**17. kapitola****A**

- kap. 17.1.1
- kap. 17.1.2

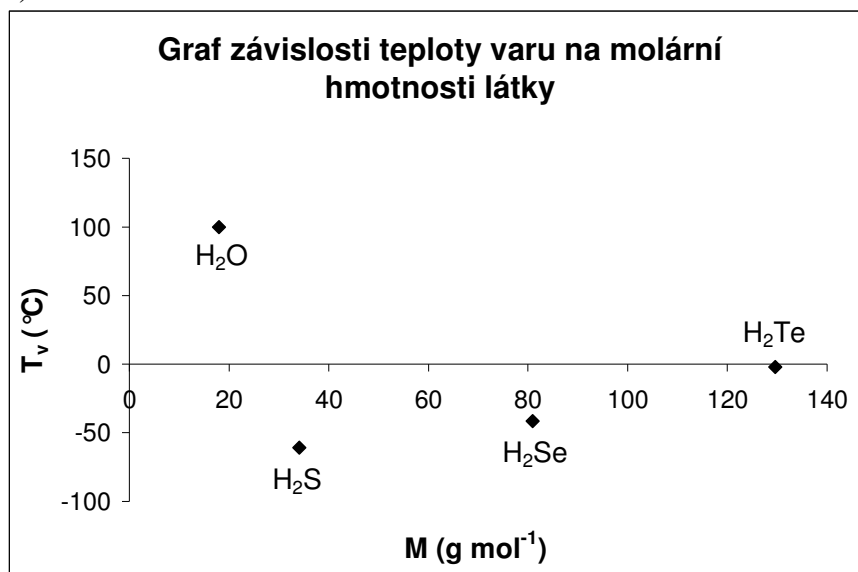
**B**

- Mezi molekulami  $\text{CH}_3\text{COOC}_2\text{H}_5$  nemůže docházet ke vzniku intermolekulárních vodíkových můstků jako v případě  $\text{CH}_3\text{COOH}$ .
- Řetězec B) denaturuje při vyšší teplotě než řetězec A). Vlákna v řetězci B) jsou k sobě pevněji poutána, protože mezi cytosinem a guaninem jsou 3 vodíkové můstky, zatímco mezi adeninem a thyminem v řetězci A) pouze 2.
- a)

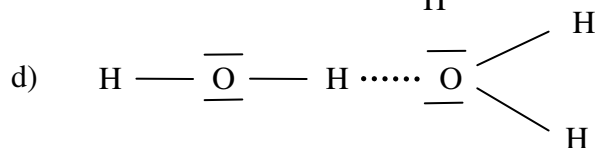
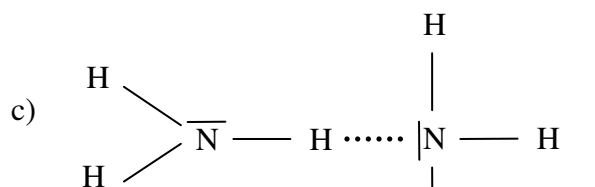
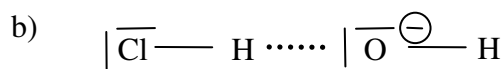
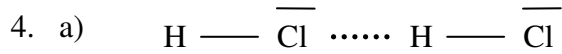




b)



Obecně teplota tání i teplota varu u nízkomolekulárních kovalentních látek roste s jejich rostoucí molární hmotností. Závislosti v grafech by tedy měly mít rostoucí charakter. Sloučeniny HF, H<sub>2</sub>O jsou však výjimky. Mají zvýšené body tání i varu, protože jejich molekuly jsou poutány vodíkovými můstky a vytvářejí tak shluky s větší molární hmotností.



## 18. kapitola

### A

1. kap. 18
2. a) kap. 18
- b) kap. 18
- c) I kvartérní
- II primární
- III sekundární
- IV primární

## 19. kapitola

---

### A

1. kap. 19
  2. kap. 19.1.4
  3. kap. 19.1.9
  4. kap. 19.1.1.1
  5. kap. 19.1.7
- 

### B

Není možné, aby probíhal jen oxidační nebo redukční děj. Oxidace a redukce vždy běží současně. Elektrony, které přijímá elektronegativní atom za vzniku aniontu, se musejí nejdříve uvolnit z elektronového obalu jiného, elektro pozitivnějšího atomu. Ten se při odštěpení elektronů stane kationtem.

1. Důvodem je velká povrchová hustota kladného náboje na povrchu sodíkových kationtů a parciální záporný náboj na atomu kyslíku v molekule vody. Jde o interakci ion-dipól.
  2. HI, H<sub>2</sub>Se, OF<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, SF<sub>2</sub>
  3. CaO, SrO – převážně iontový charakter  
ClF, NO, CO, HI, PBr<sub>3</sub> – převážně kovalentní charakter
  4. a) ICl  
b) HCl
- 

## 20. kapitola

---

### A

1. kap. 20.1.1
  2. kap. 20.1.2
- 

### B

1. kap. 20
2. a) I. D)  
II. B)  
III. A)  
IV. E)  
V. C)  
b) kap. 20.1.2

## 21. kapitola (21.1. plyny)

### A

1. kap. 21
2. kap. 21
3. kap. 21.1.1; 21.1.3; 21.1.2; 21.1.4; 21.2.1
4. kap. 21.1.1
5. kap. 21.1.3

### B

1. Se vzrůstající teplotou vody hustota vody klesá.
2. CH<sub>3</sub>OH, mezimolekulové interakční síly jsou zde největší – vodíkové můstky
3. CH<sub>4</sub> - jeho molekuly se více přitahují než je tomu u Ar, proto se CH<sub>4</sub> snadněji převádí do kapalného skupenství (nemusí se tolik ochladit);  $t_k(\text{CH}_4) = -82,7 \text{ }^\circ\text{C}$ ;  $t_k(\text{Ar}) = -122,28 \text{ }^\circ\text{C}$
4. b)
5. H<sub>2</sub>, He, N<sub>2</sub>, O<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>
6. a) Graf č.1  
b) Graf č 2  
c) Graf č. 1]
7. T<sub>2</sub> odpovídá vyšší teplotě než T<sub>1</sub>
8. methan, neboť  $M(\text{CH}_4) < M(\text{CO}_2)$

### C

1. 3,98krát
2. 1,004krát
3. a)  $V = 6,4 \cdot 10^{10} \text{ dm}^3$   
b)  $V = 0,11 \text{ cm}^3$
4. a)  $V = 987 \text{ cm}^3$   
b)  $p = 800 \text{ kPa}$
5. 65 %
6.  $V = 1,2 \text{ dm}^3$
7.  $t = -9,3 \text{ }^\circ\text{C}$
8.  $p = 3,2 \text{ MPa}$
9. zvětší se 10krát
10.  $t = 300 \text{ }^\circ\text{C}$
11.  $V = 0,18 \text{ dm}^3 \text{ O}_2$
12.  $t = -12,9 \text{ }^\circ\text{C}$
13. pokles o 60 %
14.  $p = 0,48 \text{ MPa}$
15. 1,60 obj.% He, 98,4 obj.% Ar
16.  $p(\text{H}_2) = 203 \text{ kPa}$ ;  $p(\text{N}_2) = 101 \text{ kPa}$ ;  $p = 304 \text{ kPa}$
17.  $p = 15 \text{ MPa}$
18.  $M = 43 \text{ g mol}^{-1}$
19.  $t = 69,0 \text{ }^\circ\text{C}$
20.  $M_r = 28,0$
21.  $p = 530,0 \text{ kPa}$
22.  $V = 1,6 \text{ m}$

## Výsledky

23.  $p(\text{O}_2) = 120 \text{ kPa}$ ;  $p(\text{CO}_2) = 30 \text{ kPa}$ ;  $p(\text{N}_2) = 50 \text{ kPa}$   
 24. 1,4krát  
 25.  $V = 1,142 \text{ dm}^3 \text{ CO}_2$   
 26.  $M = 28,05 \text{ g mol}^{-1}$ ;  $\text{C}_2\text{H}_4$   
 27.  $x(\text{CO}_2) = 0,267$ ;  $p(\text{CO}_2) = 17,7 \text{ kPa}$   
 28.  $m = 1,4 \text{ g}$ ;  $N = 2,7 \cdot 10^{23}$   
 29.  $m = 0,049 \text{ kg H}_2$ ;  $m = 7,1 \text{ kg vzduchu}$   
 30.  $\rho = 1,1 \text{ g dm}^{-3}$   
 31.  $V = 1,1 \text{ m}^3 \text{ SO}_2 (\text{l})$   
 32.  $\rho = 1,8 \text{ kg m}^{-3}$   
 33.

plyn veličina	H <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub>	CO
$p_i$ (kPa)	120	6	24
$V_i$ (dm <sup>3</sup> )	65	3,2	13

- d)  $p = 61,4 \text{ kPa}$   
 e)  $V = 1,32 \text{ dm}^3$

34.

plyn veličina	CH <sub>4</sub>	Ar	N <sub>2</sub>
a) $n_i$ (mol)	0,01995	0,00443	0,00803
b) $x_i$	0,6156	0,1367	0,2478
c) $p_i$ (kPa)	37,8	8,38	15,2

## D

1.  $V = 16,0 \text{ dm}^3 \text{ H}_2$   
 2.  $V = 1,04 \text{ litrů}$

## 21. kapitola (21.2. kapaliny)

### A

1. kap. 28; 28; 21.2.2; 21.2.3  
 2. 21.2.1  
 3. kap. 21.1.4

### B

3. Správné: b), e)  
 Nesprávné:  
 a) Reálná kapalina má na rozdíl od ideální kapaliny vnitřní tření a dá se mírně stlačit.  
 c) Molární objem závisí také na teplotě, závislost vychází ze stavové rovnice ideálního plynu, pak  $V_m$  (při 80 °C)  $\doteq 29 \text{ dm}^3 \text{ mol}^{-1}$  a  $V_m$  (při 90 °C)  $\doteq 30 \text{ dm}^3 \text{ mol}^{-1}$ .  
 d) Teplota varu závisí na velikosti tlaku. Teplota varu vody je 100 °C pouze při standardním tlaku.

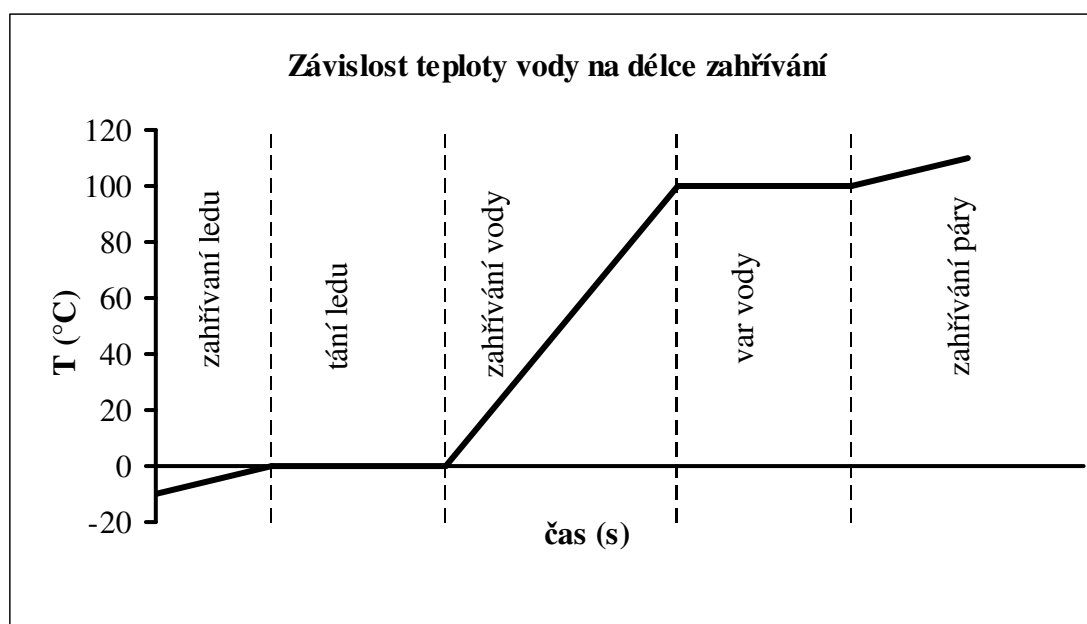
## 21. kapitola (21.4. fázové rovnováhy)

### A

1. kap. 21.4
2. kap. 21.4; 21.4; 21.4; 21.4; 21.4.2; 21.4.2; 21.4.3; 21.4.5
3. kap. 21.4.4
4. kap. 21.4.4
5. kap. 21.4.4
6. kap. 21.4.4

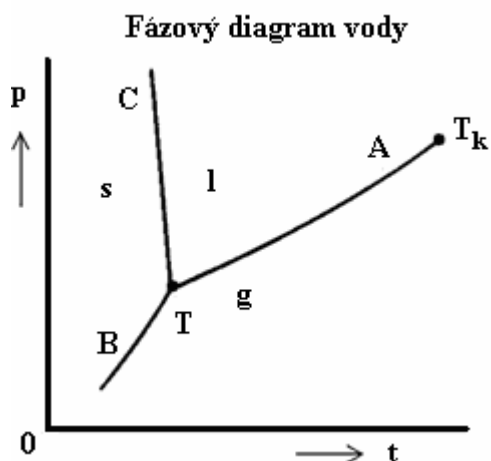
### B

1. c)
2. a)
3. d)
4.  $\text{CH}_4$  - jeho molekuly se více silově ovlivňují než je tomu u Ar;  $t_k(\text{CH}_4) = -82,7 \text{ }^\circ\text{C}$ ;  $t_k(\text{Ar}) = -122,28 \text{ }^\circ\text{C}$
- 5.

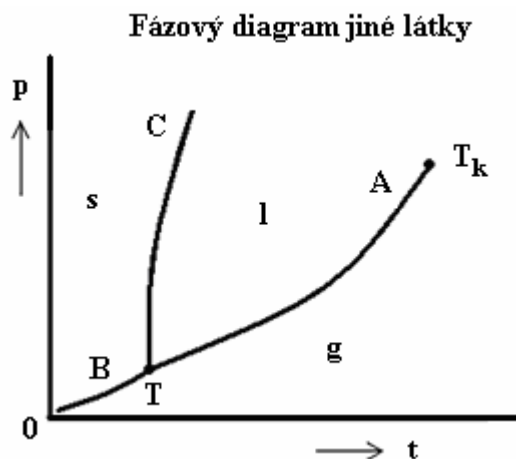


6. a) 1; b) 2; c) 1; d) 2; e) 3; f) 1; g) 2; h) 2; i) 2; j) 1
7. a) dvousložková; b) dvousložková; c) jednosložková
8. 21.4.5; Hustota vody od  $0 \text{ }^\circ\text{C}$  do  $3,98 \text{ }^\circ\text{C}$  zvětšuje a teprve při růstu teploty nad se zmenšuje. Proto teprve od teploty  $3,98 \text{ }^\circ\text{C}$  se voda chová jako ostatní kapaliny, tzn. s rostoucí teplotou roste její objem. Tato odlišnost vody od ostatních kapalin se také projevuje v jejím fázovém diagramu, a to odklonem křivky C doleva, u ostatních kapalin, je křivka C vždy nakloněna doprava.

## Výsledky



p..... tlak  
t..... teplota  
T..... trojný bod  
 $T_k$ ..... kritická teplota  
TA..... křivka vypařování



TB..... křivka sublimace  
TC..... křivka tání  
s..... pevná látka(solid)  
l..... kapalina (liquid)  
g..... plyn (gas)

9. Správné: a), b), c), d)

Nesprávné: f) – tlak vody trojného bodu není roven standardnímu tlaku

10.  $p = 101,325 \text{ kPa}$

11. a) další sublimace ledu; b) tání ledu

## C

1.  $f = 3; s = 2; v = 1$
2.  $f = 2; s = 1; v = 1$
3. a); pro b) je  $v = 3$ ; pro c) je  $v = 1$
4. 0 – trojný bod
5. b), c); pro a) je  $v = 3$
6. a)  $20 \text{ cm}^3$ , b)  $18 \text{ cm}^3$ ; c)  $19 \text{ cm}^3$ ; d)  $31000 \text{ cm}^3$

## D

1. Na tuhém benzenu bruslit nelze.

Po ledu se dá bruslit, protože zvýšením tlaku na led se stěsnávají molekuly ve struktuře ledu a tím se led mění na kapalnou vodu (ta má za stejných podmínek větší hustotu). Bruslení je založeno na klouzání brusle v takto vzniklé vodě. U jiných látek to možné není, protože vztah hustot pevné a kapalně fáze mají opačný. Na tuhém benzenu bruslit nelze, protože zvýšením tlaku neroztaje.

Přehled schematického uspořádání molekul látek ve skupenství (s) a (l)

Voda		Benzen	
skupenství		skupenství	
pevné (led)	kapalné	pevné	kapalné
$\rho = 0,9168 \text{ g cm}^{-3}$	$\rho = 0,9999 \text{ g mol}^{-3}$	$\rho = 1,014 \text{ g cm}^{-3}$	$\rho = 0,895 \text{ g mol}^{-3}$

## 22. kapitola

### A

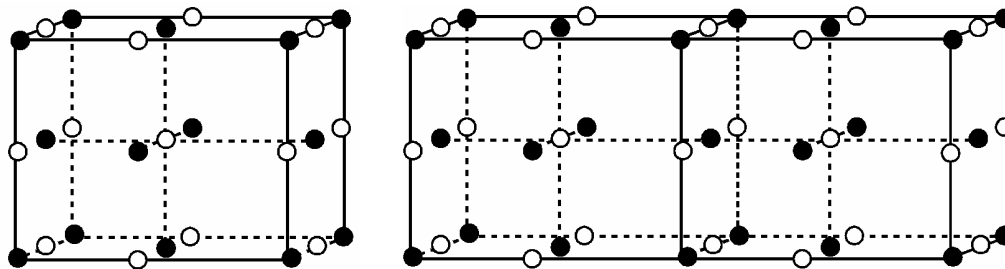
1. kap. 22; 22; teplota, při níž se krystalická látka v kapalné fázi vlivem prudkého ochlazení stane látkou amorfní; kap. 22; 22.1.1; 22.1.1; 22.1.1; 22.1.1; 22.1.1; Krystaly, v nichž se jednotlivé složky zastupují v libovolném poměru, musí být splněny podmínky vzniku směsných krystalů.; kap.22.1.1 a 22.1.2; 22.1.1 a 22.1.2; 22.1.2; 22.1.4; Počet aniontů v bezprostřední blízkosti kationtů, resp. počet kationtů v bezprostřední blízkosti aniontů.
2. kap. 22.1.3; 22.1.5; 22.1.2
3. kap. 22.1.3
4. kap. 22 .1.1

### B

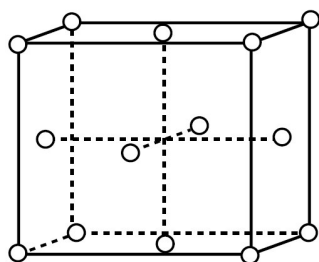
1. elementární buňka
2. a) jednoduchá  
b) tělesně centrovaná  
c) bazálně centrovaná  
d) tělesně centrovaná  
e) bazálně centrovaná  
f) plošně centrovaná  
g) jednoduchá  
h) plošně centrovaná
3. a) Z obrázku je zřejmé, že kation sodíku se váže s 6 anionty chloru ( např. kation sodíku ve středu buňky se váže na 6 chloridových aniontů umístěných ve středech stěn buňky). Koordinační číslo  $\text{Na}^+$  je tedy 6.  
Anion chloru se opět váže s 6 kationty sodíku - anion chloru umístěný ve středu stěny buňky se váže se čtyřmi  $\text{Na}^+$  umístěnými ve středech hran buňky a se dvěma  $\text{Na}^+$  umístěnými ve středu dvou sousedících buněk. Koordinační číslo anionu chloru je tedy také 6.

koordinační číslo  $\text{Na}^+$

koordinační číslo  $\text{Cl}^-$



b) plošně centrovaná buňka



○ anion –  $\text{Cl}^-$   
● kation –  $\text{Na}^+$

Odstraněním všech kationtů sodíku z mřížky NaCl by vznikla plošně centrovaná buňka.

4. a) koordinační číslo kationu = 4, Koordinační číslo anionu = 8  
b) koordinační číslo kationu = 4, Koordinační číslo anionu = 4
5. Rozdílnost je způsobena různým uspořádáním atomů uhlíku v grafitu (krystaluje v soustavě šesterečné) a v diamantu (v soustavě krychlové). V grafitu jsou atomy uhlíku uspořádány do vrstviček, které jsou mezi sebou spojeny poměrně slabou vazbou, díky tomu je grafit velmi měkký a velmi snadno se otírá o jiné předměty. Krystal diamantu tvoří makromolekuly, v němž jsou atomy uhlíku navzájem spojeny kovalentní vazbou (pevná), proto je diamant vůbec nejtvrdějším existujícím přírodním materiálem.
6. a) ne – různé krystalové soustavy  
b) ne – různé typy krystalů  
c) ne – různá velikost částic  
d) ano- splňuje všechny podmínky vzniku směsných krystalů

## C

1.  $d = 0,251 \text{ nm}$
2.  $d = 0,0798 \text{ nm}$
3. a)  $d = 0,1375 \text{ nm}$   
b)  $\lambda = 0,194 \text{ nm}$
4. krychlová tělesně centrovaná elementární buňka obsahuje 2 atomy
5.  $\rho = 4,85 \text{ g cm}^{-3}$
6. a) 2 atomů  
b) 8  
c)  $V_m = 9,53 \text{ cm}^3 \text{ mol}^{-1}$   
d)  $V = 0,03163 \text{ nm}^3$
7. a) jednoduchá krychlová  
b) 8  
c) 8  
d) jednoduchá krychlová  
e) krychlová tělesně centrovaná



## 23. kapitola

### A

1. kap. 23.1.1; 23.1.1; 23.1.1; 23.1.1; 23.2.3; 23.2.3; 23.1.1; 23.1.1; 23.1.2; 23.2.; 23.2; zda je reakce exotermická či endotermická; kap. 23.2.2.1; 23.2.2.1; 23.2.4; látky do reakce vstupující; látky z reakce vystupující; kap. 23.1; 23.2; věda, která se zabývá měřením teploty a tepla a tepelnými ději
2. teplota, tlak, objem, vnitřní energie, hmotnost, koncentrace
3. vnitřní energie, enthalpie, Gibbsova energie
4. kap. 23.1.1; 23.1.1; 23.1.1; 23.1.2; 23.1.2.1; 23.2; 23.2.2
5. kap. 23.1.2; 23.1.2; 23.2.1.1; 23.2.1.2
6. kap. 23.2.2
7. kap. 23.2.2.1

### B

1. a), c)
2. endotermická: a, d; exotermická: b, c, e
3. b)
4. a)
5. a – vždy samovolně, c – proběhne samovolně pokud  $|T\Delta S| < |\Delta H|$ , d – proběhne samovolně pokud  $|T\Delta S| > |\Delta H|$

### C

1. vzroste o 10 J
2.  $\Delta S = -72,72 \text{ J mol}^{-1}\text{K}^{-1}$
3.  $\Delta G^\circ = -2888,2 \text{ kJ mol}^{-1}$
4.  $\Delta H^\circ_r = -13,0 \text{ kJ mol}^{-1}$
5.  $W = 714 \text{ J}$
6. a)  $\Delta G = 223 \text{ J mol}^{-1}$ , led;  
b)  $\Delta G = -217 \text{ J mol}^{-1}$ , voda;  
c)  $t = 0 \text{ }^\circ\text{C}$ , voda i led koexistují
7. a)  $\Delta H = -50 \text{ kJ}$ ; b)  $\Delta U = -70 \text{ kJ}$
8.  $\Delta H^\circ_r = -341, 691 \text{ kJ mol}^{-1}$
9.  $\Delta H = -1,88 \text{ kJ mol}^{-1}$
10.  $\Delta H = -110,78 \text{ kJ mol}^{-1}$
11.  $\Delta H = -74,94 \text{ kJ mol}^{-1}$
12.  $\Delta H = -16,74 \text{ kJ mol}^{-1}$
13. je uskutečnitelná
14.  $\Delta G^\circ = -73,27 \text{ kJ mol}^{-1}$ ; ano
15.  $\Delta G^\circ = -5,122 \text{ kJ mol}^{-1}$ ; bude
16.  $\Delta H^\circ_r = -1939,3 \text{ kJ mol}^{-1}$
17.  $\Delta H^\circ = -330,76 \text{ kJ mol}^{-1}$
18.  $\Delta H^0 = -126,4 \text{ kJ}$ ;  $Q = 20,26 \text{ kJ}$
19.  $\Delta H = 12 \text{ kJ}$ ;  $\Delta H = 5,6 \text{ kJ}$
20. a)  $\bar{W} = 3770 \text{ J}$ ; b)  $Q = 39,4 \text{ kJ}$ ; c)  $\Delta H = 39,4 \text{ kJ mol}^{-1}$ ; d)  $\Delta U = 35,6 \text{ kJ}$

## Výsledky

21.  $\Delta H = -485 \text{ kJ}$ ;  $\Delta U = -482 \text{ kJ}$   
 $Q = 2,4 \text{ kJ g}^{-1}$

## 24. kapitola

---

### A

6. kap. 24.1; 24.2  
7. kap. 24.1
- 

### B

9. a)  
10. a) doleva,  
b) doprava,  
c) doprava  
d) nezmění se,  
e) doprava  
11. c)  
12. b)  
13. b)  
14. b)  
15. a)
- 

### C

1.  $K_a = 6,25 \cdot 10^{-6}$   
2.  $K_c = 0,0107 \text{ mol dm}^{-3}$   
3.  $\frac{1}{4}$   
4. a)  $p(\text{O}_2) = 10,5 \text{ kPa}$ ,  $p(\text{Cl}_2) = 23,8 \text{ kPa}$ ,  $p(\text{H}_2\text{O}) = 23,8 \text{ kPa}$   
b)  $K_p = 0,0099 \text{ kPa}^{-1}$   
c)  $K_c = 0,0717 \text{ dm}^3 \text{ mol}^{-1}$   
5. Koncentrace CO se zdvojnásobila.  
6.  $K_p = 1621,2 \text{ kPa}$   
7.  $K_c = 1,6875 \text{ mol}^2 \text{ dm}^{-6}$   
8.  $K_c = 1,6 \cdot 10^{-2} \text{ mol dm}^{-3}$
- 

## 26. kapitola

---

### A

1. kap. 26.1.1; 26.1.2; 26.1.3
- 

### B

1. ebullioskopický efekt – solení polévky  
kryoskopický efekt – solení silnic v zimě

osmotický tlak – bobtnání semen

2. nesprávné – zjištěno z tabulek
3. Všechny tři metody se používají ke stanovování molární hmotnosti rozpuštěné látky.
- 4.

HLEDISKO	METODA	
	Kryoskopie (K)	Ebulioskope (E)
<b>citlivost</b>	citlivější než (E)	méně citlivá než (K): - větší vliv atmosférického tlaku - větší nebezpečí tepelného poškození - častěji dochází k chemickým reakcím mezi rozpouštědlem a rozpuštěnou látkou
<b>finanční náročnost na vybavení</b>	dražší technické vybavení než u (E)	méně náročná než (K)
<b>zdravotní hledisko</b>	bezpečnější než (E)	nebezpečí vzniku škodlivých výparů
<b>náročnost na provedení</b>	méně náročná na udržování konstantního tlaku než (E)	náročnější než (K) - je nutné udržovat konstantní tlak, protože ve velké míře ovlivňuje teplotu varu

### C

1.  $T_t = -0,815 \text{ }^\circ\text{C}$ ;  $T_v = 100 \text{ }^\circ\text{C}$
2.  $M_r = 125 \text{ g mol}^{-1}$
3.  $n = 5 \text{ mol}$
4. a)  $M_r = 6,0 \cdot 10^3$   
b)  $T_t = -3,1 \cdot 10^{-4} \text{ }^\circ\text{C}$

## Konstanty

**název**

molární plynová konstanta

Avogadrova konstanta

**značka a hodnota konstanty**

$$R = 8,314510 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$$

$$N_A = 6,0221367 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$$

## Literatura

- [1] LABÍK, S., BUREŠ, M., CHUCHVALEC, P., KOFOLA, J., NOVÁK, J., ŘEHÁK, K. Příklady z fyzikální chemie online [online]. [2006-11-15]. Dostupný z World Wide Web: <<http://www.vscht.cz/fch/prikladnik/prikladnik/p.html>>.
- [2] LABÍK, S., BUREŠ, M., CHUCHVALEC, P., KOLAFA, J., NOVÁK, J., ŘEHÁK, K. *Příklady z fyzikální chemie online* [online]. 10. prosince 2008 [cit. 2009-03-26]. Dostupné z World Wide Web: <<http://www.vscht.cz/fch/prikladnik/zkhtml/p.1.2.7.html#avpr>>.
- [3] ATKINS, Peter; JONES, Loretta. *Chemical principles*. New York : Freeman, 2002. ISBN 0-7167-3923-2.
- [4] BARTOVSKÁ, L., ŠIŠKOVÁ, M. *Co je co v povrchové a koloidní chemii*. [online]. 2005 [cit. 2009-02-21]. Dostupné z World Wide Web: **CHYBÍ WEBOVKA**
- [5] BROŽ, J., ROSKOVEC, V., VALOUCH, M. *Fyzikální a matematické tabulky*. Praha : SNTL, 1980.
- [6] BYDŽOVSKÁ, J., MARINKOVÁ, H., SOUČKOVÁ, J. *Tvoříme vzdělávací program vyšší odborné školy* [online]. 17. října 2002 [cit. 2006-01-22]. Dostupné z World Wide Web: <[https://www.eco.cz/kraj/heslo\\_file/projekt\\_VOS.doc](https://www.eco.cz/kraj/heslo_file/projekt_VOS.doc)>.
- [7] CÍDLOVÁ, H., JANČÁŘ, L., NĚMCOVÁ, R. *Řešené příklady z fyzikální chemie VI*. Brno : PdF MU, 2004. ISBN 80-210-3344-4.
- [8] CÍDLOVÁ, H., MOKRÁ, Z., VALOVÁ B. *Obecná chemie*. 2006. Dostupné z World Wide Web: <<http://www.is.muni.cz>>. Viz Studijní materiály předmětu PedF: CH2BP\_1P3P.
- [9] HÁLA, Jiří. *Pomůcka ke studiu obecné chemie*. Brno : MU, 1991. ISBN 80-210-2175-6.
- [10] CHRÁSKA, Miroslav. *Didaktické testy. Příručka pro učitele a studenty učitelství*. 1. vyd. Brno : Paido, 1999. ISBN 80-85931-68-0.
- [11] Kapalina. *Wikipedie: otevřená encyklopedie* [online]. 7. ledna 2009 [cit. 2009-01-9]. Dostupné z World Wide Web: <<http://cs.wikipedia.org/wiki/Kapalina>>.
- [12] KLIKORKA, J., HÁJEK, B., VOTINSKÝ, J. *Obecná a anorganická chemie*. Praha : SNTL/ALFA, 1985.
- [13] KLIMEŠOVÁ, Věra. *Základy obecné chemie pro farmaceuty*. 1. vyd. Praha : Univerzita Karlova v Praze, nakladatelství Karolinum, 2001. 164 s. ISBN 80-246-0393-4.
- [14] KRÄTSMÁR-ŠMORVIČ, J. a kol. *Všeobecná chemia*. Bratislava : Univerzita Komenského v Bratislavě, 1990. 196 s. ISBN 80-223-0148-5.
- [15] KUČERA, František. *Chemie pro FSI : 2. část* [online]. Dostupné z World Wide Web: <<http://www.fch.vutbr.cz/home/kucera-f/CH-FSI-II-04.pdf>>.
- [16] LABÍK, S., BUREŠ, M., CHUCHVALEC, P., KOLAFA, J., NOVÁK, J., MARKO, M., HORVÁT, S., KANDRÁČ, J. *Příklady a úlohy z chemie*. 1. vyd, Praha : Státní pedagogické nakladatelství, 1978. 317 s.
- [17] MUCK, A. *Základy strukturní anorganické chemie*. Praha : Academia, 2006. ISBN 80-200-126-1.
- [18] MUSILOVÁ, E., PEŇÁZOVÁ, H. *Chemické názvosloví anorganických sloučenin*. 1. vyd. Brno : MU, 2000. 157 s. ISBN 80-210-2392-9.
- [19] NOVOTNÝ, Petr. *Změny skupenství látek*. [online]. c2004-2009 [cit. 2009-03-26]. Dostupné z World Wide Web: <<http://fyzika.smoula.net/?show=mtf08>>.
- [20] PIETROVITO, A., DAVIES, P. *Structures of Metals: Close Packing*. [online]. 2007 [cit. 2009-01-16]. Dostupné z World Wide Web: <<http://www.seas.upenn.edu/~chem101/sschem/metallicsolids.html>>.

- [21] POLÁČEK, Miroslav. *Molekulová fyzika a termika*. [online]. 18 února 2001 [cit. 2009-03-10]. Dostupné z World Wide Web: <<http://radek.jandora.sweb.cz/f08.htm>>.
- [22] PRACHAŘ, Jan a kol.: *Fyzikální korespondenční seminář XIX. ročník* [online]. [2005/2006]. Dostupný z WWW: <<http://fykos.troja.mff.cuni.cz/rocenky/rocenka19.pdf>>.
- [23] REICHL, J., VŠETIČKA, M. *Anomálie vody*. [online]. c2006-2009 [cit. 2009-03-26]. Dostupné z World Wide Web: <<http://fyzika.jreichl.com/index.php?sekce=browse&page=645>>.
- [24] REICHL, J., VŠETIČKA, M. *Fázový diagram*. [online]. c2006-2009 [cit. 2009-03-26]. Dostupné z World Wide Web: <<http://fyzika.jreichl.com/index.php?sekce=browse&page=655>>.
- [25] Rotíci : 24. *Fázové rovnováhy*. [online]. [cit. 2009-03-26]. Dostupné z World Wide Web: <<http://dvpp.wz.cz/materialy/fazoverovnovahy.doc>>.
- [26] RŮŽIČKA, A., MEZNÍK, L., TOUŽÍN, J. *Problémy a příklady z obecné chemie, Názvosloví anorganických sloučenin*. 6. vyd., Brno : MU, 1998. ISBN 80-210-1389-3.
- [27] RŮŽIČKA, A., TOUŽÍN, J.: *Problémy a příklady z obecné chemie. Názvosloví anorganických sloučenin*. 8. vyd., MU, Brno 2007. 150 stran, ISBN 978-80-210-4273-5.
- [28] ŘEHÁK, K. *Příklady z fyzikální chemie online* [online]. [2006-11-15]. Dostupný z World Wide Web: <<http://www.vscht.cz/fch/prikladnik/prikladnik/p.html>>.
- [29] ŠVEC, V., FILOVÁ, H., ŠIMONÍK, O. *Praktikum didaktických dovedností*. 1. vyd. Brno : Masarykova univerzita, 1996. ISBN 80-210-1365-6.
- [30] VACÍK, J., BARTHOVÁ, J., PACÁK, J., aj. *Přehled středoškolské chemie*. 2. vyd. Praha : SPN-pedagogické nakladatelství, 1999. ISBN 80-7235-108-7.
- [31] VACÍK, Jiří. *Obecná chemie*. Praha : SPN, 1986.