

# Koordinální sloučeniny

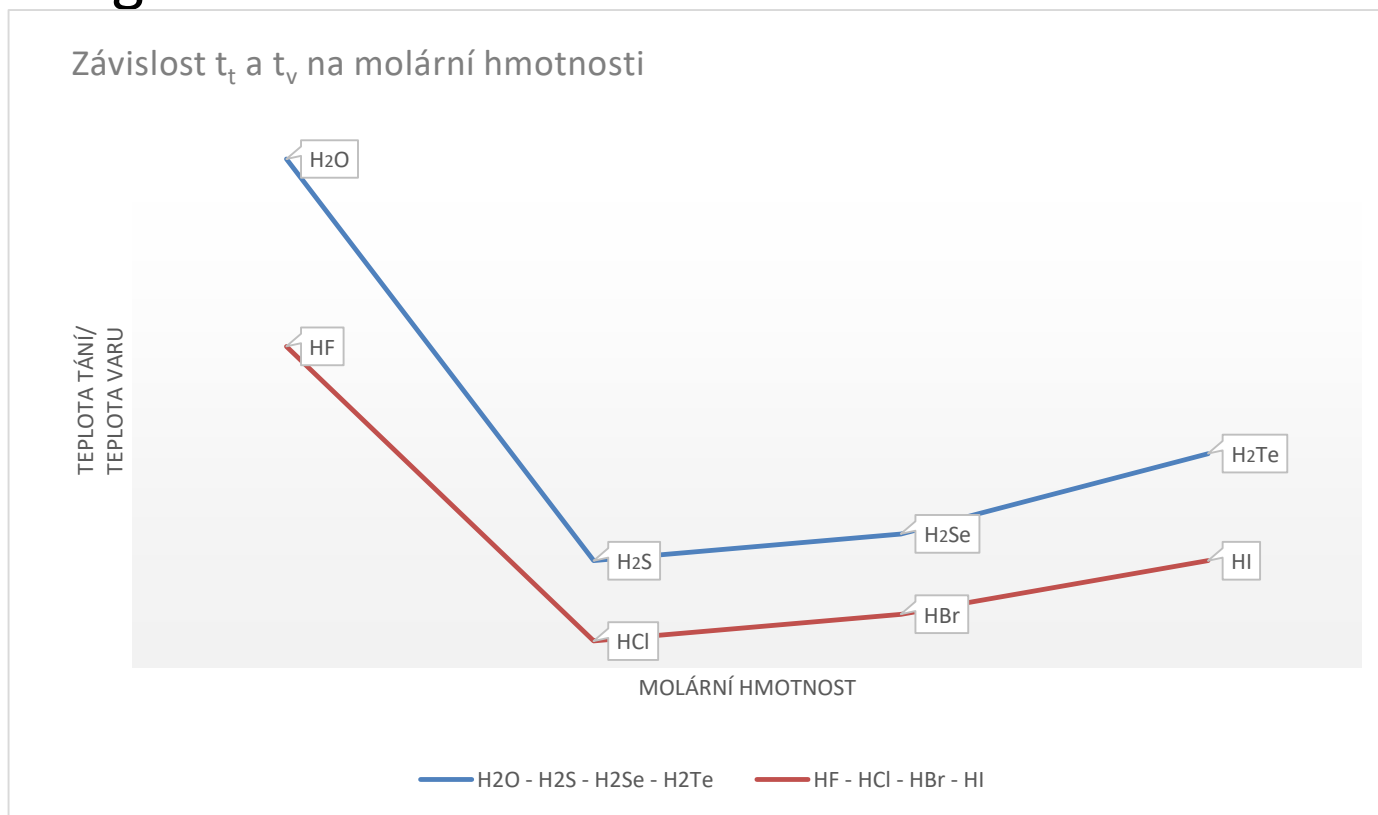
## Stavová rovnice ideálního plynu

FC 3806

Jaro 2021

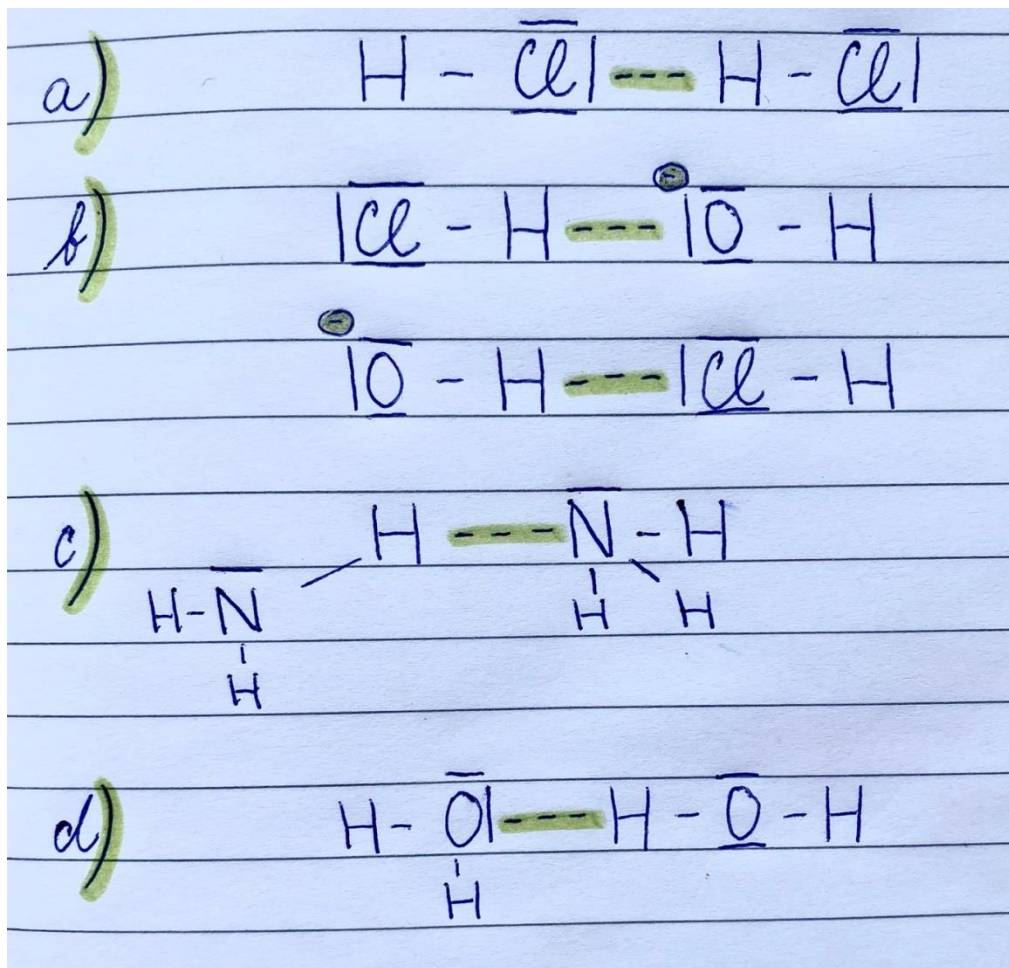
1) Pro následující skupiny látek schematicky (bez konkrétních číselných hodnot) zakreslete závislost teploty varu na molární hmotnosti. Tvar závislosti odůvodněte.

- Teplota tání a teplota varu obecně roste se zvyšující se molární hmotností. Výjimkou z pravidla jsou  $\text{H}_2\text{O}$  a  $\text{HF}$ , což jsou molekuly látek, ve kterých vznikají vodíkové můstky. Ty u látek zvyšují  $t_t$  i  $t_v$ , proto obě vystupují z pravidelnosti grafu.



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

a) HCl, HCl b) HCl, OH<sup>-</sup> c) NH<sub>3</sub>, NH<sub>3</sub> d) H<sub>2</sub>O, H<sub>2</sub>O



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

|     |           |          |                            |      |           |           |                            |
|-----|-----------|----------|----------------------------|------|-----------|-----------|----------------------------|
| CaO | Ca = 1    | O = 3,5  | $\Delta X = 2,5$ <b>I</b>  | nebo | Ca = 1    | O = 3,44  | $\Delta X = 2,44$ <b>I</b> |
| ClF | Cl = 2,8  | F = 4,1  | $\Delta X = 1,3$ <b>P</b>  | nebo | Cl = 3,16 | F = 3,98  | $\Delta X = 0,82$ <b>P</b> |
| NO  | N = 3,1   | O = 3,5  | $\Delta X = 0,4$ <b>N</b>  | nebo | N = 3,04  | O = 3,44  | $\Delta X = 0,4$ <b>N</b>  |
| CO  | C = 2,5   | O = 3,5  | $\Delta X = 1$ <b>P</b>    | nebo | C = 2,55  | O = 3,44  | $\Delta X = 0,89$ <b>P</b> |
| HI  | H = 2,2   | I = 2,2  | $\Delta X = 0$ <b>N</b>    | nebo | H = 2,2   | I = 2,66  | $\Delta X = 0,46$ <b>P</b> |
| SrO | Sr = 0,99 | O = 3,5  | $\Delta X = 2,51$ <b>I</b> | nebo | Sr = 0,95 | O = 3,44  | $\Delta X = 2,49$ <b>I</b> |
| PBr | P = 2,1   | Br = 2,7 | $\Delta X = 0,6$ <b>P</b>  | nebo | P = 2,19  | Br = 2,96 | $\Delta X = 0,77$ <b>P</b> |

$\Delta X \leq 0,4$  nepolární

$0,4 < \Delta X \leq 1,7$  polární

$\Delta X \geq 1,7$  iontová vazba

4) Tabulka na konci tohoto příkladu poskytuje informace o látkách I–VII. Na základě těchto dat se pokuste odpovědět na následující otázky:

- Které z uvedených látek by mohly být kovy? Odůvodněte.
- Které látky by mohly být iontové sloučeniny? Odůvodněte.
- Dvě z uvedených látek obsahují pouze kovalentní vazby. Které? Odůvodněte.
- O které z látek byste očekávali, že bude extrémně tvrdá?

| Látka | Teplota tání (°C) | Elektrická vodivost |              | Rozpustnost ve vodě |
|-------|-------------------|---------------------|--------------|---------------------|
|       |                   | Pevná fáze          | Kapalná fáze |                     |
| I     | 6,5               | špatná              | špatná       | ne                  |
| II    | 801               | špatná              | dobrá        | ano                 |
| III   | -53,5             | špatná              | špatná       | ne                  |
| IV    | 1 535             | dobrá               | dobrá        | ne                  |
| V     | 870               | špatná              | dobrá        | ano                 |
| VI    | 2 045             | špatná              | –            | ne                  |
| VII   | 321               | dobrá               | dobrá        | ne                  |

4)

a) kovy: IV, VII  
 - mědou dobře el. proud → jsou el. vodivé  
 - často mají vysokou teplotu tání (ale ne vždy)

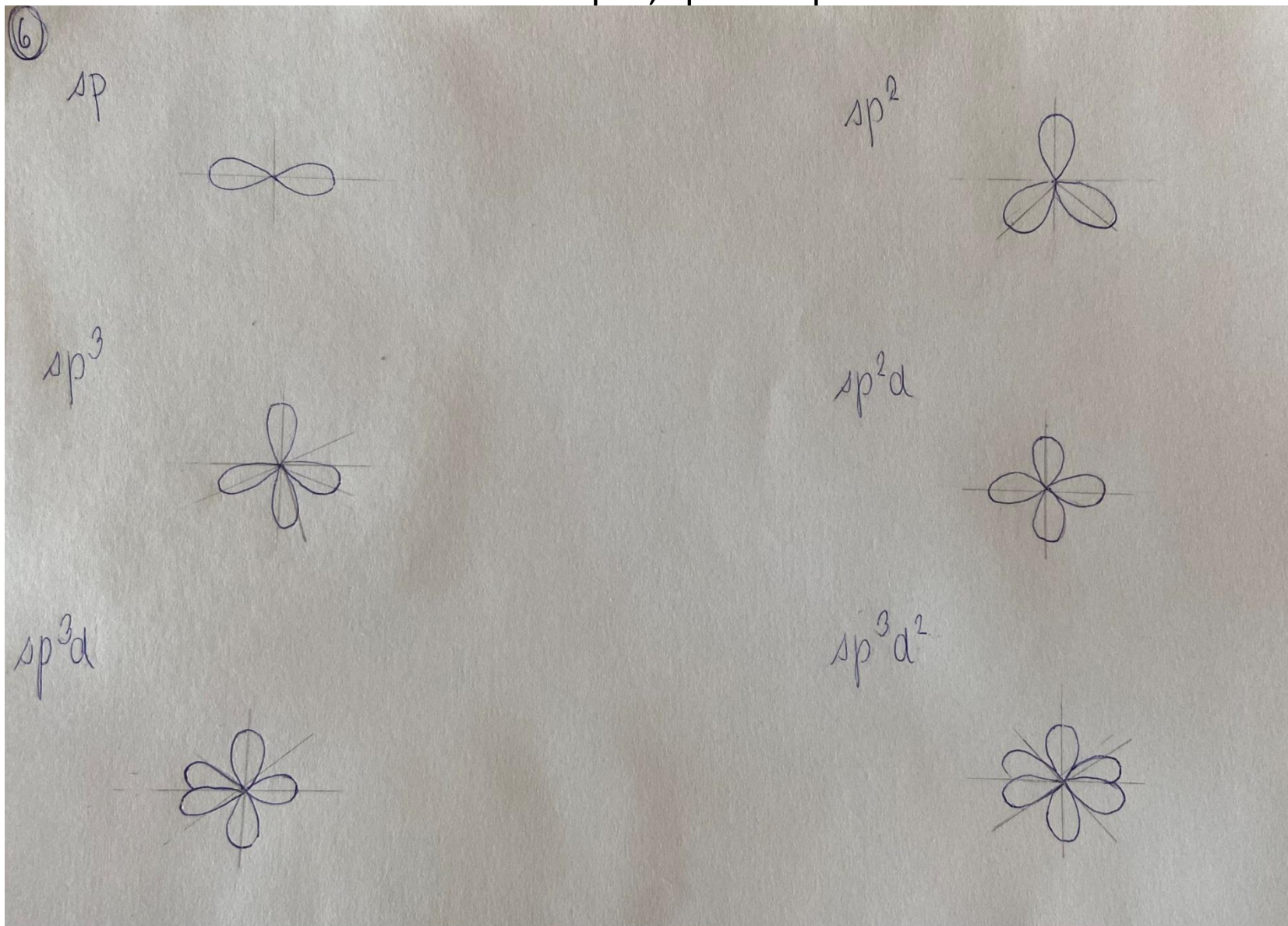
b) iontové sloučeniny: II, V  
 - iontové molekuly jsou dobře rozpustné ve vodě  
 - ion. slouč. jsou při pokoj. teplotách krystalické  
 při vyšších teplotách → se stávají el. vodivé

c) kovalentní vazby: I, III  
 - kovalentní molekuly špatně vedou el. proud  
 a jsou nerozpustné

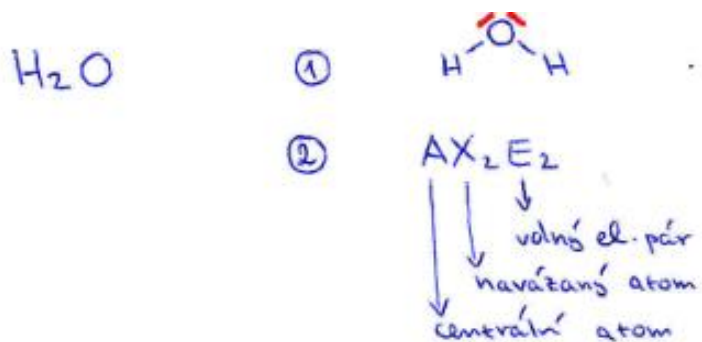
d) extrémně tvrdá: VI  
 - vysoká teplota tání a nemá žádné informace o rozpustnosti v kapalných fázích


- **5) I) Vyjmenujte aspoň tři příklady:**
  - a) *nízkomolekulárních kovalentních látek*  
→  $H_2$ ,  $O_2$ ,  $H_2O$
  - b) *vysokomolekulárních kovalentních látek*  
→ tuha, diamant, karbid křemíku, bor, karbid boru
  - c) *iontových látek*  
→  $NaCl$ ,  $KI$ ,  $SiO_2$ ,  $KCl$ ,  $AgCl$
  - d) *kovových látek*  
→  $Hg$ ,  $Fe$ ,  $W$
  
- **II) K následujícím látkám  $Hg$ ,  $NaCl$ , diamant,  $W$ ,  $SiO_2$ ,  $H_2$ , tuha napište:**
  - a) *v jakém skupenském stavu se nacházejí při pokojové teplotě*
    - $Hg$  - kapalné
    - $NaCl$  - pevné
    - diamant - pevné
    - $W$  - pevné
    - $SiO_2$  - pevné
    - $H_2$  - plynné
    - tuha - pevné
  - b) *zda jsou při pokojové teplotě elektricky vodivé*
    - $Hg$  – ano
    - $NaCl$  – ano
    - diamant – ano
    - $W$  – ano
    - $SiO_2$  - ano
    - $H_2$  – ne
    - tuha – ano
  - c) *zda jsou jejich teploty tání a varu vysoké nebo nízké ve srovnání s vodou*  
→ u všech uvedených prvků je bod tání a bod varu vysoké ve srovnání s vodou.

6) Nakreslete prostorové rozmístění skupin hybridních orbitalů  $sp$ ,  $sp^2$ ,  $sp^3$ ,  $sp^3d$ ,  $sp^3d^2$  a  $sp^2d$ .




7) Určete typ hybridizace orbitalů centrálního atomu, základní tvar VSEPR a skutečný tvar následujících molekul:  $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{HCOH}$ ,  $\text{PF}_5$ ,  $\text{ClF}_5$  a molekuly nakreslete.



⇒ Základní tvar VSEPR: tetraedr 

Typ hybridizace:  $\text{sp}^3$

Základní tvar molekuly: 

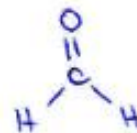
Skutečný tvar molekuly: lomenná molekula



⇒ Základní tvar: trigonálně planární 

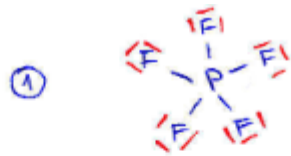
Typ hybridizace:  $\text{sp}^2$

Skutečný tvar: trigonálně planární





PF<sub>5</sub>



② AX<sub>5</sub>

⇒ Základní tvar: trigonální bipyramida

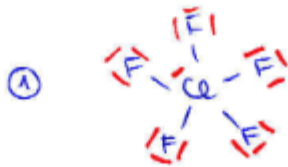


Typ hybridizace: sp<sup>3</sup>d

Skutečný tvar: trigonální bipyramida



ClF<sub>5</sub>



② AX<sub>5</sub>E

⇒ Základní tvar: oktaedr



Typ hybridizace: sp<sup>3</sup>d<sup>2</sup>

Skutečný tvar: tetragonální pyramida







9) Určete typ hybridizace orbitalů centrálního atomu, základní tvar VSEPR a skutečný tvar následujících molekul HCN,  $\text{IF}_5$ ,  $\text{SO}_3$ ,  $\text{BrF}_3$  a molekuly nakreslete.

$\text{HCN} \rightarrow$  lineární, lineární


typ hybridizace:  $sp$


tvar VSEPR: 

skutečný tvar: 

$\text{IF}_5 \rightarrow$  tetragonální bipyramida, tetragonální bipyramida


typ hybridizace:  $sp^3d^2$


tvar VSEPR: 

skutečný tvar: 

$\text{SO}_3 \rightarrow$  rovnostranný trojúhelník, rovnostranný trojúhelník


typ hybridizace:  $sp^2$


tvar VSEPR: 

skutečný tvar: 

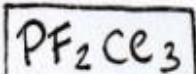
$\text{BrF}_3 \rightarrow$  trigonální bipyramida, trigonální bipyramida

typ hybridizace:  $sp^3d$

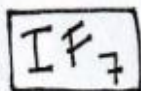
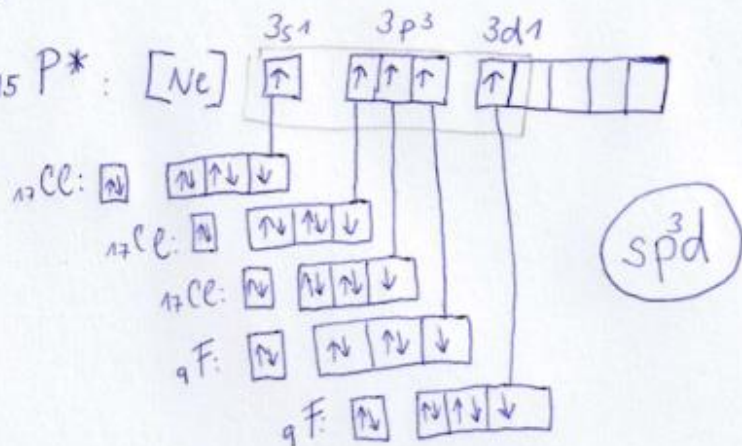
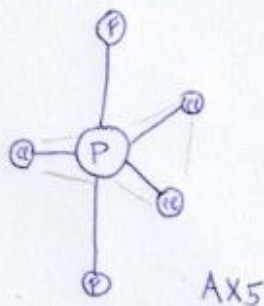
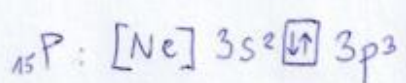
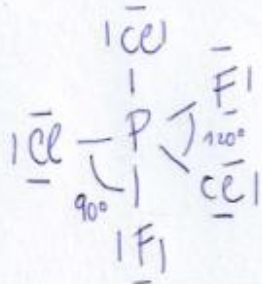
tvar VSEPR: 

skutečný tvar: 

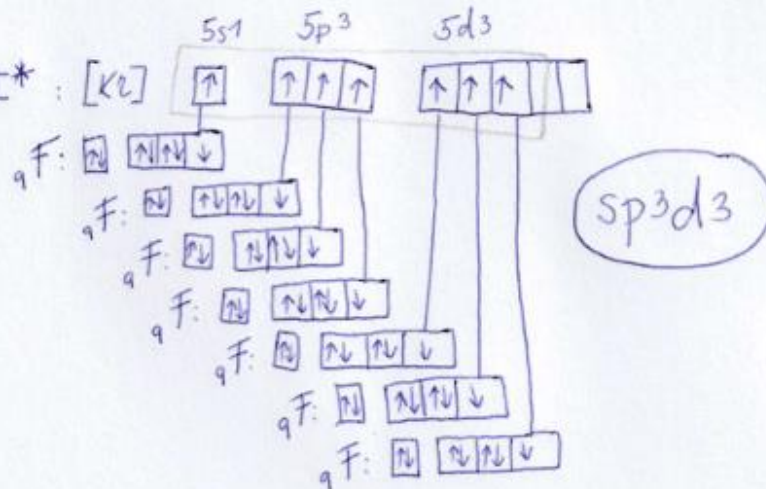
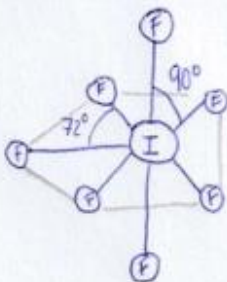
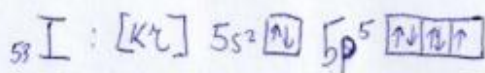
10) Určete typ hybridizace orbitalů centrálního atomu, základní tvar VSEPR a skutečný tvar následujících molekul  $\text{PF}_2\text{Cl}_3$ ,  $\text{IF}_7$ ,  $\text{SO}_2$ ,  $\text{XeF}_4$  a molekuly nakreslete.



- tvar: trigonální bipyramida

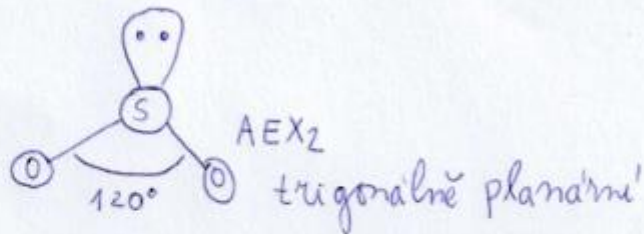
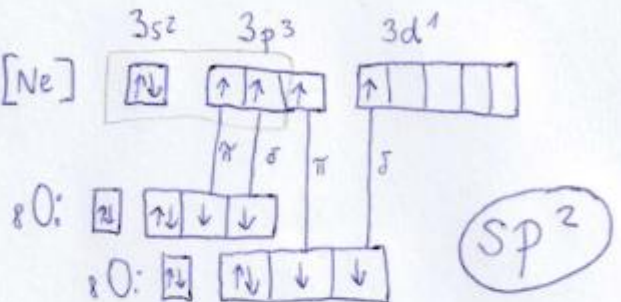
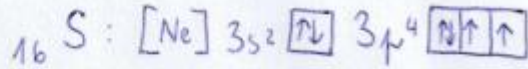
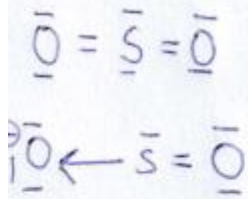


tvar: pětiboká bipyramida



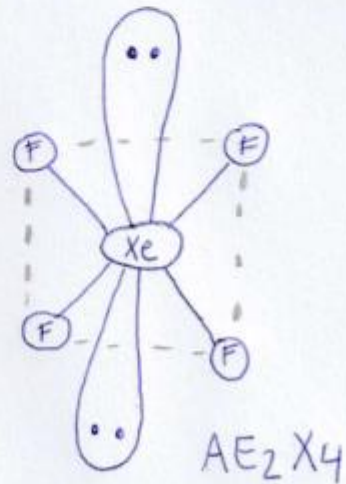
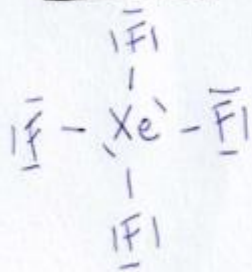
# SO<sub>2</sub>

tvar: trojúhelník / lomenný tvar



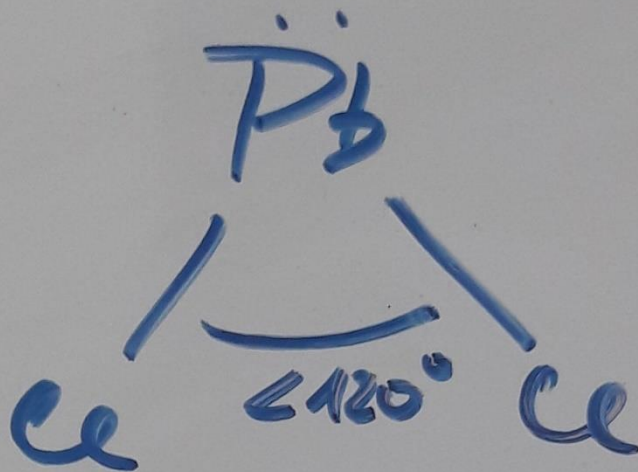
# XeF<sub>4</sub>

tvar: čtverec



11)  $\text{PbCl}_4$  je kapalina s teplotou varu  $105\text{ }^\circ\text{C}$ . Jsou vazby v této sloučenině iontové nebo kovalentní? Jak jste to určili? Odhadněte velikost vazebného úhlu  $\text{Cl-Pb-Cl}$ .

Vazby v  $\text{PbCl}_4$  jsou kovalentní!



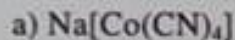
Úloha 102: Doplňte názvy koordinačních částic:

|   |  |
|---|--|
| a) $[\text{Cr}(\text{H}_2\text{O})_6]^{3+}$ |  |
| b) $[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{3-}$          |  |
| c) $[\text{Ni}(\text{NH}_3)_6]^{2+}$        |  |
| d) $[\text{SiF}_6]^{2-}$                    |  |
| e) $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$        |  |

Úloha 103: Doplňte vzorce a názvy koordinačních sloučenin.

| VZOREC  | NÁZEV  |
|---|--|
| $[\text{Cr}(\text{H}_2\text{O})_3\text{Cl}_3]$      |  |
|   | hexafluorokřemičitan sodný (disodný)           |
| $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CO})(\text{CN})_5]$     |  |
|   | chlorid diamminstříbrný                        |
| $[\text{Co}(\text{NH}_3)_5\text{I}]\text{Br}_2$     |  |
|   | dihydrát chloridu tetraaqua-dichlorochromitého |
| $[\text{Ni}(\text{H}_2\text{O})_6](\text{ClO}_4)_2$ |  |
|   | triaqua-trihydroxochromitý komplex             |

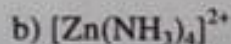
**Úloha 105:** Přiřaďte ke vzorci komplexní sloučeniny její správný název:



A) hexakyanokobaltitan sodný

B) tetrakyanokobaltitan sodný

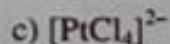
C) tetrakyanokobaltitan sodný



A) komplex tetraamminzinečnatý

B) kation tetraamminzinečnatý

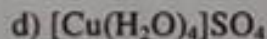
C) kation tetraamminzinečnatý



A) anion tetrachloroplatnatový

B) anion tetrachloroplatičitý

C) komplex tetrachloroplatnatý



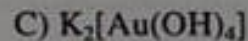
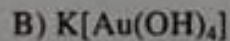
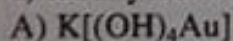
A) síran aquaměďnatý

B) síran tetraaquaměďnatý

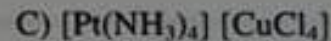
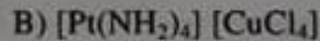
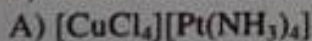
C) síran tetraaquaměďný

**Úloha 106:** Přiřaďte k názvu odpovídající vzorec

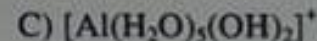
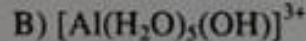
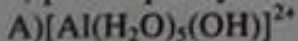
a) tetrahydroxozlatitan draselný



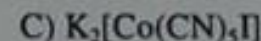
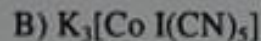
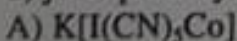
b) tetrachloroměďnat tetraamminplatnatý



c) pentaqua-hydroxohlinitý kation



d) jodo-pentakyanokobaltitan draselný



**Úloha 107:** Utvořte vzorce následujících koordinačních sloučenin železa.

a) hexakvanoželeznatan draselný (žlutá krevní sůl)

b) hexakvanoželezitan draselný (červená krevní sůl)

c) pentakvano-nitrosylželezitan sodný

d) hexathiokyanatoželezitan železitý



# Řešení:

## Úloha 102:

|   |                               |
|---|-------------------------------|
| a) $[\text{Cr}(\text{H}_2\text{O})_6]^{3+}$ | kation hexaaquachromitý       |
| b) $[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{4-}$          | anion hexakynoželezitanový    |
| c) $[\text{Ni}(\text{NH}_3)_6]^{2+}$        | kation hexaamminnikelnatý     |
| d) $[\text{SiF}_6]^{2-}$                    | anion hexafluorokfemičitanový |
| e) $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$        | kation tetraamminměďnatý      |

## Úloha 103:

| VZOREC  | NÁZEV   |
|---|---|
| $[\text{Cr}(\text{H}_2\text{O})_3\text{Cl}_3]$                                    | triaqua-trichlorochromitý komplex                   |
| $\text{Na}_2[\text{SiF}_6]$   | hexafluorokfemičitan sodný (disodný)                |
| $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CO})(\text{CN})_5]$                                   | karbonyl-pentakynoželeznatan draselný (tridraselný) |
| $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]\text{Cl}$   | chlorid diamminstříbrný                             |
| $[\text{Co}(\text{NH}_3)_5]\text{I}[\text{Br}_2]$                                 | dibromid pentaammin-jodokobaltitý                   |
| $[\text{Cr}(\text{H}_2\text{O})_4\text{Cl}_2]\text{Cl} \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ | dihydrát chloridu tetraaqua-dichlorochromitého      |
| $[\text{Ni}(\text{H}_2\text{O})_6](\text{ClO}_4)_2$                               | chloristan hexaaquanikelnatý                        |
| $[\text{Cr}(\text{H}_2\text{O})_3(\text{OH})_3]$                                  | triaqua-trihydroxochromitý komplex                  |

## Úloha 105:

a) C, b) C, c) A, d) B

## Úloha 106:

a) B, b) C, c) A, d) B

## Úloha 107:

- a)  $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$
- b)  $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$
- c)  $\text{Na}_2[\text{Fe}(\text{CN})_5\text{NO}]$
- d)  $\text{Fe}[\text{Fe}(\text{SCN})_6]$

- Uvažujme kation  $[\text{Co}(\text{en})_2(\text{NO}_2)_2]^+$ . Odpovězte na následující otázky:
  - a) Který atom je centrální?
  - b) Co značí zkratka „en“ uvedená ve vzorci?
  - c) Jaké je oxidační číslo centrálního atomu?
  - d) Vypište jednovazné ligandy, pokud se ve sloučenině vyskytují.
  - e) Vypište dvojevazné ligandy, pokud se ve sloučenině vyskytují.
  - f) Vypište vícevazné (tj. více než dvojevazné) ligandy, pokud se ve sloučenině vyskytují.
  - g) Jaké je koordinační číslo centrálního atomu?

# Řešení:

- a) Centrální atom se zapisuje jako první doleva do hranaté závorky. V tomto případě to je kobalt.
- b) Zkratka „en“ znamená ethylendiamin, tj.  $\text{NH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-NH}_2$ . Jedná se o tzv. názvoslovnou zkratku.
- c)  $x + 2 \cdot 0 + 2 \cdot (-1) = 1 \Rightarrow x = 3$ . Oxidační číslo centrálního atomu je +III.
- d)  $\text{NO}_2^-$ .
- e) Ethylendiamin.
- f) Ve sloučenině nejsou.
- g)  $2 \cdot 2 + 2 \cdot 1 = 6$

- V následujících sloučeninách určete koordinační číslo centrálního atomu.
  - a)  $[\text{Co}(\text{NH}_3)_4\text{Cl}_2]\text{Cl}$
  - b)  $[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{3-}$
  - c)  $[\text{Cr}(\text{NH}_3)_3\text{Cl}_3]$
  - d)  $[\text{Co}(\text{en})_2(\text{H}_2\text{O})\text{CN}]^{2+}$

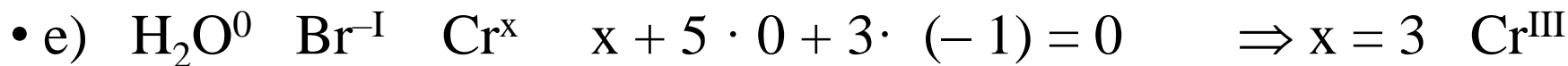
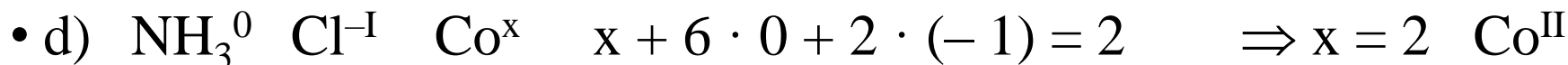
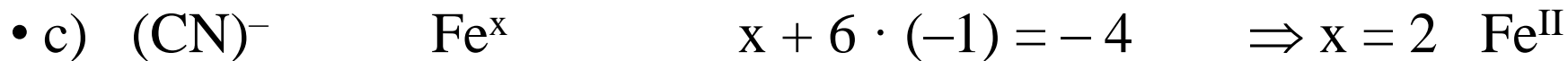
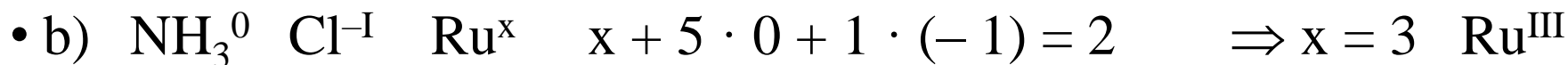
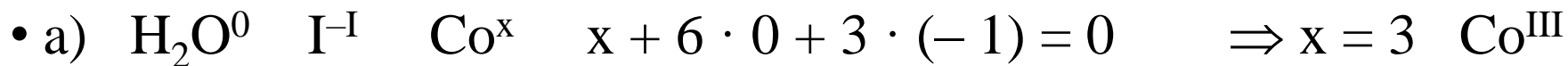
# Řešení:

- Koordinační číslo centrálního atomu udává počet donorových atomů navázaných na daný centrální atom. V zadaných příkladech jsou všechny ligandy jednovazné, kromě ethylenaminu, který je dvojevazný.
  - a)  $4 \cdot 1 + 2 \cdot 1 = 6$
  - b)  $6 \cdot 1 = 6$
  - c)  $3 \cdot 1 + 3 \cdot 1 = 6$
  - d)  $2 \cdot 2 + 1 + 1 = 6$
- U všech uvedených sloučenin má koordinační číslo centrálního atomu hodnotu 6.

- U následujících koordinačních sloučenin určete oxidační číslo centrálního atomu:
  - a)  $[\text{Co}(\text{H}_2\text{O})_6]\text{I}_3$
  - b)  $[\text{Ru}(\text{NH}_3)_5\text{Cl}]^{2+}$
  - c)  $[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{4-}$
  - d)  $[\text{Co}(\text{NH}_3)_6]\text{Cl}_2$
  - e)  $[\text{Cr}(\text{H}_2\text{O})_5\text{Br}]\text{Br}_2$

# Řešení:

- Nejprve určíme náboj každého z ligandů a každého z kompenzujících iontů. Následně pak využijeme skutečnost, že celkový elektrický náboj uvažované molekuly či iontu je roven součtu elektrických nábojů (či oxidačních čísel) ligandů, centrálního atomu a kompenzujících iontů.



# Ideální plyn

- Neexistují mezimolekulární síly, srážky jsou dokonale pružné
- Pohyb je chaotický, nezávislý na jiných částicích
- Ideální plyn nelze zkapalnit
- Molekuly mají hmotnost v jednom bodě (nulový objem)
- Platí stavová rovnice ideálního plynu



$$pV = nRT$$

- $p$  – tlak (Pa)
- $V$  – objem ( $\text{m}^3$ )
- $n$  – látkové množství plynu (mol)
- $R$  – molární plynová konstanta ( $\text{J K}^{-1} \text{mol}^{-1}$ )
- $T$  – termodynamická teplota (K)
- Normální podmínky: 273,15 K; 101,325 kPa
- Standardní podmínky: 298,15 K; 101,325 kPa
- $R = 8,314 \text{ J K}^{-1} \text{mol}^{-1}$

- Izotermický děj –  $T$  je konstantní
- Izochorický děj –  $V$  je konstantní
- Izobarický děj –  $p$  je konstantní

# Vypočítejte:

- Určité množství vodíku zaujímá při tlaku 200 kPa objem 500 cm<sup>3</sup>. Za předpokladu, že teplota vodíku zůstane nezměněna, vypočítejte objem tohoto množství vodíku za normálního tlaku.

- Použijeme stavovou rovnici ideálního plynu  $p \cdot V = n \cdot R \cdot T$ . Podmínky zadání označíme indexem „1“, normální podmínky indexem „2“. Platí:  $p_1 \cdot V_1 = n \cdot R \cdot T_1$ ,  $p_2 \cdot V_2 = n \cdot R \cdot T_2$ ,  $T_1 = T_2$  (viz zadání).
- $\frac{p_1 \cdot V_1}{p_2 \cdot V_2} = \frac{T_1}{T_2}$  neboli  $\frac{p_1 \cdot V_1}{p_2 \cdot V_2} = 1$
- odtud  $p_1 \cdot V_1 = p_2 \cdot V_2$ .
- Dosadíme číselně:
- $200 \text{ kPa} \cdot 500 \text{ cm}^3 = 101,325 \text{ kPa} \cdot V_2$ . Odtud:  $V_2 = 986,9 \text{ cm}^3$ .
- Vodík bude zaujímat objem  $986,9 \text{ cm}^3$ .

- Tlak He v ocelové láhvi při teplotě  $20\text{ }^{\circ}\text{C}$  je  $2,5\text{ MPa}$ . Určete tlak v láhvi při teplotě  $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

- Použijeme stavovou rovnici ideálního plynu  $p \cdot V = n \cdot R \cdot T$ . Podmínky zadání označíme indexem „1“, konečné podmínky indexem „2“. Platí:  $p_1 \cdot V_1 = n \cdot R \cdot T_1$ ,  $p_2 \cdot V_2 = n \cdot R \cdot T_2$ ,  $V_1 = V_2$ .
- Podělením:  $\frac{p_1}{T_2} = \frac{p_2}{T_1}$ ,
- po dosazení:  $\frac{2,5 \text{ MPa}}{p_2} = \frac{20+273,15}{100+273,15}$
- odtud  $p_2 = 3,18 \text{ MPa}$ .
- Tlak He v láhvi při teplotě  $100 \text{ }^\circ\text{C}$  je  $3,18 \text{ MPa}$ .

# Vypočítejte:

- Jak musíme změnit objem  $1 \text{ m}^3$  vodíku, aby po jeho ochlazení z teploty  $25 \text{ }^\circ\text{C}$  na teplotu  $-80 \text{ }^\circ\text{C}$  zůstal jeho tlak nezměněn?
- Vypočítejte:
- a) Hmotnost 1 litru kyslíku při normálních podmínkách
- b) Počet molekul kyslíku, které jsou při normálních podmínkách obsaženy v  $1 \text{ cm}^3$  kyslíku.

- Použijeme stavovou rovnici ideálního plynu  $p \cdot V = n \cdot R \cdot T$ . Podmínky zadání označíme indexem „1“, konečné podmínky indexem „2“. Platí:  $p_1 \cdot V_1 = n \cdot R \cdot T_1$ ,  $p_2 \cdot V_2 = n \cdot R \cdot T_2$ ,  $p_1 = p_2$ .
- Podělením  $\frac{V_1}{V_2} = \frac{T_1}{T_2}$ ,
- po dosazení:  $\frac{1 \text{ m}^3}{V_2} = \frac{(25+273,15)\text{K}}{(-80+273,15)\text{K}}$
- neboli  $\frac{1\text{m}^3}{V_2} = \frac{298,15 \text{ K}}{193,15 \text{ K}}$
- $V_2 = 0,648 \text{ m}^3$
- Má-li tlak vodíku zůstat nezměněn po ochlazení z teploty 25 °C na teplotu –80 °C, musí se jeho objem z 1 m<sup>3</sup> zmenšit na 0,6478 m<sup>3</sup>.



- a) Použije stavovou rovnici ideálního plynu  $p \cdot V = n \cdot R \cdot T$  a vztah  $n = \frac{m}{M}$ .
- Spojením  $pV = \frac{m}{M} \cdot R \cdot T \Rightarrow m = \frac{p \cdot V \cdot M}{R \cdot T}$
- $$m = \frac{101,325 \cdot 10^3 \text{ Pa} \cdot 1 \text{ dm}^3 \cdot 2 \cdot 15,9994 \text{ g mol}^{-1}}{8,314 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1} \cdot (0+273,15)\text{K}}$$
- $m = 1427,7 \text{ g}$
  
- b) Použije stavovou rovnici ideálního plynu  $p \cdot V = n \cdot R \cdot T$  a vztah  $n = \frac{N}{N_A}$ .
- Spojením  $pV = \frac{N}{N_A} \cdot R \cdot T \Rightarrow N = \frac{p \cdot V \cdot N_A}{R \cdot T}$
- $$N = \frac{101,325 \text{ kPa} \cdot 1 \cdot 10^{-3} \text{ dm}^3 \cdot 6,023 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}}{8,314 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1} \cdot (0+273,15)\text{K}}$$
- $N = 2,69 \cdot 10^{19}$
- Hmotnost 1 litru  $\text{O}_2$  je při normálních podmínkách 1,428 g. Při normálních podmínkách obsahuje 1  $\text{cm}^3 \text{ O}_2$   $2,69 \cdot 10^{19}$  molekul  $\text{O}_2$ .

# Vypočítejte:

- Při teplotě  $18\text{ }^{\circ}\text{C}$  a tlaku  $102,0\text{ kPa}$  je hmotnost  $1\text{ }290\text{ cm}^3$  plynu rovna  $2,71\text{ g}$ . Vypočítejte molární hmotnost tohoto plynu.
- Vypočítejte hustotu  $\text{CO}_2$  při teplotě  $20\text{ }^{\circ}\text{C}$  a tlaku  $100\text{ kPa}$ .

- Použijeme stavovou rovnici ideálního plynu  $p \cdot V = n \cdot R \cdot T$  a vztah  $n = \frac{m}{M}$ .
- Spojením
- $$pV = \frac{m}{M} \cdot R \cdot T \Rightarrow M = \frac{m \cdot R \cdot T}{p \cdot V}$$
- $$M = \frac{2,71 \text{ g} \cdot 8,314 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1} \cdot (18 + 273,15) \text{ K}}{102\,000 \text{ Pa} \cdot 1,29 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3}$$
- $M = 49,85 \text{ g mol}^{-1}$ .
- Molární hmotnost plynu je  $49,85 \text{ g mol}^{-1}$ .

$$nV = nRT \quad ; \quad n = \frac{m}{M}$$

$$nV = \frac{m}{M} RT \quad | \cdot M$$

$$nVM = mRT \quad | : nV$$

$$M = \frac{mRT}{nV}$$

$$1 \text{ JOULE} = \text{kg} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{s}^{-2}$$

$$1 \text{ PASCAL} = \text{kg} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{s}^{-2}$$

ROZMĚROVÁ ZK

$$\text{g} \cdot \text{mol}^{-1} = \frac{\text{kg} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{s}^{-2} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}}{\text{kg} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{s}^{-2} \cdot \text{m}^3}$$

$$M \dots n \text{ [g} \cdot \text{mol}^{-1}\text{]}$$

$$m \dots 2,71 \text{ g}$$

$$R \dots 8,314 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$$

$$\text{kg} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{s}^{-2}$$

$$T \dots (273,15 + 18) \text{ K} = 291,15 \text{ K}$$

$$n \dots 102 \text{ kPa} = 102\,000 \text{ Pa}$$

$$= 102\,000 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{s}^{-2}$$

$$V = 1290 \text{ cm}^3 = 1,29 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$$

- Použijeme stavovou rovnici ideálního plynu  $p \cdot V = n \cdot R \cdot T$  a vztahy  $n = \frac{m}{M}$  a  $\rho = \frac{m}{V}$ .
- Spojením  $p \cdot V = \frac{m}{M} \cdot R \cdot T \Rightarrow$
- $p = \frac{m}{V} \cdot \frac{1}{M} \cdot R \cdot T \Rightarrow p = \rho \cdot \frac{1}{M} \cdot R \cdot T$
- Odtud  $\rho = \frac{p \cdot M}{R \cdot T}$
- Po dosazení:  $\rho = \frac{100000 \text{ Pa} \cdot (12 + 2 \cdot 16) \text{ g mol}^{-1}}{8,314 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1} \cdot (20 + 273,15) \text{ K}}$
- $\rho = 1805 \text{ g m}^{-3} = 1,805 \text{ kg m}^{-3}$ .
- Hustota  $\text{CO}_2$  při teplotě  $20^\circ\text{C}$  a tlaku  $100 \text{ kPa}$  je  $1,805 \text{ kg m}^{-3}$ .