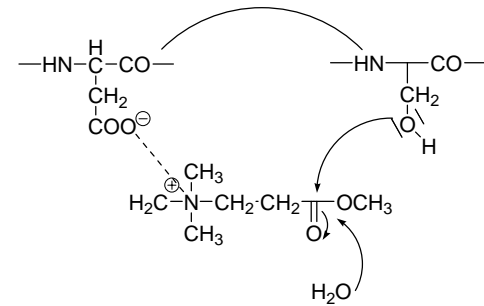




**Korespondenční Seminář Inspirovaný Chemickou Tematikou**

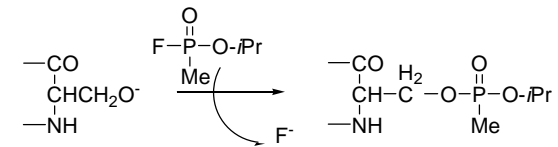
**Ročník 4 (2005/2006)**

**Série 4 – řešení**



Obrázek 1. Aktivní místo acetylcholinesterázy s navázaným acetylcholinem, velice zjednodušený mechanismus

7. sarin, soman, tabun, cyklosarin (GF), VX, VM, VG, VE. Ireversibilní inhibice acetylcholinesterázy, což vede ke zvýšení koncentrace acetylcholinu. Jako příklad ireversibilní inhibice acetylcholinesterázy uvedena reakce se sarinem.



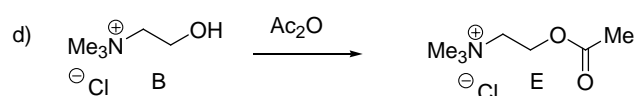
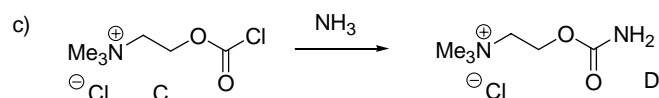
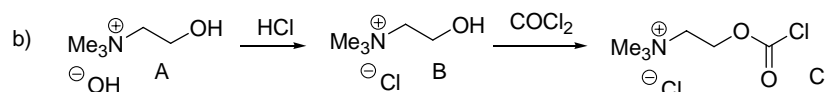
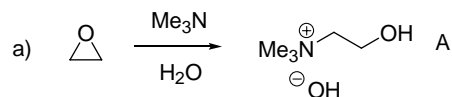
Obrázek 2. Inhibice acetylcholinesterázy navázáním sarinu na hydroxyl serinu

Otázka 1 – za schémata po 0,75 bodu, celkem 3 body, 2 – 0,5 bodu, 3 – 1,5 bodu, 4 – 0,5 bodu, 5 – 0,75 bodu, 6 – 2,5 bodu a 7 – 1,25 bodu. Celkem 10 bodů.

**Úloha č. 5: Houbová inspirace****(10 bodů)**

Autor: Martin Kuchař

1.



2. Zelený zákal, glaukom.

3. Muchomůrka červená, muskarin. Navázání muskarinu na M-receptory, vyvolává stejný účinek jako navázání přirozeného mediátoru acetylcholinu, přesycení receptorů vede k nervosvalovým křečím parasymptiku. Dochází také k zúžení zorniček a poklesu nitroočního tlaku, tedy odeznění příčiny zeleného zákalu.

4. Acetylcholin, neurotransmitter, přenos nervového vzruchu.

5. Acetylcholin se poměrně snadno štěpí nespecifickými hydrolyzami v krevním řečišti, používají se tedy stabilnější analoga. Léčiva patří do skupiny cholinergik a konkrétně se jedná o přímá cholinergika.

6. Acetylcholinesteráza, skupina serinových hydroláz. Aktivní místo enzymu je tvořeno serinem, poskytuje svůj hydroxyl pro nukleofilní atak esterové funkce acetylcholinu, a kyselinou asparagovou, poskytuje karboxyl k fixaci trimethylamoniové funkce. Dojde k odstoupení cholinu a acetyl je navázán na hydroxyskupině serinu.



Korespondenční seminář  
probíhá pod záštitou  
Přírodovědecké fakulty Univerzity Karlovy  
Hlavova 2030  
128 43 Praha 2

Drahé řešitelky, draží řešitelé, KSICHTĚáci!

Nadešel den D, hodina H, minuta M, zkrátka v rukou právě držíte brožurku s řešením poslední série tohoto ročníku a s ní již velmi očekávanou výsledkovou listinu.

Nejen vy, ale i my autoři jsme byli do poslední chvíle napnutí, jak dopadne finále soubojů o čelní místa v žebříčku. Boj to byl litý a častokrát rozhodovaly desetiny bodů. Ale nyní už je dobojováno, ohodnoceno a rozesláno, a tak nezbyvá, než poblahopřát vítězům k dosaženým úspěchům. Všem, kteří se umístili na předních místech, budou na soustředění předány hodnotné ceny.

Rádi bychom také vám, ostatním řešitelům, chtěli poděkovat za snahu, píli a oddanost KSICHTu. Věříme, že se v příštím roce opět nad úlohami s chemickou tematikou setkáme. A pokud máte právě po maturitě, nabízíme vám, aby vám nebylo po KSICHTu smutno, místo mezi autory a organizátory. Neváhejte a dejte nám vědět! Uplatnění máme pro každého, neboť pracovní náplní organizátora KSICHTu není zdaleka jen chemie, ale i mnoho dalších zajímavých věcí.

Chtěl bych také zmínit proběhnuvší výlet v Příbyslavi. Mnozí z vás se slzou v oku rádi vzpomenou na příjemný víkend strávený v prostorách místní skautské základny, návštěvu šlechtitelského ústavu brambor, Havlíčkova Brodu, faraonovy hady, fialové zlo, velmi zvláštní, ale přitom zábavné hry, a jak již bývá tradičním zvykem, i na všeobecně výbornou náladu s ostatními KSICHTy.

Přejeme vám příjemně strávené letní prázdniny a těšíme se, až se s vámi v příštím školním roce opět setkáme.

Honza Havlík a kolektiv autorů

**Autorské řešení úloh 4. série****Úloha č. 1: Osmisměrka**

autor: Michal Řezanka, Pavel Řezanka

**(10 bodů)**

1. Minerály jsou uvedeny v tabulce 1.

Tabulka 1. Vzorce minerálů vyskytujících se v osmisměrce

| Číslo | Minerál      | Číslo | Minerál             |
|-------|--------------|-------|---------------------|
| 1     | borax        | 23    | berthierit          |
| 2     | sylvín       | 24    | pyrhotin            |
| 3     | halit        | 25    | soddyit             |
| 4     | okenit       | 26    | lapieit             |
| 5     | orthoklas    | 27    | magnetovec          |
| 6     | albit        | 28    | edenharterit        |
| 7     | eukryptit    | 29    | krevel              |
| 8     | beryl        | 30    | kobaltopentlandit   |
| 9     | kazivec      | 31    | jaipurit            |
| 10    | fluorapatit  | 32    | chalkozin           |
| 11    | hnědel       | 33    | krokoit             |
| 12    | auripigment  | 34    | bismutohauchecornit |
| 13    | titanit      | 35    | kobaltin            |
| 14    | realgar      | 36    | smaltin             |
| 15    | barytokalcit | 37    | laurit              |
| 16    | ocelek       | 38    | galenit             |
| 17    | korund       | 39    | rumělka             |
| 18    | gallit       | 40    | smolinec            |
| 19    | chalkopyrit  | 41    | edgarbaileyit       |
| 20    | rutil        | 42    | belendorffit        |
| 21    | burel        | 43    | feroniklplatina     |
| 22    | antimonit    |       |                     |

*Za každý minerál 0,2 bodu, celkem tedy 8,6 bodu.*

$27 \cdot 10^4$  molů. Používat přesnější výsledky nemělo vzhledem k nepřesnosti zadání žádný smysl.

3. a) V této otázce se jednalo o jakýsi chyták na vaše zaběhlé chemické myšlení. Jediný způsob stanovování stáří hornin, se kterou se běžně chemik v učebnicích setkává, jsou radioizotopové metody. Ty jsou bohužel vhodné pouze pro určité druhy hornin a fungují jen ve speciálních podmínkách. Pro datování stáří zkamenělin organismů nalezených v pevninských sedimentech jsou bohužel z mnoha důvodů naprosto nevhodné. V těchto případech jsou jediným možným řešením různé druhy stratigrafie. Např. biostratigrafie (stanovování stáří pomocí nalezených pozůstatků jiných hojně se vyskytujících organismů jako jsou pylová zrnka, rostlinky atd.), chronostratigrafie, magnetostratigrafie a jiné. Jako odpověď mi stačila jakákoliv metoda založená na srovnávání stáří s okolní geologickou vrstvou.
- b) Radiokarbonová metoda je nevhodná z prostého důvodu, že poločas rozpadu  $^{14}\text{C}$  je přibližně 5730 let, kdežto stáří kostry je miliony let. Veškerý radioaktivní uhlík se tedy stihl za tuto dobu již dávno rozložit. Dalším problémem by mohla být i absence uhlíku ve zkamenělině obecně.
4. Jak jsme již v otázce 2 vypočítali, průměrný rex obsahuje přibližně  $13 \cdot 10^4$  až  $27 \cdot 10^4$  molů vody. (Pro další výpočty použijte hodnotu  $20 \cdot 10^4$  mol a na konci uvedu akceptované rozmezí výsledků.) Při použití této hodnoty ( $20 \cdot 10^4$  mol) snadno vypočítáme, že Karel obsahoval přibližně  $1,2 \cdot 10^{29}$  molekul vody. Pokud se vám podařilo správně převést jednotky z  $\text{km}^3$  na  $\text{dm}^3$  zjistili jste, že Karlovy molekuly se za miliony let zvládly rozmíchat v  $1,36 \cdot 10^{21}$   $\text{dm}^3$  světového vodstva. Na Petrovu půllitrovou láhev tedy vychází přibližně  $44 \cdot 10^6$  molekul. Vaše výsledky by se tedy měly nacházet někde v rozmezí cca od  $29 \cdot 10^6$  do  $59 \cdot 10^6$  molekul. Přihlédnuto bylo spíše k logice výpočtu a správném postupu než k číslům samotným.
5. Hlavní důvod je autoprotolýza vody, při které by se atomy vodíku během několika chvil vyměnily s okolními vodíky a nebylo by tak možno rozeznat, která molekula je ještě původní a která má pouze půjčený jeden z vodíků. Dalšími může být například přeměna fotosyntézou či jakékoliv jiné rozumné řešení.
6. a) Ze všech metabolických přeměn projde největší množství vody přeměnou prostřednictvím oxypenny fotosyntézy.
- b) Její stáří je mezi 2,8 až 3,5 miliard let. Stáří Karla asi 67 až 100 milionu let. Fotosyntéza je proto asi o 2,7 až 3,5 miliard let starší.

*Otázka 1 – 1 bod, 2 – 0,5 bodu, 3 – 1 bod, 4 – 2 body, 5 – 0,5 bodu a 6 – 1 bod. Celkem 6 bodů.*

Protože dochází i k částečnému obsazování vibračních stavů, vzrůstá  $C_V$  vodní páry postupně, třeba na  $27,9 \text{ J}\cdot\text{mol}^{-1}$  při  $25^\circ\text{C}$ .

*Za helium 0,4 bodu, za dusík s kyslíkem po 0,3 bodu, za vodní páru 0,5 bodu, za odvození 0,5 bodu za každý případ. Celkem 3 body.*

12. Kapalná voda má navíc možnost ukládat energii do nesespecifických intermolekulárních interakcí a hlavně do tvorby sítě vodíkových můstků.
13. Dokud je vzduch suchý, potící se tělo se může snáze ochlazovat odparem vody a ztrácet tak efektivně pro organismus nebezpečné teplo díky enormnímu výparnému teplu vody. Ve chvíli, kdy se nasytí vzduch vodní parou a cítíme vlhko, je vypařování bráněno a organismus se snáze přehřívá.
14. Honzu před uvařením zachránilo chlazení díky pocení. Pocení zajišťuje dostatek vody na povrchu těla. Tato voda se může v suchu snadno odpařit a díky velkému výparnému teplu vody tím značně ochladit zkoušené Honzovo tělo. Vzduch se při vyšších teplotách může nasytit podstatně větším množstvím vodní páry, takže se Honzovi v sauně potí dobře. Vajíčko se holt zpotit neumí, a tak se v sauně uvaří.

*Otázka 1 – 1 bod, 2 – 0,5 bodu, 3 – 0,4 bodu, 4 – 0,5 bodu, 5 – 0,5 bodu, 6 – 0,5 bodu, 7 – 0,4 bodu, 8 – 0,5 bodu, 9 – 0,4 bodu, 10 – 1 bod, 11 – 3 body, 12 – 0,4 bodu, 13 – 0,4 bodu a 14 – 0,5 bodu. Celkem 10 bodů.*

#### Úloha č. 4: Samá voda

(6 bodů)

autor: Jan Havlík

1. a) Doslovný překlad z řečtiny (latiny) do češtiny by mohl být asi tento:  
 tyrannos = „krutovládce“ + sauros = „ještěř“ rex = „král“  
 Při překladu jsem souhlasil téměř se všemi jazykovými variacemi na téma „Hrozivý král ještěřů“, které vás napadly.
- b) Všechny známé objevy kostry tyrannosaura rexe byly doposud pouze v Severní Americe. Je sice pravda, že část nálezů se uskutečnila i v jihovýchodní Asii, zde se ale nejednalo přímo o tyrannosaura rexe, ale o jeho blízké druhové příbuzné, ze kterých rex pocházel.
2. Tyrannosaurus vážil přibližně od 4 do 8 tun. Akceptoval jsem jakoukoliv hodnotu v tomto rozmezí a z ní vyplývající výsledky při dalších výpočtech. Pokud bylo zároveň v zadání řečeno, že jeho tělo obsahovalo 60 % vody, dospějeme snadným výpočtem k tomu, že hmotnost vody v jeho těle byla mezi  $2,4\cdot 10^6$  až  $4,8\cdot 10^6$  g. Pokud tuto hodnotu následně vydělíme molární hmotností vody ( $18 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$ ), obdržíme výsledek někde v intervalu od  $13\cdot 10^4$  do

2.



Dear professor Schmidt – I'm extremely sorry to bother you this late at night, but the library is closed and as there is a test tomorrow, I just wondered if you would be so kind as to identify this rock.

3. Minerály jsou seřazeny podle vzrůstající hustoty.
4. Vážený profesore Schmidte, velmi se omlouvám, že Vás ruším takhle pozdě v noci, ale knihovna je zavřená a zítra píšeme test. Byl bych Vám moc vděčný, kdybyste byl tak hodný a identifikoval tento kámen.

#### Literatura

<http://webmineral.com/data/index.html>

<http://www.mineral.cz>

*Otázka 1 – 8,6 bodu, 2 – 0,7 bodu, 3 – 0,4 bodu, 4 – 0,3 bodu. Celkem 10 bodů.*

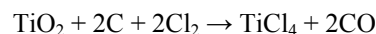
**Úloha č. 2: Zapáchající kapalina****(12 bodů)**

autor: Zbyněk Rohlík

1.

- A**  $\text{TiCl}_4$  – chlorid titaničitý
- B** Ti – titan
- C**  $\text{TiCl}_2$  – chlorid titanatý
- D**  $[\text{Ti}(\text{H}_2\text{O})_6]\text{Cl}_3$  – chlorid hexaaquatitanitý
- D\***  $[\text{Ti}(\text{H}_2\text{O})_4\text{Cl}_2]\text{Cl}\cdot 2\text{H}_2\text{O}$  – dihydrát chloridu tetraqua-dichlorotitanitého
- E**  $\text{CsTi}(\text{SO}_4)_2\cdot 12\text{H}_2\text{O}$  (ve skutečnosti  $[\text{Cs}(\text{H}_2\text{O})_6][\text{Ti}(\text{H}_2\text{O})_6](\text{SO}_4)_2$ ) – dodekahydrát síranu cesno-titanitého, kamenec cesno-titanitý
- F**  $[\text{Ti}(\text{THF})_2\text{Cl}_4]$  – komplex tetrachloro-bis(tetrahydrofuran)titaničitý (nelze považovat za sůl; solvat jsem se skřipěním zubů toleroval, ale správně je to jediné komplexní sloučenina; pozor na hranaté závorky)
- G**  $[\text{TiCp}_2\text{Cl}_2]$  – bis( $\eta^5$ -cyklopentadienyl)-dichlorotitaničitý komplex, titanocendichlorid (opět – není sůl ale komplex; „ $[\text{TiCp}_4]$ “ může vznikat, ale neodpovídá to vzniku **H**)
- H**  $[\text{TiCp}_2(\text{O},\text{O}'\text{-ox})]$  – bis( $\eta^5$ -cyklopentadienyl)-(O,O'-oxalato)titaničitý komplex (není štavelan ale oxalatokomplex)
- I**  $\text{TiO}_2$  – oxid titaničitý (viz níže)
- J**  $(\text{NH}_4)_2[\text{TiCl}_6]$  – hexachlorotitanititan amonný (viz níže)

2. Reduktivní chlorace používaná v průmyslu, rovnice například:



3.  $\text{TiO}_2$  se nalézá v přírodě hned ve třech modifikacích – rutil, brookit a anatas.
4. a) Hydrátová izomerie.
- b) Odměrný roztok se například užívá v redoxní titrační metodě – titanometrii.
- c) Paramagnetikum (kation má konfiguraci  $d^1$ !).
- d) Absorpce viditelného záření komplementární vlnové délky ( $dd$  přechod).
5. Ano s DMF ( $N,N$ -dimethylformamid), DMSO (dimethylsulfoxid), DIOX (1,4-dioxan) a  $\text{Et}_2\text{O}$  – polární aprotická donorová rozpouštědla.

U lineárních molekul se totiž nezapočítává rotace kolem hlavní osy molekuly. Celkem mají molekuly stupňů volnosti  $f$

$$f = 3 \cdot N, \quad (7)$$

kde  $N$  je počet atomů v molekule. Do každého obsazovaného translačního stupně volnosti molekula ukládá průměrně energii  $1/2 k_B T$ , kde  $k_B$  je Boltzmannova konstanta. Molární tepelná kapacita udává množství dodané energie na zvýšení teploty, proto nás nyní zajímá jen změna energie, která činí  $1/2 k_B \Delta T$  na jeden stupeň volnosti. Takže každý monoatomický plyn jako například helium má molární tepelnou kapacitu  $C_V$ :

$$C_V = \frac{\Delta U}{\Delta T} = \frac{3 \cdot 1/2 R \Delta T}{\Delta T} = \frac{3}{2} R, \quad (8)$$

kde  $R$  je molární plynová konstanta, která odpovídá Boltzmannově konstantě pro jeden mol částic plynu.

Podobným způsobem se energie ukládá i do rotačních stupňů molekul. Jen s drobnou změnou - jak rotační, tak vibrační stupně volnosti jsou energeticky kvantovány. Při běžné teplotě jsou obsazeny jen základní vibrace molekuly, a molekula by musela přijmout velké množství energie, aby přešla do vyššího vibračního stavu, proto se vibrační stupně do tepelné kapacity projevují až při vysokých teplotách, případně pro velké molekuly, které mají rozdíly mezi hladinami vibračních energií menší. Naopak přechod mezi jednotlivými rotačními kvantovými stavy vyžaduje mnohem nižší energii, a proto se v tepelných kapacitách uplatní. Pokud jsou vyšší vibrační stavy obsazovány, pak se navíc může uplatnit přídavek energie až  $k_B \Delta T$  pro každý vibrační stupeň volnosti, protože každý z nich přispívá dvěma příspěvkem - kinetickou i potenciální energií. Pro ideální biatomickou molekulu, která je už z principu lineární, tedy platí v případě neobsazení vyšších vibračních stavů:

$$C_V = \frac{\Delta U}{\Delta T} = \frac{3 \cdot 1/2 R \Delta T + 2 \cdot 1/2 R \Delta T}{\Delta T} = \frac{5}{2} R, \quad (9)$$

což platí zhruba pro kyslík a dusík. V případě uplatnění vyšších vibračních stavů pak

$$C_V = \frac{\Delta U}{\Delta T} = \frac{3 \cdot 1/2 R \Delta T + 2 \cdot 1/2 R \Delta T + 1 \cdot R \Delta T}{\Delta T} = \frac{7}{2} R, \quad (10)$$

což platí zhruba pro brom.

U vody jsou rotační stupně tři:

$$C_V = \frac{\Delta U}{\Delta T} = \frac{3 \cdot 1/2 R \Delta T + 3 \cdot 1/2 R \Delta T}{\Delta T} = \frac{7}{2} R \quad (11)$$

$$C_{p,mol} = \left( \frac{\partial Q_{mol}}{\partial T} \right)_p = \left( \frac{\partial H_{mol}}{\partial T} \right)_p \approx \frac{H(T_2) - H(T_1)}{T_2 - T_1} = \frac{\Delta H}{\Delta T} \quad (2)$$

Symbol  $(\partial Q_{mol}/\partial T)_V$  označuje derivaci tepla podle teploty při konstantním objemu. Pravá strana rovnic (1) a (2) totiž platí jen přibližně pro malé změny teploty a energie, nicméně pro naše vysvětlení stačí.  $C_V$  můžeme tedy přibližně určit, poznáme-li vnitřní energii při dvou různých teplotách  $U(T_1)$  a  $U(T_2)$ .

Mezi molárními  $C_{p,mol}$  a specifickými  $c_{p,spec}$  tepelnými kapacitami lze převádět s pomocí molárních hmotností  $M$  dané látky:

$$C_{p,mol} = c_{p,spec} \cdot M_{látky} \quad (3)$$

Pro ideální plyny pak dále platí, že

$$C_{V,mol} = C_{p,mol} - R, \quad (4)$$

kde je  $R$  univerzální plynová konstanta  $R = 8,314 \text{ J}\cdot\text{K}^{-1}\cdot\text{mol}^{-1}$ . Tento převod pramení z rozdílu mezi energiemi, které se v daném prostředí předávají. U konstantního objemu jde o změnu vnitřní energie  $\Delta U$ , kdežto u konstantního tlaku jde o změnu enthalpie  $\Delta H$ , která je definována pomocí

$$\Delta H = \Delta U + p\Delta V, \quad (5)$$

kde  $p$  je okolní tlak a  $\Delta V$  je změna objemu plynu. Pomocí rovnice ideálního plynu a prací pouze s jedním molem pak dostaneme:

$$\Delta H_{mol} = \Delta U_{mol} + R \cdot \Delta T, \quad (6)$$

kde  $\Delta T$  je změna teploty.

Pokud celou rovnici (6) vydělíme teplotou (případně lépe zderivujeme podle teploty), dostaneme díky rovnicím (1) a (2) rovnici (4).

Tabulka 1: Hodnoty tepelných kapacit pro plynné helium, dusík, kyslík a vodní páru při  $0^\circ\text{C}$ .

| plyn             | $c_{p,spec} [\text{J}\cdot\text{g}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}]$ | $C_{V,mol} [\text{J}\cdot\text{mol}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}]$ | $C_{V,mol}/R$ | $C_{V,mol}/R$ z teorie |
|------------------|---|--|---------------|------------------------|
| He               | 5,190   | 12,45  | 1,50          | 1,5                    |
| N <sub>2</sub>   | 1,042   | 20,86  | 2,51          | 2,5                    |
| O <sub>2</sub>   | 0,920   | 21,13  | 2,54          | 2,5                    |
| H <sub>2</sub> O | 1,850   | 24,99  | 3,01          | 3,0                    |

Energii molekuly ukládají do rovnoměrně do svých stupňů volnosti – vždy tři zabere translační pohyb celé molekuly, další dva nebo tři stavy pak odpovídají rotaci lineární, respektive nelineární molekuly, a zbytek stupňů je pak vibračních.

6. Oktaedr (ptal jsem se na tvar (geometrii), nikoli na stechiometrii).

7. a) **a** SnCl<sub>4</sub> – chlorid cínčitý  
**b** Sn – cín  
**f** [Sn(THF)<sub>2</sub>Cl<sub>4</sub>] – komplex tetrachloro-bis(tetrahydrofuran)cínčitý  
**i** SnO<sub>2</sub> – oxid cínčitý  
**j** (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>[SnCl<sub>6</sub>] – hexachlorocínčitan amonný
- b) Vznikají podle stechiometrie Ph<sub>n</sub>SnCl<sub>4-n</sub> (odpověď Ph<sub>4</sub>Sn není úplná).  
c) Kassiterit, SnO<sub>2</sub>.  
d) Ne k EtOH, rozdíl i u H<sub>2</sub>O, jinak ano.  
e) **a** Spiritus fumans Libavii („cínové máslo“ je hydratovaný SnCl<sub>4</sub>; „spiritus“ je použito v obecném smyslu, nikoli „duch“ – Libavius doufejme nikde nestraší)  
**j** Pinková sůl

*Otázka 1 – 5 bodů (drobná chyba v zadání – mělo být A až J – mne vedla k tomu, že jsem za identifikaci I a J neuděloval body; obtížné názvy G a H jsem hodnotil zvlášť), 2 – 0,5 bodu, 3 – 0,5 bodu, 4 – 1 bod (D\* hodnoceno v rámci otázky 1), 5 – 0,5 bodu, 6 – 0,25 bodu a 7 – 4,25 bodu. Celkem 12 bodů.*

**Úloha č. 3: Teploměr****(10 bodů)**

autoři: Karel Berka, Jan Havlík, Peter Košovan

Jak bylo na počátku úlohy řečeno, k jejímu vyřešení se vyplatilo pochopit pojmy tepla a teploty.

Teplo je energie.

Teplota je definována nepřímo. Když jsou dvě tělesa v termodynamické rovnováze, tj. když mezi nimi nedochází k výměně energie ve formě tepla, a přitom je mezi tělesy přenos tepla umožněn, mají stejnou teplotu.

Teploměr, který je ponechán dostatečně dlouho ve svém okolí, se ochladí nebo ohřeje na jeho teplotu, neboť se s ním dostane do termodynamické rovnováhy. Pak ukazuje správnou teplotu.

Na rozdíl od teploměru člověk není se svým okolím v termodynamické rovnováze, ale nachází se v tzv. stacionárním stavu. Na jedné straně biochemické procesy v lidském těle produkují teplo, na druhé straně se tělo ochlazuje výměnou tepla s okolím. Když tyto dva procesy běží stejnou rychlostí, tělo si udržuje konstantní teplotu (která je většinou jiná než teplota okolí). To, jak teplo je člověku, závisí od toho, kolik energie musí vydat na udržení konstantní teploty. Když je ochlazování rychlejší, je nám zima, když tělo produkuje více tepla, než je schopno odvést do okolí, je nám horko.

1. Teploměr pokažený není. Vítr jen zvýšil rychlost tepelné výměny mezi Petrem a chladnějším okolím. Petrovo tělo tedy ztrácí více tepla, než vyrábí a je mu zima.
2. Teplota se nezměnila.
3. Stačilo by, aby Peter nebyl vlhký a byl v teplejším prostředí, než je teplota jeho těla.
4. Kolem Petrova těla je tenká vrstvička vzduchu, která mu slouží jako poměrně slušný izolant proti ztrátám tepla vedením. Pokud začne foukat, Peter tuto vrstvičku začne prouděním ztrácet a začne docházet k vyšším tepelným ztrátám. Výměna tepla prouděním je totiž řádově lepší, než výměna tepla vedením. Husí kůži se snaží tělo udržet tuto vrstvičku tím, že naruší proudění nad povrchem. Už chápete, proč máme psům co závidět jejich srst?
5. Teplota vzduchu se nezměnila. Sluneční záření se ve vzduchu v porovnání s pevnými předměty skoro nepohlcuje. A pevným předmětem je přece i Richard.

6. Teploměr vystavený přímým účinkům slunečního záření ukazuje díky pohlcování slunečního záření i podstatně vyšší teplotu, než teploměr ve stínu, který ukazuje skutečnou teplotu okolního vzduchu. Teploměr v té chvíli není se vzduchem v termodynamické rovnováze.

Poznámka: Pověstný je tím především teploměr doma u Řezanků, který je schopný ukazovat za slunečního zimního dne přes 50 °C.

7. Richard se během jízdy potil a vypařený pot se mu zachytával nejprve o oblečení a až pak utíkal do okolního ovzduší, jak se mohli večer na chatě přesvědčit všichni návštěvníci jeho pokoje. Vlhká tkanina vede podstatně lépe teplo, díky vysoké tepelné vodivosti kapalné vody oproti vzduchu ( $\lambda$  pro kapalnou vodu při 300 K = 606 mW.m<sup>-1</sup>.K<sup>-1</sup> oproti  $\lambda$  pro plynnou vodu při 300 K = 17,9 mW.m<sup>-1</sup>.K<sup>-1</sup>). Dokud tedy Richardovy svaly pracovaly a vyvíjely teplo, tak tepelné ztráty potem navlhkým oblečením nevadily. Ale při zastavení se vyšší tepelná vodivost kapalné vody (a tedy i potu) Richardovi vymstila a ztráty prudce převýšily výrobu tepla. Richardovy svaly se začaly třást, aby rychle vyrobily teplo a při tom se fotit opravdu nedá.
8. Teplejší oděv by mu nepomohl, protože by se při běhu ještě víc zpotil a následné ochlazení by bylo ještě prudší. Na běžky se proto vyplatí lehká větrovka, proti ztrátám tepla prouděním studeného větru. Nicméně pomoci by mohl teplý oděv, schopný odvádět vlhkost od těla do okolí
9. Vlhký vzduch s obsahem vody blízkým tlaku nasycené páry při dané teplotě zabrání odpařování vody z lidského těla. Pokud se část vody odpaří, jiná část z kondenzuje. Tím dojde k navlhnutí oděvu a dál to známe.
10. V heliové atmosféře by nám byla po chvíli mnohonásobně větší zima. Je to způsobeno rozdílnou hmotností helia a dusíku. Helium je sedmkrát lehčí než molekula dusíku, a proto má mnohonásobně vyšší pohyblivost. Díky tomu může jedna molekula častěji narazit do stěn rezervoáru a předat mu (nebo naopak odebrat mu) energii. Z toho vyplývá jeho podstatně vyšší tepelná vodivost ( $\lambda$  pro He při 300 K = 151,3 mW.m<sup>-1</sup>.K<sup>-1</sup> oproti  $\lambda$  pro N<sub>2</sub> při 300 K = 25,8 mW.m<sup>-1</sup>.K<sup>-1</sup>).
11. Molární tepelná kapacita je definována jako množství tepla potřebného na změnu teploty jednoho molu látky o jeden Kelvin. V systému s konstantním objemem přijatému teplu odpovídá nárůst vnitřní energie  $U$ : V systému s konstantním tlakem tomuto teplu odpovídá nárůst entalpie  $H$ .

$$C_{V,mol} = \left( \frac{\partial Q_{mol}}{\partial T} \right)_V = \left( \frac{\partial U_{mol}}{\partial T} \right)_V \approx \frac{U(T_2) - U(T_1)}{T_2 - T_1} = \frac{\Delta U}{\Delta T}, \quad (1)$$