



58. ročník

2021/2022

ŠKOLNÍ KOLO

Kategorie A

Test školního kola – Zadání

60 bodů, 180 minut

**ANORGANICKÁ CHEMIE****16 BODŮ****Úloha 1 Tepelný rozklad solí****6 bodů**

Při zahřívání neznámé oranžové látky (**X**) obsahující dva atomy d kovu z 6. skupiny v maximálním oxidačním čísle byl při cca 180 °C pozorován její rozklad na jeden pevný produkt zelené barvy (**A**) a dva plynné produkty za uvolnění tepla. Jeden z plynných produktů je bezbarvý a chemicky málo reaktivní (**B**) a druhý při snížení teploty z kondenzuje na čirou kapalinu (**C**). Pevný produkt **A** vykazuje amfoterní chování. Částice **A** se v silně bazickém prostředí, např. NaOH, rozpouští na zelený roztok (komplexní částice **D**). Ion kovu z částice **A** v amoniakálním prostředí poskytuje fialový roztok (komplexní částice **E**).

- 1) **Identifikujte látky A-C a napište příslušnou reakci rozkladu včetně jejího obecného tepelného zabarvení. Identifikujte komplexní částici v prostředí hydroxidu (D) a amoniaku (E).**

Rovnice:		
A:	B:	C:
D:	E:	
		body:

Úloha 2**6 bodů**

Komplexy přechodných kovů podléhají termickému rozkladu za vzniku plynných látek a iontových netěkavých produktů.

Napište produkty zahřívání (do cca 600 °C) následujících látek. Výchozí látky pojmenujte.

- 1) $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ (vznik dvou produktů)
- 2) $[\text{Ni}(\text{NH}_3)_6]\text{Cl}_2$ (vznik dvou produktů)
- 3) $\text{ZrOCl}_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$ (vznik tří produktů)

body:



Úloha 3 Rozpustnost solí

4 body

Rozpustnost jodidu stříbrného je $2,17 \times 10^{-6} \text{ g dm}^{-3}$ při 25 °C.

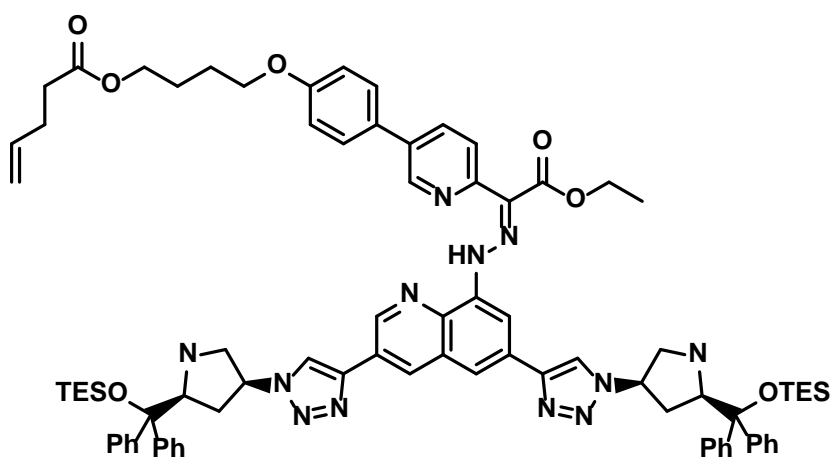
Určete jeho rovnovážnou konstantu K_{sp} . ($\rho_{\text{H}_2\text{O}} = 1,0 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$, $M_{\text{AgI}} = 234,77 \text{ g mol}^{-1}$)

Výpočet:

body:

**ORGANICKÁ CHEMIE****16 BODŮ****Úloha 1 Molekulární katalytický jeřáb****10 bodů**

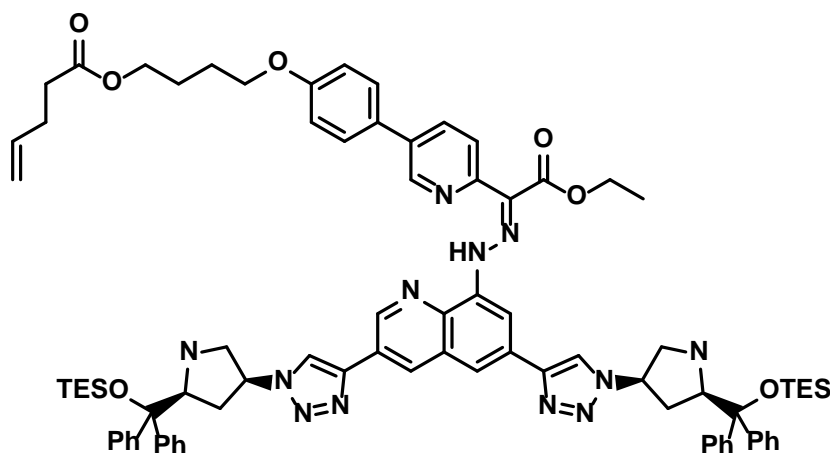
Molekulární stroj zobrazený níže umožňuje provést sekvenci adicí elektrofilu a nukleofilu na substrát připojený na ramenu stroje. Tuto adici dokáže provést s vybranou stereochemií na dvou vznikajících stereogenních centrech. Konfiguraci na jednotlivých centrech definuje poloha ramena při dané adici. Polohu ramena lze pohodlně in-situ přepínat přidáním báze nebo kyseliny.



Ph = fenyl, TES = triethylsilyl

1) Zakroužkujte všechny aromatické části molekuly stroje.

Aromatické systémy:



body:

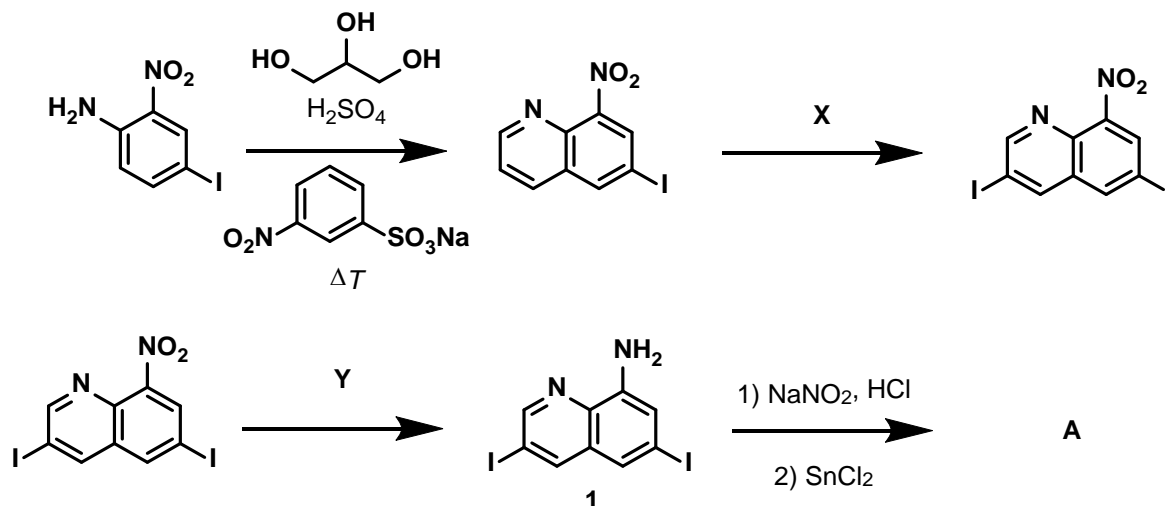


2) Kolik různých heterocyklů molekula stroje obsahuje?

Počet různých heterocyklů:

body:

Podívejme se nyní na syntézu nepohyblivé části (statoru), která vychází z 2-nitro-4-jodanilinu a začíná Skraupovou syntézou chinolinu.



3) Jakou roli hraje v prvním kroku syntézy 3-nitrobenzensulfonát sodný?

Role:

body:

4) Jaká účinná částice musí z reaktantu X vznikat?

Účinná částice:

body:

5) Zakroužkujte činidla, která je možné použít na místě reaktantu X.

- I_2
- NIS (*N*-jodsukcinimid)
- Jodosobenzen (Ph-I=O)
- $\text{AgClO}_4 + \text{I}_2$
- ICl
- $\text{I}_2 + \text{HNO}_3$
- ICl_3
- CuI
- ICN
- I_2O_5

body:

--

6) Jaké podmínky lze použít na místě činidla Y?

Podmínky:
body:

7) Nakreslete strukturu látky, která vzniká z 3,6-dijod-8-aminochinolinu (1) reakcí s dusitanem sodným a kyselinou chlorovodíkovou (předposlední krok).

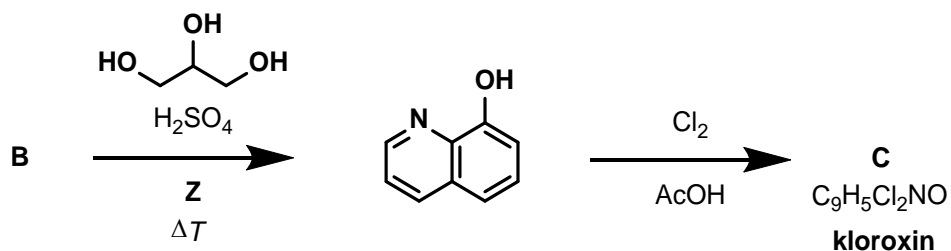
Struktura:
body:

8) Nakreslete strukturu látky A.

Struktura A:
body:



Motiv chinolinu daleko častěji, než v molekulárních strojích uvidíme v léčivech nebo přírodních látkách. My se teď podíváme na syntézu léčiva kloroxinu, která opět začíná Skraupovou syntézou.



9) Nakreslete strukturu látky **B**.

Struktura **B**:

body:

V prvním kroku potřebujeme kromě látky **B**, glycerolu a kyseliny sírové ještě reaktant **Z**. Na jeho místě můžeme použít mnoho látek, ale jedna z nich má oproti ostatním jednu výhodu.

10) Nakreslete strukturu této látky, která je organická, ale zároveň z ní nevzniká žádný organický vedlejší produkt.

Struktura **Z**:

body:



11) Nakreslete strukturu kloroxinu a zdůvodněte regiosektivitu poslední reakce.

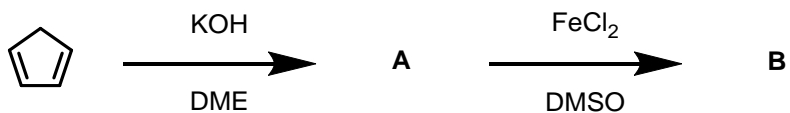
Struktura kloroxinu **C**:

Zdůvodnění:

body:

**Úloha 2 Molekulární nůžky****6 bodů**

Takahiro Muraoka a kolektiv vyvinuli světlem ovladatelné molekulární nůžky, které obsahují jeden zajímavý aromatický systém, na který se teď podíváme podrobněji. Při jeho syntéze se běžně vychází z čerstvě vydestilovaného cyklopentadienu:



DME = 1,2-dimethoxyethan, DMSO = dimethylsulfoxid (rozpuštědla)

1) Nakreslete struktury látek A a B.

Struktura A:

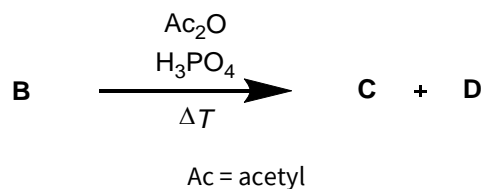
Struktura B:

body:



Navzdory na první pohled překvapivé struktuře se tento aromatický systém chová při elektrofilních substitucích obdobně, jako bychom očekávali u běžných aromátů.

Reakcí aromatického systému **B** s acetanhydridem za katalýzy kyselinou fosforečnou vzniká vedle produktu monosubstituce **C** i produkt dvojnásobné substituce **D**.



2) Nakreslete produkty **C** a **D** a zdůvodněte regioselektivitu vzniku látky **D**.

Struktura **C**:

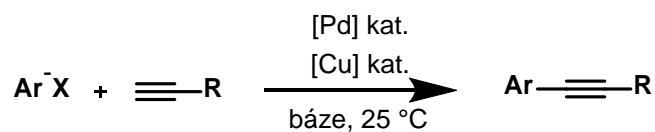
Struktura **D**:

Zdůvodnění:

body:

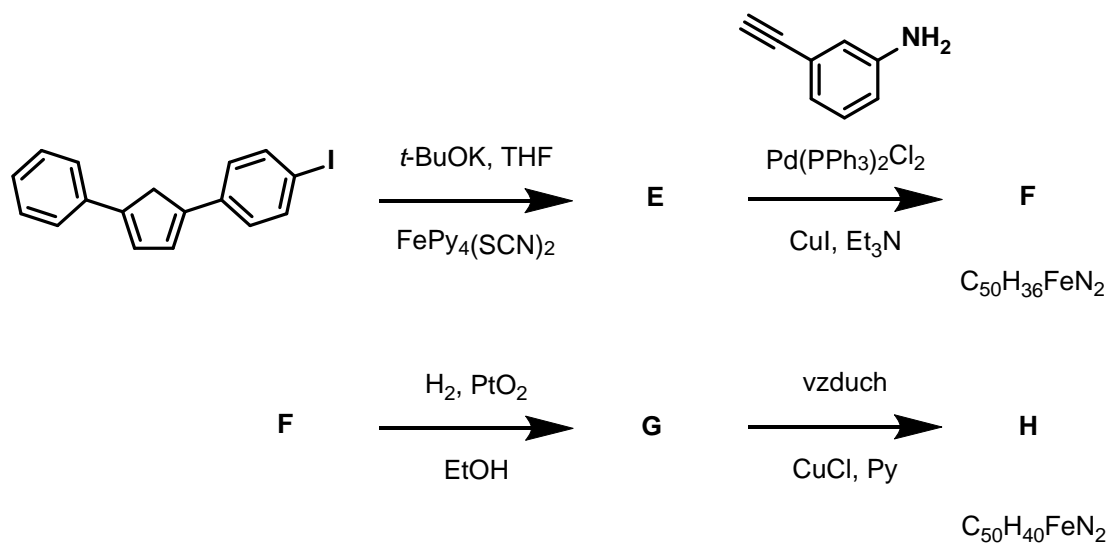


V dalším textu se nám bude hodit znalost Sonogashirovy reakce. Ta probíhá následovně:



Ar je aromát, **R** je typicky aromát nebo vinyl a **X** je chlor, brom, jod, nebo trifluoromethylsulfonyl. Poslední dobou vzniklo mnoho variací tohoto couplingu, které umožňují provést reakci i s jinými substráty nebo bez drahých katalyzátorů.

Samotné molekulární nůžky autoři připravili následující syntézou:



t-Bu = *tert*-butyl, THF = tetrahydrofuran, Py = pyridin, Ph = fenyl

Teoreticky by při syntéze mohly vznikat dva izomery látky **E**. Autoři však pozorovali vznik pouze jedné látky, která nemá rovinu symetrie. (Rovinu symetrie si můžeme představit tak, že molekulu rozřízneme rovinou tak, aby obě části molekuly byly svými zrcadlovými obrazy. Tuto rovinu pak považujeme za rovinu symetrie.)



3) Nakreslete struktury látek E–H. (Pro zjednodušení zápisu struktur můžete využít zkratky Ph = phenyl, nebo Vámi definovaný Ar = aryl a podobně.)

Struktura E:	Struktura F:
Struktura G:	Struktura H:
body:	

4) Jaká funkční skupina je odpovědná za schopnost molekuly H měnit konfiguraci působením světla?

Funkční skupina:
body:

**FYZIKÁLNÍ CHEMIE****16 BODŮ****Vzorečkovník:****Stavová rovnice ideálního plynu**

$$pV = nRT = Nk_B T$$

Raoultův zákon

$$py_i = p_i^0 x_i$$

Antoineova rovnice

$$\ln(p_i^0) = A + \frac{B}{C + t}$$

Henryho zákon

$$p_i = H_i x_i$$

Pákové pravidlo

$$(z_i - y_i)n^{(g)} = (x_i - z_i)n^{(l)}$$

Nejpravděpodobnější rychlost

$$v_p = \sqrt{\frac{2kT}{m}}$$

Průměrná rychlost

$$\bar{v} = \sqrt{\frac{8kT}{\pi m}}$$

Střední kvadratická „rychlost“

$$\overline{v^2} = \frac{3kT}{m}$$

Plocha lichoběžníku

$$S = \frac{(a + c)v}{2}$$

Mezerovitost vrstvy

$$\varepsilon = \frac{V_{\text{void}}}{V} = 1 - \frac{V_p}{V}$$

**Konstanty a převody jednotek:****Termodynamická teplota**

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

Molární plynová konstanta

$$R = 8,31 \text{ J (K}\cdot\text{mol)}^{-1}$$

Boltzmannova konstanta

$$k_{\text{B}} = 1,38 \cdot 10^{-23} \text{ J K}^{-1}$$

Atomová hmotnostní konstanta

$$u = 1 \text{ a. m. u.} \cong 1,66 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$$

Avogadrova konstanta

$$N_{\text{A}} \cong 6,022 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$$

Atmosferický tlak

$$p = 101325 \text{ Pa}$$

Rychlost světla ve vakuu

$$c \cong 2,9979 \cdot 10^8 \text{ m s}^{-1}$$

Hustota vody

$$\rho_{\text{voda}} = 1000 \text{ kg m}^{-3}$$

Hustota ethanolu

$$\rho_{\text{EtOH}} = 789 \text{ kg m}^{-3}$$

Přepočítání elektronvoltu na joule

$$1 \text{ eV} = 1,602 \cdot 10^{-19} \text{ J}$$

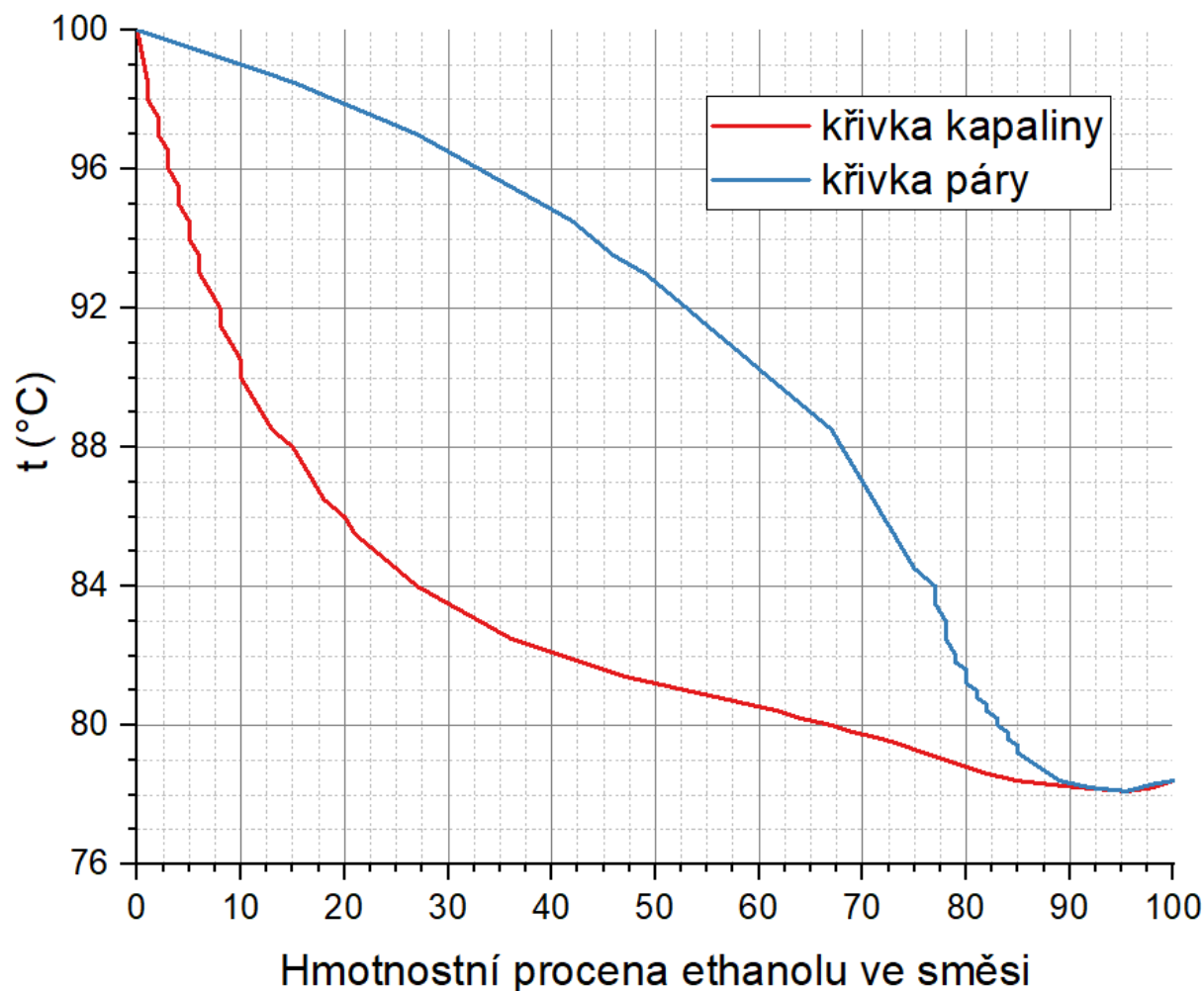


Úloha 1 Moravská

11 bodů

Přestože dělení směsí na základě rozdílné teploty varu je jednou z nepoužívanějších metod separací, velké většině studentů, pedagogů i lidem chemií nepolíbených se vybaví jedna binární směs, na kterou se nyní zaměříme: voda a ethanol.

Příběh, který zde popíšeme, se odehrává každý rok ve spoustě vsí na Moravě i v Čechách. Vše začíná na konci léta sběrem trnek do plastových beček, kde se nechá ovoce napospas úžasným organismům, které „papají cukr a kadí líh“. Po několika týdnech se bečka vezme, odveze do pěstitecké pálenice a její obsah vlije do vsádkového destilačního zařízení. Uvažujme nyní jednu bečku, která obsahuje 80 kg kvasu (kapalného podílu). Kvas si zjednodušíme na binární směs ethanolu a vody s hmotnostním obsahem ethanolu 5 %. V celé úloze předpokládejte, že destilace probíhá za atmosférického tlaku.



Obrázek 1: Graf rovnováhy kapalina-pára pro směs voda-ethanol za konstantního tlaku

--

1) Při jaké teplotě začne kvas vařit?

body:

2) Kolik hmotnostních procent ethanolu bude obsahovat první kapka destilátu?

body:

Vratme se nyní ještě k našemu kvasu. Reálný kvas, který nalijeme z bečky do destilační nádoby začne vařit dříve, než by podle diagramu binární směsi začít vařit měl.

3) Přítomností jaké látky v kvasu je to způsobeno?

body:

Pokud destilace (někdy i opakovaná) proběhne v pořádku, obdržíte svůj destilát v demižonech nebo lahvích, naředěný na požadovanou koncentraci ethanolu (nejčastěji 50 objemových procent). Ze zákona se platí v pálenicích spotřební daň 14 300 Kč za jeden hektolitr čistého ethanolu.

4) Vypočtete, kolik musíme zaplatit spotřební daně za naši bečku. Uvažujte, že během destilace jsme získali veškerý ethanol z kvasu.

body:



Nyní se ještě vraťme na začátek naší destilace a ukažme si, co by se stalo, kdybychom naši směs ohřáli málo nebo moc.

5) Pokud zahřejeme náš kvas na 98 °C, kolik kg kapalného podílu budu mít v rovnováze?

	body:
--	--------------

Pokud však zahřejeme pouze na 80 °C, kvas nebude vařit. Přesto bude existovat rovnováha s párou nad horkým roztokem kvasu.

6) Kolik molárních procent ethanolu by bylo v kapce, která by vznikla kondenzací páry nad kvasem při 80 °C. Tlak sytých par ethanolu při 80 °C je 108 kPa.

	body:
--	--------------

**Úloha 2 Plynový dotazník****5 bodů**

Jelikož tématem letošního ročníku fyzikálně-chemické části jsou plyny, nachystali jsme si pro vás dotazník na témata inspirovaná plynovou tematikou. Všechny otázky mají právě jednu správnou odpověď (Zakroužkujte ji).

1) Ideální plyn...

- a) ...je nestlačitelný
- b) ...je model zanedbávající mezimolekulové interakce
- c) ...zcela přesně popisuje oxid uhličitý při tlaku 10 MPa
- d) ...je v rovnováze s ideální kapalinou

2) Raoultův zákon...

- a) ...je součástí zákoníku práce
- b) ...popisuje vztah mezi složením plynu a kapaliny v rovnováze
- c) ...je platný za všech podmínek
- d) ...popisuje vztah mezi celkovým tlakem a parciálními tlaky složek plynné směsi

3) Nepravděpodobnější rychlost částic plynu...

- a) ...je zároveň nejvyšší rychlostí částic plynu
- b) ...je zároveň nejnižší rychlostí částic plynu
- c) ...je závislá na termodynamické teplotě
- d) ...zhruba odpovídá maximální rychlosti automobilu Nissan 350Z

4) Molární plynovou konstantu lze získat...

- a) ...vynásobením Avogadrovy a Boltzmannovy konstanty
- b) ...vynásobením velikosti elementárního náboje a rychlosti světla
- c) ...vynásobením počtu jablek v písni "Měla babka..." a počtu přirozených družic Marsu
- d) ...vydělením Avogadrovy konstanty Boltzmannovou konstantou

5) Průměrná rychlost atomů xenonu při teplotě 1 K bude přibližně...

- a) ...200 m/s
- b) ...20 km/h
- c) ...asi tisíc
- d) ...20 m/s

body:

**BIOCHEMIE****12 BODŮ****Úloha 1 Párujeme, šroubujeme****7 bodů**

Zatímco primární struktura je dána spojováním nukleotidů kovalentními vazbami, sekundární, terciární i kvartérní struktura je založena na nekovalentních interakcích. Díky tomu mají nukleové kyseliny i biomakromolekuly obecně schopnost citlivě reagovat na fyzikálně-chemické změny a podněty ve svém okolí (za fyziologicky blízkých teplot) a reverzibilně měnit svoji konformaci, čímž mohou předávat informace. Zřejmě nejnámější strukturou nukleových kyselin, ba dokonce tvarem biomolekuly v obecném povědomí, je dvoušroubovice DNA.

- 1) **Komu byla v roce 1962 udělena Nobelova cena za objev struktury dvoušroubovice DNA (nápodoba: křestní jména Francis, James, Maurice)? S touto Nobelovou cenou se často zmiňuje jméno Rosalind Franklinová, která získala klíčová data o struktuře pomocí difrakce rentgenového záření. Víte, proč zrovna ona cenu nedostala?**

Nositelé Nobelovy ceny:

Proč ji Rosalind Franklinová nedostala:

body:

Důležitou roli ve struktuře nukleových kyselin hraje tvorba vodíkových vazeb.

- 2) **Nakreslete strukturní vzorce dvou nejčastějších párů bází (včetně vodíkových vazeb), které se vyskytují ve dvoušroubovici DNA. Tyto dva páry se označují jako kanonické a dvojice bází v nich jako (doplňte: komplementární/koplanární/komplikované/kopulární).**

Vzorci:

Doplňovačka:

body:



Povšimněte si, že báze je takřka planární útvar a při pohledu na bázi se všechny donory a akceptory vodíkových vazeb nacházejí na okraji báze, na takzvaných hranách. Kromě vodíkových vazeb má ale na strukturu nukleové kyseliny velmi významný vliv i nekovalentní interakce „lepící“ k sobě plochy bází.

3) Jak se tato interakce označuje?

Odpověď:	body:
----------	--------------

Není dvoušroubovice jako dvoušroubovice. V případě DNA rozeznáváme tři hlavní typy dvoušroubovice, které se značí jako **A**, **B** a **Z**.

4) K jednotlivým písmenům doplňte následující přívlastky, které srovnávají tyto tři typy dvoušroubovic: levotočivá, nejběžnější v buňkách, největší průměr.

A-DNA:	B-DNA:	body:
Z-DNA:		

Molekuly RNA navzdory tomu, že bývají jednořetězcové, mají také rády dvoušroubovici. Jen si v ní většinou vystačí samy, tzn. jedna část molekuly se spáruje s jinou částí téhož řetězce. Na rozdíl od DNA ale RNA zaujímá téměř výhradně jen jeden typ dvoušroubovice.

5) Jak se tato dvoušroubovice označuje? Které formě dvoušroubovice DNA je podobná?

Typ dvoušroubovice RNA:	body:
Podobnost s kterou formou DNA:	

6) Jakou formu dvoušroubovice tvoří hybridní molekula, kde jedno vlákno tvoří DNA a jedno vlákno RNA? Existuje taková hybridní molekula i v přírodě, nebo se jedná jen o produkt bádání šílených vědců?

Typ dvoušroubovice hybridu RNA a DNA:	body:
Odpověď na původ molekuly:	



Úloha 2 Izostericita

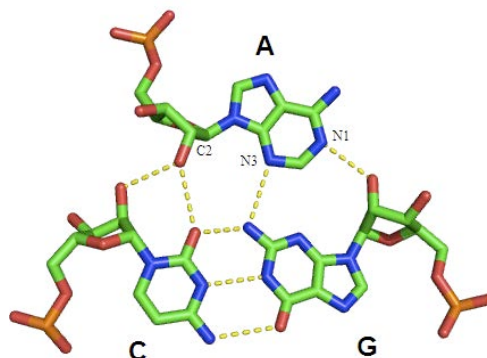
5 bodů

Ve struktuře molekul RNA se často setkáváme s takzvaným principem izostericity. Ten říká, že jestliže určitá skupina nukleotidů (např. pár bází) má jen strukturní funkci, pak je možné tyto nukleotidy nahradit takovou skupinou, která bude mít stejný tvar (včetně směru chodu cukr-fosfátové páteře). Představte si například segment dvoušroubovice obsahující kanonický C:G pár. Ten může být nějakou mutací nahrazen A:U párem, který má takřka totožný tvar, aniž by tato mutace měla nějaký větší dopad na funkci RNA.

- 1) **Vysvětlete, jak princip izostericity souvisí s faktem, že ribozomy prokaryotických organismů vypadají na první pohled tvarově i funkčně velmi podobně, přesto nukleotidová sekvence rRNA napříč organismy není vysoce konzervovaná.**

Vysvětlení:

body:



Obrázek 2: Interakce A-minor typu I. Ve struktuře nejsou zobrazeny atomy vodíku.

- 2) **Přestože mutace C:G páru na A:U pár je izosterická, ukázalo se, že v některých místech rRNA se tato mutace nevyskytuje. Později bylo zjištěno, že daný C:G pár se účastní terciární interakce s adenosinem z jiné části řetězce (Obrázek 2); tato interakce se nazývá A-minor typu I. Vysvětlete, proč v tomto případě není mutace C:G páru na A:U pár povolena.**

Vysvětlení:

body:



- 3) Podívejte se na *Obrázek 2* a určete, kolik vodíkových vazeb celkem by v této geometrii vytvořila DNA. Je A-minor interakce typu I stabilnější v RNA nebo DNA (uvažujte shodné fyziologické podmínky)?

Počet vodíkových vazeb v DNA:

A-minor typu I je stabilnější v:

body:

V RNA je třetím nejčastěji zastoupeným párem bází **G:U**, který bývá označován jako „wobble“. Guanin i uracil v něm používají stejnou hranu, jako používají báze v kanonických párech. Tvarově jim je **G:U** pár velmi podobný, je s nimi téměř izosterický.

- 4) Nakreslete strukturu **G:U** páru včetně vyznačení vodíkových vazeb (nakreslete jen báze, pro zbytek nukleotidu použijte „R“). Mějte na paměti, že prostorové směřování zbytků „R“ ve wobble **G:U** páru musí rovněž být podobné jako v kanonickým párech.

Vzorec:

body:

- 5) Vysvětlete, jestli se princip izostericity uplatňuje i v genomové DNA, tedy jestli platí, že se v DNA běžně vyskytují například mutace **G:C** páru na **A:T** pár, protože to nemění tvar molekuly.

Vysvětlení:

body: