



Korespondenční Seminář Inspirovaný Chemickou Tematikou

Ročník 14 (2015/2016)

Série 3



Chemie je všude: je ve vodě, je v půdě, je ve vzduchu a je i v nás samotných. Veškeré materiály jsou tvořeny chemickými látkami, chemické reakce nám každodenně pomáhají s tvarováním světa kolem sebe a biochemické reakce nás vlastně utvářejí: katalytické reakce umožňují každodenní běh našich těl, neurotransmitery jsou nositeli našich emocí a naše DNA může dát vzniknout novým generacím. Avšak bez porozumění tajemným nebezpečnostvím s chemií spojeným jsme jí vydáni napospas, proto stojí za to ji poznat blíže a hlouběji, aby se stala naším dobrým sluhou a ne obávaným pánem.

Proč řešit KSICHT?

Milí řešitelé, KSICHT je zde již 14 let proto, aby vám ukázal různá zákoutí chemie a přivedl vás k jejich objevování. V průběhu školního roku k vám doputují čtyři brožurky s úlohami z různých oblastí chemie, při jejichž řešení se naučíte mnoho nového a navíc si užijete kopu srandy, protože úkoly jsou mnohdy poněkud... neortodoxní. Prostřednictvím našeho seriálu se pak můžete seznámit s některými velkými chemickými tématy, která se vám pokusíme předestřít stravitelně, zábavně a užitečně. V aktuálním seriálu o RNA tak třeba můžete nahlédnout pod pokličku moderní chemie. V neposlední řadě můžete v každé brožurce sledovat osudy skutečně neohroženého komiksového hrdiny, a sice Zajíčka chemika.

V průběhu ročníku KSICHT pořádá dva výlety, na kterých je možné se setkat s ostatními řešiteli, s organizátory a autory úloh. Celý ročník je zakončen týdenním soustředěním na Přírodovědecké fakultě UK, kde si mimo jiné vyzkoušíte práci v laboratořích a vyslechnete přednášky předních českých a světových vědců.

Mimo to, úspěšní řešitelé získávají i možnost prominutí přijímacích zkoušek na PŘF UK a Univerzitě Palackého v Olomouci¹, a ti nejméně úspěšní z vás mohou dosáhnout na motivační stipendium na PŘF UK nebo VŠCHT.

¹ KSICHT je brán jako předmětová soutěž v chemii podobná olympiádě.

Jak řešit KSICHT?

<http://ksicht.natur.cuni.cz/>

V každé brožurce je pro vás připraveno 5 úloh k vyřešení. Jsou mezi nimi zábavné hříčky i opravdové oříšky. Pokuste se poradit si s nimi, jak nejlépe umíte, ale pokud je nevyřešíte všechny, nic se nestane. Budeme rádi, když nám pošlete odpovědi byť jen na část úkolů, které úloha obsahuje. Dbejte však, aby vaše odpovědi byly srozumitelné a aby bylo zřejmé (zejména u výpočtů), jak jste k řešení dospěli.

Každou úlohu vypracujte **samostatně** na list formátu A4, na němž bude uvedeno **vaše jméno, název a číslo úlohy**. V případě, že posíláte úlohy přes webový formulář, uložte každou úlohu do samostatného souboru PDF.² Pro kreslení chemických vzorců doporučujeme používat programy dostupné zdarma: MDL ISIS/Draw, ChemSketch (freeware s povinnou registrací) nebo Chemtool.

Vypracované řešení úlohy odešlete organizátorům nejpozději do data uvedeného na následující stránce elektronicky nebo papírově (rozhoduje čas na serveru KSICHTu či datum poštovního razítka).

Autoři poté vaše řešení opraví, ohodnotí je a pošlou vám je zpět společně s následující brožurkou a dalšími úlohami k řešení. Řešitelé, kteří získají alespoň 50 % bodů z celého ročníku, obdrží certifikát o úspěšném absolvování semináře.

Celkové pořadí je také kritériem pro účast na závěrečném soustředění.

V případě jakýchkoliv dotazů se na nás neváhejte obrátit na e-mail ksicht@natur.cuni.cz nebo v případě dotazu ohledně úlohy napište autorovi úlohy na jmeno.prijmeni@ksicht.natur.cuni.cz.

Výlet s KSICHTem

Pozor, pozor! I letos se bude konat jarní výlet s KSICHTem. Místo a termín budou upřesněny. Prosíme zájemce, aby se včas zaregistrovali na stránkách KSICHTu³, a to co nejdříve, počet míst je omezen! Informace k výletu budeme na webu průběžně aktualizovat.

² Neposílejte naskenovaná řešení s výjimkou obrázků, text bývá špatně čitelný.

³ <http://ksicht.natur.cuni.cz/akce-ksichtu>

**Termín pro odeslání řešení 3. série:
7. 3. 2016**

Elektronicky (PDF)	Papírově
http://ksicht.natur.cuni.cz/ odeslani-reseni	KSICHT Přírodovědecká fakulta UK Hlavova 2030 128 43, Praha 2

KSICHTÍ desatero řešení úloh

Vzhledem k tomu, že se opakovaně někteří řešitelé dopouští neodpustitelných či méně závažných prohřešků, kvůli kterým zbytečně přicházejí o body, vytvořili jsme pro Vás seznam zásad, kterých je dobré se držet.

1. Jen jeden KSICHT řešiti budeš.
2. Nebudeš si zoufat, že nevyřešíš všechno a správně.
3. Nebudeš se klanět **Güghlu** ni jiným vyhledávačům. Informaci svou si vždy ověříš.
4. Nezkopíruješ **W^kp_ed_{ii}** českou ni anglickou ni v jazyku jiném psanou.
5. Pamatuj na den odeslání, že ti má být svatý. Čtyři týdny řešiti budeš, dne (před)posledního odesláno míti budeš.
6. Cti organizátory své.
7. Neudáš výsledku bez výpočtu.
8. Neopíšeš nadbytek číslic z kalkulátoru svého.⁴
9. Nepožádáš o řešení bližního svého.
10. KSICHTÍ jméno důsledně šířiti budeš.

⁴ Tzv. kalkulátorový syndrom: „Svět byl stvořen za 6,9999999999942 dní.“ Toto není ani správná, ani přesná hodnota.

Úvodníček

Drahé Ksichtáčky, drazí Ksichtáci,

o vědcích se někdy říká, že mají svobodné zaměstnání, protože si sami mohou vybrat, kterých osmdesát hodin týdně stráví prací. Ve skutečnosti to asi tak černé nebude. Je však pravda, že volného času ubývá a málokdo má dnes ještě možnost se mimo povinností věnovat i nějakému plnohodnotnému koníčku. Spousta dříve zcela běžných aktivit je tak skoro na vyhynutí a zaslouží si naši ochranu a péči. Tuto sérii jsme se proto rozhodli věnovat této důležité problematice a povzbudit i vás k tomu, abyste občas odložili povinnosti stranou a pomohli zachovat trochu toho aktivního lenošení i pro budoucí generace.

Čím jiným začít odpočinkovou sérii, než jednou z neklasičtějších deskových her – Dámou. Luděk s Pavlem navíc vylepšili její pravidla tak, aby byla bližší srdci pravého chemika. Doufáme, že se vám bude líbit. Nestárnoucí klasikou kreativního zabíjení volného času jsou také křížovky. Jedna z nich proto nemůže chybět ani v této sérii. Jejím tématem je mléko, ale vy si k ní udělejte spíše pořádně silnou kávu, protože se její řešení může snadno protáhnout. Hned poté se zblízka podíváme na jeden z nejčastějších počítačových úkonů současnosti – psaní smajlíků. Naši speciální chemičtí smajlíci jsou sice poněkud nepraktičtí a trochu nudlovitě protáhli, zato do sebe dokážou zakódovat celé molekuly. Nevěříte? Naučte se to také!

Do druhé půlky brožurky nás doprovodí aktivita zvláště oblíbená mezi babičkami. Vrhne se totiž na pečení, konkrétně se zaměříme na bublavé schopnosti kypřicího prášku. Doufáme, že nám pomůžete odhalit ten nejbublavější. Na závěr série o volnočasových aktivitách jsme si pak logicky ponechali tu nejdůležitější a nejzábavnější z nich: KSICHT. Jeho pravidelná údržba není žádný med a budeme proto rádi, pokud nám pomůžete s chemickou rozborkou a sborkou jeho loga. To je pro tentokrát vše, na vaše kreativní řešení se budeme těšit ještě více, než kdy dřív.

Volnému času zdar a hraní zvláště!

Honza Havlík

Zadání úloh 3. série 14. ročníku KSICHTu

Úloha č. 1: Dáma

(8 bodů)

Autoři: Luděk Míka, Pavel Řezanka



Již několik let mělo metro od her Lud'ka a Pavla pokoj. Ale dnes se to změnilo. Luděk se totiž s Pavlem opět potkal v metru, a protože měl Pavel s sebou jako obvykle periodickou tabulku prvků, neváhal ani jeden z nich a jen co se pozdravili, pustili se do hraní. Tentokrát se rozhodli pro dámu, přičemž hráli Českou dámu podle pravidel České federace dámy s tím rozdílem, že použili pouze p-prvky, tj. herní plochu 6×6. Na ni rozestavili každý jen 6 hracích kamenů, které byly reprezentovány prvky I.A skupiny bez vodíku (Pavlovy kameny) a prvky II.A skupiny (Lud'kovy kameny). Po chvíli dohadování se domluvili, že hrací plochu natočí tak, aby každý z nich měl kámen na prvku z každé skupiny. Kameny pak byly položeny tak, že na nich rostlo protonové číslo spolu s rostoucím protonovým číslem políček. Hrací kameny byly umístěny tak, že byl zakryt jen jeden prvek s třípísmennou značkou. Hrál se na aktuální tabulce podle IUPAC.

1. Nakreslete herní plochu s počátečním umístěním hracích kamenů, a to tak, že pokud na daném políčku leží hrací kámen, napište ho do závorky za příslušný prvek tvořící políčko herní plochy.

V tabulce 1 jsou uvedeny některé tahy, přičemž zápis je psán stylem $A_{xy}: B_{xy} \rightarrow C_{xy}$, kde A je hrací kámen, B je výchozí políčko, C je políčko, na kterém daný kámen skončil, x je číslo tahu a y je buď Lud'kův (L) nebo Pavlův (P) tah. Tahy, ve kterých došlo k sebrání hracích kamenů nebo získání dámy, nejsou nijak odlišeny. Při získání dámy se ponechává pojmenování původního prvku.

2. Identifikujte jednotlivé prvky popsané v tabulce 1, tj. zapište tahy daným stylem $A: B \rightarrow C$, kde za písmena A, B a C doplníte značky příslušných prvků.
3. V tabulce 1 nejsou uvedeny všechny odehrané tahy. Jak podle vás hra dopadla? Kdo vyhrál? Diskutujte.
4. Kolikrát už metro zažilo okamžik, kdy Pavel s Lud'kem vytáhli periodickou tabulku a hráli na ní nějakou hru?

V následujících otázkách pracujte pouze s prvky, které byly použity při hře (ať už jako kameny, nebo jako hrací pole).

5. Mnoho prvků způsobuje charakteristické zbarvení plamene. Vypište všechny tyto prvky spolu s jejich barvami.

6. Prvky, které jsou při laboratorní teplotě kapalné, jsou pouze dva. Jak by to ale vypadalo, kdyby laboratorní teplota byla 30 °C? Které prvky by pak byly kapalné?

Tabulka 1. Popis tahů*

tah	Ludřkovy tahy	Pavlovy tahy
1	prvek s nejmenším protonovým číslem: $B_{1L} \rightarrow C_{1L}$	A_{1P} : $B_{1P} \rightarrow$ prvek, který po vložení do úst roztaje
2	prvek hojně zastoupený v kostech: $B_{2L} \rightarrow$ v přírodě se vyskytují sloučeniny tohoto prvku se zlatem	A_{2P} : tvoří silnou kyselinu $H_2B_{2P}O_4 \rightarrow$ sloučenina $(C_{2P})_2O_3$ je jedovatá
3	A_{3L} : $B_{3L} \rightarrow$ prvek používaný na výrobu polovodičů	A_{3P} : $B_{3P} \rightarrow$ sloučeniny tohoto prvku jsou velmi toxické
4	radioaktivní prvek: $B_{4L} \rightarrow C_{4L}$	radioaktivní prvek: $B_{4P} \rightarrow C_{4P}$
5	A_{5L} : silně radioaktivní prvek \rightarrow stříbrně lesklý prvek	A_{5P} : $B_{5P} \rightarrow$ prvek vyskytující se v plynném skupenství
6	prvek byl objeven v roce 1898: $B_{6L} \rightarrow C_{6L}$	A_{6P} : kapalina \rightarrow prvek byl pojmenován v roce 1798
7	A_{7L} : $B_{7L} \rightarrow C_{7L}$	A_{7P} : $B_{7P} \rightarrow C_{7P}$
8	A_{8L} : prvek používaný na výrobu polovodičů \rightarrow prvek používaný na výrobu polovodičů	prvek, který na vzduchu samovolně vzplane: $B_{8P} \rightarrow C_{8P}$
9	A_{9L} : $B_{9L} \rightarrow$ prvek s jednopísmennou zkratkou	složka sylvínu: $B_{8P} \rightarrow$ prvek byl do roku 2003 pokládán za stabilní
10	A_{10L} : $B_{10L} \rightarrow C_{10L}$	A_{10P} : $B_{10P} \rightarrow$ prvek objevený v roce 1998
11	prvek pojmenovaný podle skotské vesnice: $B_{11L} \rightarrow$ součást lewisitu	A_{11P} : $B_{11P} \rightarrow$ prvek používaný jako mobilní fáze v chromatografii
12	sůl tohoto prvku se používá jako kontrastní látka: $B_{12L} \rightarrow C_{12L}$	A_{12P} : $B_{12P} \rightarrow (B_{12P})_2SO_4$ byl používán jako jed na krysy
13	A_{13L} : $B_{13L} \rightarrow$ prvek objevený v roce 1898	A_{13P} : $B_{13P} \rightarrow$ žlutozelený plyn
14	A_{14L} : 1. sloučenina tohoto prvku připravena v roce 1962 $\rightarrow C_{14L}$	A_{14P} : $B_{14P} \rightarrow$ součást bronzů

* Popisy se vztahují k prvkům použitým při hře, nikoli ke všem prvkům: například první popsáný prvek (prvek s nejmenším protonovým číslem) není vodík, neboť Luděk ho mezi svými hracími kameny nemá. Pokud není uvedeno jinak, fyzikální vlastnosti prvků uvažujte při 101 325 Pa a 0 °C.

Úloha č. 2: Mléčná

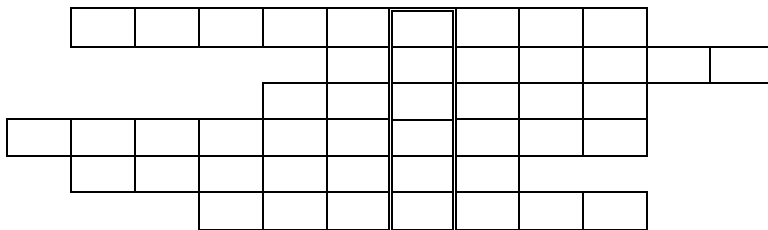
(10 bodů)

Autorka: Anna-Marie Buková



Po prosincových svátcích hojnosti se Zajiček chemik odvážil postavit se na váhu. Ale jaké to překvapení! Ručička je snad nějaká porouchaná... Ale ne, zase bude pár týdnů jen mrkvička. A co kdyby vyzkoušel proteinovou dietu? Ale kde vzít proteiny, jste-li býložravcem, který už má luštěnin a sóji plné zuby? Slepice se k Zajičkovi nikdy nechovaly hezky. Ale kravičky, ty by mu snad pomoci mohly. To by bylo, aby od nich nějaké to mléko nezískal!

1. S využitím nápověd vylustíte následující křížovku. V tajence se ukrývá jedna ze složek mléka, ke které se vztahuje praktická část úlohy.



- Hormon zodpovědný za tvorbu mléka.
 - Enzym katalyzující štěpení mléčného cukru.
 - Prvek hojně zastoupený v mléce.
 - V mléce obsažený glykoprotein schopný vázat železo, které se tak stává nedostupným pro bakterie.
 - Protein, podle kterého je pojmenováno mléko savců s jednoduchým žaludkem.
 - Jedna ze schopností organismu, pro kterou má mateřské mléko zásadní význam.
2. Vaším praktickým úkolem bude izolovat z mléka složku, jejíž název byl ukryt v tajence. Nejprve zahřejte 100 ml odtučněného mléka tak, aby se na jeho povrchu vytvořil škraloup. Ten opatrně sejměte a mléko okyselte octem (budete potřebovat přibližně 3 až 4 lžičky). Nechte mléko asi 10 minut odstát

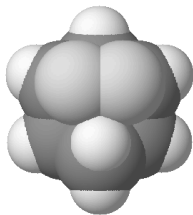
a pak ho zfiltrujte. Vzniklou sraženinu důkladně vysušte a zvažte. Pošlete nám její fotku⁵, na které bude společně s aktuální brožurkou.

3. Spočtete výtěžek své preparace, víte-li, že mléko ve 100 g obsahuje průměrně 3,3 g bílkovin. Předpokládejte, že složka představuje 100 % sraženiny a 80 % všech mléčných proteinů. Hustota mléka je 1030 kg/m³.
4. S ohledem na výše uvedený návod popište podstatu jednotlivých kroků preparace. Jaké látky jsou obsaženy ve filtrátu?
5. Izolovaná složka se v kravském mléce vyskytuje ve formě čtyř frakcí. Každá z nich je schopna na svůj povrch vázat vápník, přičemž množství navázaného vápníku závisí na počtu fosfoproteinových zbytků v molekule. Uveďte, o jaké frakce se jedná a seřadte je podle klesající schopnosti vázat vápník.
6. Proč je důležité, aby byl vápník v mléce navázan na protein? Co by se s vápníkem stalo, pokud by na bílkovinu navázan nebyl?
7. *Panečku, to jsem si to vybral potravinu. Tak dobrá a tolik bílkovin a minerálů! To už snad ani nebudu jíst nic jiného...*
8. Zkuste se zamyslet nad Zajíčkovým nápadem pít pouze kravské mléko. Opravdu je tak dobrý, jak se Zajíček domnívá? Diskutujte, proč by Zajíček měl své rozhodnutí zvážit.

⁵ Fotky o velikosti maximálně 4 MB s názvem „prijmeni_jmeno“ pošlete na email bukovaa@natur.cuni.cz.

Úloha č. 3: Chemické úsměvy**(10 bodů)**

Autoři: Stanislav Geidl, Radka Svobodová-Vařeková, Karel Berka



Studium chemie může přivodit spoustu úsměvů, když se něco konečně podaří. Určitě tomu tak bude i poté, co vyřešíte tuto úložku. A teď už úsměv, totiž SMILES!

SMILES je zkratka pro „zjednodušenou molekulární specifikaci pro vstupní řádky“ (angl. Simplified Molecular Input Line Entry Specification). Používá se v počítačovém zápisu molekul například pro medicínskou a počítačovou chemii a především v chemoinformatice.⁶ Tento počítačový formát molekuly jsme na rozdíl od jiných složitějších formátů schopni přečíst i my, smrtelníci, a ne jen počítače. O tom, že na něm není nic těžkého, se za chvíli přesvědčíte i Vy.

Pro zápis atomů v molekulách používáme značky **prvků** (B, C, N, O, P, S, F, Cl, Br, I, ad.). Implicitní vodíky neuvádíme, ty se dopočítávají podle vaznosti. U **vazeb** je to podobné, základní jednoduchá vazba není zobrazena, pro dvojnou, trojnou a čtvernou vazbu se pak používá symbolů =, # a \$. Ukážeme si to na několika jednoduchých molekulách uvedených v tabulce 1.

Tabulka 1. SMILES zápisy několika jednoduchých molekul

SMILES	Název	SMILES	Název
C	methan	CC	ethan
C=CC=C	buta-1,3-dien	C#N	kyanovodík

- Napište SMILES pro následující molekuly a uveďte, kolik vodíků jsme nemuseli psát:
 - hex-1-en,
 - ethanol,
 - 3-chlorprop-1-yn.

Zatím se to zdá být lehké, ale komplikace nastávají, když se řetězec atomů v molekule větví nebo se dokonce uzavírá cyklus. **Větvění** je naznačeno jednoduchými závorkami, např. 2-methylpropan zapíšeme jako CC(C)C nebo 2,2-dimethylpropan jako CC(C)(C)C. Všimněte si, že methylové skupiny jsou v těchto SMILES notacích zapsány v závorkách. Závorky můžeme kombinovat s vazbami třeba v kyselině mravenčí C(=O)O. Nebo můžeme závorky vnořovat,

⁶ Chemoinformatika je věda zabývající se použitím inforatických nástrojů pro řešení chemických problémů. Více na stránkách <http://ncbr.muni.cz/chemoinformatics>.

2-methyl-3-ethylhexan by pomocí SMILES mohl vypadat třeba takto CCC(C(C)C)CCC. Označení **cyklů** je vyřešeno pomocí čísel, první cyklus bude mít 1, druhý 2, atd. Pomocí čísla pak stačí označit první a poslední atom cyklu a je hotovo. Jednoduchým příkladem může být cyklohexan C1CCCCC1, šest uhlíků, první spojen s posledním do kruhu. **Aromaticita** je v tomto formátu jednoduše znázorněna tak, že aromatické atomy jsou psány malými písmeny, takže benzen je c1ccccc1.

2. Zapište SMILES pro tyto molekuly:

- trichlorethanová kyselina,
- isopropylcyklopentan,
- pyridin,
- 1,3,5-trichlorbenzen.

Na internetu najdete velké množství služeb, které vám dovoluji pracovat se SMILES a které dokáží počítat vlastnosti a kreslit obrázky. Příkladem může být web MOLINSPIRATION,⁷ kde jednoduše vložíte SMILES a kliknete na tlačítko „Calculate Properties“ a hned se o své molekule dozvíte spoustu informací, včetně vzorce, jedinečného SMILES (miSMILES), rozdělovacího koeficientu oktanol-voda popisujícího míru lipofility nebo hydrofility molekuly (miLogP) a molekulové hmotnosti (MW).

3. Doplňte následující tabulku a určete, která z uvedených látek je nejvíce lipofilní.

Hledaná látka	Název	miSMILES	miLogP	MW
<chem>CC(=O)N</chem>				
fenol				
<chem>Cn1cnc2n(C)c(=O)n(C)c(=O)c12</chem>				

Teď už zápis molekul do SMILES zvládáte, takže můžeme přejít ke složitějším otázkám.

⁷ <http://www.molinspiration.com/cgi-bin/properties>

4. Doplňte místo každého otazníku vždy jeden znak, tak aby výsledný SMILES odpovídal popisu a pojmenujte tyto sloučeniny:
- Nc1????c2c1ncn2 je nukleová báze,
 - c1cccc?c?cccc2 je bílá krystalická a aromatická látka, která se používá k odpuzování šatních molů,
 - c1cc(O)ccc1N?(?)? je účinná látka léků tišících bolest,
 - Nc1cccc2c1?(=?)?? ?(=?)2 je látka schopná luminiscence,
 - O=C?????N? je výchozí látkou pro výrobu významného polymeru.
5. Ke sloučeninám z otázky 4 zodpovězte následující doplňující otázky:
- S kterou bází v DNA se páruje látka 4a) a kolika vodíkovými vazbami?
 - Napište schéma jednoho způsobu přípravy látky 4b).
 - Uveďte mechanismus účinku látky 4c) na organismus.
 - Luminiscence látky 4d) je využívána kriminalisty k detekci jisté látky na místě činu; uveďte kromě této látky i kov, který je za to zodpovědný.
 - Kolik píků se vyskytuje ve vodíkovém NMR spektru látky 4e)? Kolik píků by obsahovala vodíková NMR spektra ketonu a oximu, z nichž lze látku 4e) připravit? Jak se tato reakce jmenuje?
6. Pošlete nám jednořádkový SMILES jedné sloučeniny stabilní na vzduchu při 20 °C, kterou máte rádi, o maximální délce 20 znaků. Bodově budou hodnoceny jen nejunikátnější látky (tj. ty, které dorazí pouze jednou).

Úloha č. 4: Pečivoprášková

(12 bodů)

Autor: Luděk Míka



Nikdy, opakuji, NIKDY nechoďte nakupovat s organizátory KSICHTu. Mohli byste se dozvědět věci, které jste nikdy vědět ani nechtěli. A hlavně pokládají velmi zajímavé otázky, které by vás samotné ani nenapadly.

Při poslední návštěvě obchodu s potravinami mi padl zrak na regál označený jako potřeby na pečení. Původním úkolem bylo koupit prášek do pečiva, ale v regále se skvělo několik pestrobarevných pytlíčků s obrázkem nejrůznějších bábovek. Pytlíčky měly prakticky stejnou hmotnost obsahu, ale cena nejdražšího z nich byla několiknásobkem ceny toho nejlevnějšího a nikde nebylo uvedeno, kolik NaHCO_3 který prášek obsahuje. A teď, babo rad', který koupit. Vyplatí se investovat do dražšího kypřicího prášku renomované značky? S touto myšlenkou jsem vzal po třech pytlíčcích od každého výrobce a zamířil do své kuchyňské laboratoře...

Nejprve se zaměříme na to, proč se kypřicí prášek do těsta přidává.

1. Napište, jakou má kypřicí prášek v těstě funkci.
2. Dokažte to vyčíslenou chemickou rovnicí.
3. Jak by se choval kypřicí prášek, kdyby do něj byl při výrobě přidán místo hydrogenuhličitanu sodného uhlíčan sodný?

Kromě hydrogenuhličitanu sodného se při pečení (hlavně v cukrářství) používá i jiná sloučenina.

4. Napište, o jakou látku se jedná a jaké má výhody oproti hydrogenuhličitanu.
5. Popište rozklad této látky při pečení chemickou reakcí.

Vaším hlavním úkolem ale nebude nic jednoduššího, než v naprosto domácích podmínkách zjistit, který kypřicí prášek je nejlepší. Za nejlepší budeme považovat ten kypřicí prášek, který obsahuje nejvíce hydrogenuhličitanu sodného, a tedy vytvoří bábovku o největším objemu.

6. Napište, jak byste stanovili množství hydrogenuhličitanu sodného v kypřicím prášku titrací v laboratoři. Vyjmenujte chemikálie, které budete potřebovat. (Standardizaci odměrného roztoku ignorujte.)

Vzhledem k tomu, že absolutní většina z vás doma nemá byretu ani potřebné chemikálie, je potřeba vymyslet takovou metodu, která se dá provést i v běžně vybavené kuchyni. Nejjednodušší metodou bude měření objemu plynu, který vznikne při reakci hydrogenuhličitanu s kyselinou.

7. Napište reakci hydrogenuhličitanu sodného s kyselinou octovou.

Při této reakci se uvolňuje nemalé množství plynu, pro jednoduchost budeme předpokládat, že tento plyn je nerozpustný ve vodě. (Vzhledem k podmínkám experimentu tím nezpůsobíme významnou systematickou chybu měření.)

8. Vypočtete, jaký objem plynu se uvolní z 1 g hydrogenuhličitanu sodného při jeho reakci s kyselinou. Počítejte s teplotou a tlakem, který panuje v době experimentu.

9. Navrhněte aparaturu na změření objemu plynu vznikajícího při reakci prášku do pečiva, sestávající z předmětů nacházejících se v domácnosti. Aparaturu nakreslete, popište jednotlivé části a způsob jejího použití. Obzvláště nás zajímá přesné měření objemu.

Nyní je potřeba obstarat si materiál. Sežeňte si po dvou pytlíčcích kypřicího prášku od alespoň tří různých výrobců a lahev octa (8% roztok kyseliny octové).

Sestavte aparaturu dle svého návrhu a určete objem plynu, který se uvolní při reakci kypřicího prášku s octem. Jeden pytlíček kypřicího prášku nechte zreagovat se 100 ml octa. S kypřicím práškem od každého výrobce proveďte dvě měření, pro následné výpočty použijte průměrnou hodnotu objemu z obou měření.

Nakreslete tabulku, do ní запиšte naměřené hodnoty, hmotnosti jednotlivých kypřicích prášků a jejich cenu.

10. Na základě změřených objemů vypočtete pro každý typ kypřicího prášku hmotnost hydrogenuhličitanu sodného v jednom pytlíčku. (Nezapomeňte do výpočtu zahrnout atmosférický tlak a teplotu, při které jste experiment prováděli.)

11. Vypočtete obsah hydrogenuhličitanu sodného v jednotlivých kypřicích práscích vyjádřený v hmotnostních procentech.

12. Vypočtete, kolik korun stojí 1 g NaHCO_3 v kypřicích práscích od jednotlivých výrobců. Porovnejte to s cenou hydrogenuhličitanu sodného v kvalitě p.a. od libovolného českého dodavatele chemikálií.

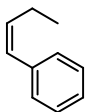
13. Diskutujte přesnost výsledků vašeho měření a napište, kde mohlo dojít k chybám.

14. Pošlete mi fotku použité aparatury a fotky pytlíčků zkoumaných kypřicích prášků.⁸

⁸ Fotky pošlete e-mailem na adresu ludek.mika@ksicht.natur.cuni.cz. Do předmětu uveďte „kypřicí prášek“ a své jméno. (Ne vždy jde z e-mailové adresy dešifrovat jméno odesílatele.)

Úloha č. 5: Logohrátky**(10 bodů)**

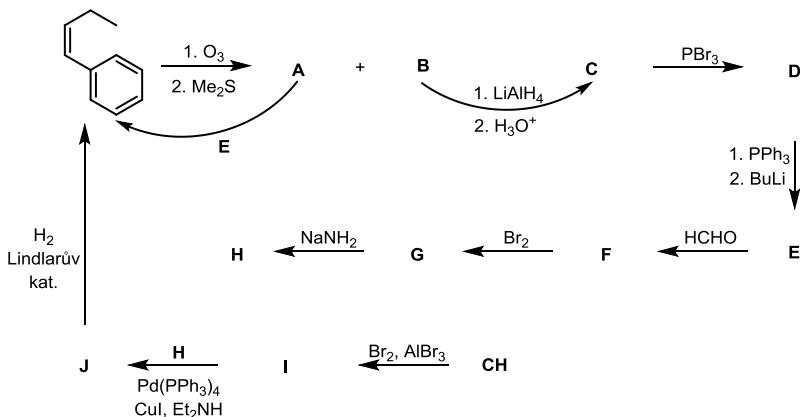
Autor: Michal Řezanka



Psal se konec roku 2006 a řešitelé KSICHTu obdrželi do svých rukou brožurku, ve které se druhá úloha zabývala ozonolýzou tehdy nedávno vyměněného loga KSICHTu.

S letošním ročníkem KSICHTu opět přišlo i nové logo. Abyste si na něj lépe zvykli a objevili všechna jeho skrytá zákoutí, jsou tu pro Vás připraveny logohrátky.

1. Ve schématu níže doplňte sloučeniny **A-J**.



- V reakci z **A** s pomocí **E** na logo je jeden zádrhel. Jaký?
- Po kterém slavném chemikovi je pojmenována reakce z **I** na **J**? A po kterém reakce z **E** na **F** (a též z **A** na logo)?
- Jak by se změnil produkt v reakci z **J** na logo, pokud bychom místo Lindlarova katalyzátoru použili 10% palladium na aktivním uhlí?
- V úvodu bylo vzpomínáno logo KSICHTu z roku 2005, které jsme používali až do roku loňského. Před tímto logem však KSICHT měl ještě loga dvě. Jaká jsou jména autorů všech čtyř KSICHTích log (tedy log z let 2002–2003, 2003–2005, 2005–2015 a současného loga)?

Řešení úloh 2. série 14. ročníku KSICHTu

Úloha č. 1: Mart'anská šifra

(5 bodů)

Autor: Jiří Kolář

1. Po přeložení do ASCII nalezneme ve vnitřním kruhu písmena ze dvojice slov DEOXYRIBONUKLEOVÁ KYSELINA, písmena hledáme po směru hodinových ručiček a vždy ukáží jedno písmeno tajenky ve vnější oblasti.

Tajenka zní: Proč Heisenberg nejezdí auty

2. Odpověď: Protože by se ztratil, hned jak by vyjel. Narážíme na Heisenbergův princip neurčitosti. Pokud známe hybnost (rychlost) elektronu, tak nedokážeme přesně určit jeho polohu.
3. Mark zvolil hexadecimální soustavu z několika důvodů. Potřeboval dobře rozlišovat, na který symbol kamera ukazuje, ale zároveň bylo potřeba přenést zprávu co nejrychleji. Navíc bylo vhodné použít dobře známé kódování, aby nemusel NASA nic zdlouhavě vysvětlovat. Kruh kolem kamery tak mohl rozdělit pouze na 16 výsečí namísto 26, kdyby chtěl použít rovnou písmena abecedy. Snadněji tak odhadoval, na který symbol kamera ukazuje. A jedno písmeno získal po dvou přenosech. Rozdělovat kruh na méně výsečí, užít tedy číselnou soustavu o méně symbolech by již nebylo praktické, protože by při dvou přenosech na písmeno nemohl použít tabulku ASCII, která je velmi rozšířená a popisuje kódování z hexadecimální soustavy do písmen abecedy.
4. Čtyřková soustava je užita pro uložení informace v DNA/RNA. Je založena na 4 bazích, A,T/U,C,G. Jednotkou informace je jeden kodon, tedy trojice bazí. A tato trojice může nabývat až 4^3 , tedy 64 různých hodnot, pokud rozlišujeme pořadí bazí. Více najdete v KSICHTím seriálu.
5. Lepicí páska neboli duck tape.

*Otázka 1 – 2,5 bodu, 2 – 0,5 bodu, 3 – 0,75 bodu, 4 – 0,75 bodu, 5 – 0,5 bodu.
Celkem 5 bodů.*

Úloha č. 2: Energie 3× jinak

(11 bodů)

Autor: Pavel Řezanka

- a) Mars je dále od Slunce než Země, proto na něj dopadá méně slunečního záření.

b) Pro výpočet slunečního výkonu dopadajícího na povrch Marsu je třeba znát střední vzdálenost Země a Marsu od Slunce, přičemž výkon klesá se čtvercem vzdálenosti.

c) Při výpočtu je třeba uvažovat i pohlcení části slunečního záření v atmosféře jednotlivých planet a různý sklon povrchu v místě dopadu záření.
- Získávání energie pomocí solárních panelů na bázi polovodičů je založeno na fotoelektrickém jevu, při kterém dochází k vyražení elektronu z valenční slupky atomu po dopadu fotonu.
- Fotoelektrický jev byl poprvé pozorován A. E. Becquerelem v roce 1839. Nobelovu cenu za vysvětlení fotoelektrického jevu obdržel v roce 1921 Albert Einstein.

4. RTG je zkratka pro radioizotopový termoelektrický generátor.

5. Produktem radioaktivního rozpadu je ^{234}U a alfa částice.

$$^{238}\text{Pu} \rightarrow ^{234}\text{U} + \frac{4}{2}\alpha$$

6. $m(^{238}\text{Pu}) = 2,6 \text{ kg}$

$$u = 1,660538921 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$$

$$m(^{238}\text{Pu}) = 238,049553 \text{ u}$$

$$m(^{234}\text{U}) = 234,0409468 \text{ u}$$

$$m\left(\frac{4}{2}\alpha\right) = 4,001506179 \text{ u}$$

$$\Delta m = 1,178986121 \cdot 10^{-29} \text{ kg}$$

$$E = m \cdot c^2 = 1,05962 \cdot 10^{-12} \text{ J}$$

$$t = 1,025957176 \text{ pozemského dne}$$

$$\tau = 87,7 \text{ roku} = 32032,425 \text{ pozemského dne}$$

$$N_0 = N_A \cdot m/M = 6,022140857 \cdot 10^{23} \cdot 2600/238,049553 = 6,57744 \cdot 10^{24}$$

$$N = N_0 \cdot e^{-\lambda t}, \lambda = \frac{\ln 2}{\tau}$$

$$N = 6,57744 \cdot 10^{24} \cdot e^{-\ln 2 \cdot 1,025957176/32032,425}$$

$$N = 6,57729 \cdot 10^{24}$$

$$\Delta N = N_0 - N = 1,46022 \cdot 10^{20}$$

$$E_N = E \cdot \Delta N = 154727333,5 \text{ J}$$

$$t = 1,025957176 \text{ pozemského dne} = 88642,7 \text{ s}$$

$$P = E/t = \mathbf{1746 \text{ W}}$$

7. V RTG se používá PuO_2 .

$$P(\text{PuO}_2) = P \cdot M(\text{Pu})/M(\text{PuO}_2) = \mathbf{1539 \text{ W}}$$

Výkon 2,6 kg PuO_2 je tedy 1539 W, což odpovídá hodnotě v uvedeném úryvku.

8. Lithium-thionylchloridové baterie mají oproti ostatním bateriím velmi nízký vybíjecí proud, což jim zajišťuje dlouhou životnost. Mohou také fungovat při větším rozsahu teplot ($-80 \text{ }^\circ\text{C}$ až $150 \text{ }^\circ\text{C}$), jsou nehořlavé, odolné proti vlhkosti. Vysoká energetická hustota umožňuje nepřetržitý provoz po dobu až 40 let.
9. Mezi nevýhody tohoto typu baterií patří jedovatost obsažených sloučenin, reaktivita obsažených sloučenin s vodou a nebezpečí výbuchu při zkratu baterie.
10. Lithium-thionylchloridovou baterii vyrobil poprvé Adam Heller v roce 1973.
11. Anodu tvoří lithium, katodu thionylchlorid, elektrolytem je tetrachlorohlinitan lithný.

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

Úloha č. 3: Bude co jíst?

(12 bodů)

Autorky: Anna-Marie Buková a Tereza Frýdová

1. Denní produkce na m^2 nutná pro získání Leninova řádu:

$$30\,000 / 10\,000 \times 365 = 8,2 \text{ g brambor}$$

$$\text{Marťanova denní produkce na } m^2: 150 / 62 \times 400 = 6,0 \text{ g brambor}$$

K získání Leninova řádu by Marťan potřeboval vypěstovat 8,2 g brambor na metr čtvereční denně. Jeho produkce je však nižší, proto by se ocenění nedočkal.

2. $E_{\text{brambor}} = 770 \text{ kcal/kg}$, $E_{\text{luštěnin}} = 3400 \text{ kcal/kg}$

Z uvedeného vyplývá, že energetická hodnota luštěnin je více než čtyřnásobná oproti energetické hodnotě brambor.

Další faktory: výnos, tj. hmotnost jednotlivých plodin, které jsme schopni získat z dané plochy, náročnost na vodu, náročnost na živiny přítomné v substrátu...

Uznávány budou všechny správně okomentované relevantní faktory. Uznává se kterákoliv plodina, kterou by se řešitel rozhodl pěstovat, pokud bude řešení v souladu s faktory, které uvedl. V případě srovnávání energetických hodnot vztahených na hmotnost se uznávají hodnoty blízké hodnotě uvedené, nikoliv hodnoty cca čtyřikrát menší (to je energetická hodnota namočených luštěnin, nás zajímá energetická hodnota plodin v suchém stavu).

3. 288 kcal brambor = 3,74 g (288 / 0,77)

základní živiny = sacharidy, lipidy a proteiny

$$\text{množství sacharidů v 288 kcal molekul brambor} = (374 / 100) \times (16,6 + 0,6) = 64,33 \text{ g}$$

$$\text{množství lipidů v 288 kcal brambor} = (374 / 100) \times 0,2 = 0,75 \text{ g}$$

$$\text{množství proteinů v 288 kcal brambor} = (374 / 100) \times 2,1 = 7,85 \text{ g}$$

$$\text{množství vitamínu C v 288 kcal brambor} = (374 / 100) \times 16 = 59,84 \text{ mg vitamínu C}$$

$$\text{počet částic} = (m / M) \times N_A = (0,05984 / 176,12) \times 6,022 \times 10^{23} = 2,05 \times 10^{20} \text{ molekul}$$

Analogický postup použijeme při výpočtu množství částic ostatních vitamínů a minerálů.

Počet částic pyridoxinu (vitamínu B₆) = $4,13 \times 10^{18}$ molekul, thiaminu (vitamínu B₁) = $1,78 \times 10^{18}$ molekul, riboflavinu (vitamínu B₂) = $1,20 \times 10^{17}$ molekul, niacinu (vitamínu B₃) = $1,10 \times 10^{19}$ molekul, Na = $6,86 \times 10^{20}$ atomů, K = $2,07 \times 10^{22}$ atomů, Ca = $3,37 \times 10^{20}$ atomů, Mg = $1,30 \times 10^{21}$ atomů,

$P = 2,69 \times 10^{21}$ atomů, $Fe = 1,61 \times 10^{19}$ atomů, $Cu = 2,84 \times 10^{18}$ atomů,
 $Zn = 1,38 \times 10^{19}$ atomů, $Mn = 4,10 \times 10^{18}$ atomů.

Nejvíce zastoupen co do počtu částic je draslík.

4. Vitaminová tableta by měla obsahovat minimálně 1,5 g draslíku, 1,3 g sodíku, 775 mg vápníku, 250 mg hořčíku, 900 mg fosforu, 8,5 mg železa, 13,5 mg zinku, 100 mg jodu a stopová množství dalších prvků (Se, F, Co, Cr, ...). Dále 15 mg vitamínu E, 2 mg karotenu, 1 mg vitamínu K, 8 mg vitamínu B₅, 1 mg vitamínu B₉, vitamín B₁₂ a D (potřebné množství je dost individuální), 0,2 mg vitamínu H, 15 mg = vitamínu C, 1 mg pyridoxinu, 0,7 mg thiaminu, 1,5 mg riboflavinu a 15 mg niacinu.
5. $12 \text{ h} = 5 \text{ metrů čtverečních} \Rightarrow 1 \text{ metr čtvereční} = 2,4 \text{ h práce}$
celkový počet hodin strávených prací = $2,4 \times 62 = 148,8$
energetická ztráta = $148,8 \times (380 - 100) = 41\,664 \text{ kcal}$
teoretický energetický zisk = 115 500 kcal
reálný energetický zisk = $115\,500 - 41\,664 = 73\,836 \text{ kcal}$
Marťanův reálný energetický zisk je kladný, což znamená, že se mu vyplátí vynaložit energii na pěstování brambor.
6. Nejvyšší vypěstovanou rostlinu nám zaslal Radovan Bakalár.



7. Bodovány byly všechny relevantní odpovědi.

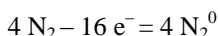
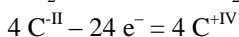
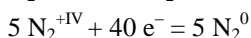
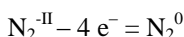
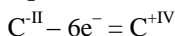
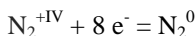
Otázka 1 – 1 bod, 2 – 1,3 bodu, 3 – 3 body, 4 – 0,4 bodu, 5 – 1 bod, 6 – 5 bodů, 7 – 0,3 bodu. Celkem 12 bodů.

Úloha č. 4: Výroba vody po Marsovsku**(11 bodů)**

Autorka: Petra Hrozková

- $2 \text{H}_2 + \text{N}_2 = \text{N}_2\text{H}_4$
- Slitina Ce, La, Nd a Pr
- na anodě: $\text{Ni}(\text{OH})_2(\text{s}) + \text{OH}^-(\text{aq}) = \text{NiO}(\text{OH})(\text{s}) + \text{H}_2\text{O} + \text{e}^-$
na katodě: $\text{M}(\text{s}) + \text{H}_2\text{O} + \text{e}^- = \text{MH}(\text{s}) + \text{H}_2\text{O} + \text{OH}^-(\text{aq})$
reakce: $\text{Ni}(\text{OH})_2(\text{s}) + \text{M}(\text{s}) = \text{NiO}(\text{OH})(\text{s}) + \text{MH}(\text{s})$ (ve směru nabíjení)

- Reakce $5 \text{N}_2\text{O}_4 + 4 \text{N}_2\text{H}_3\text{CH}_3 = 9 \text{N}_2 + 4 \text{CO}_2 + 12 \text{H}_2\text{O}$



Výpočet reakční enthalpie:

$$\Delta H_r = \sum \Delta H_{\text{produkt}} - \sum \Delta H_{\text{reaktant}}$$

$$\Delta H_r = (9 \cdot 0 + 4 \cdot (-394) + 12 \cdot (-242)) - (5 \cdot 9 + 4 \cdot 54) \text{ kJ/mol} = -4741 \text{ kJ/mol}$$

- $m = 100\,000 \text{ kg}$

$$a = 2 \text{ mm/s}^2$$

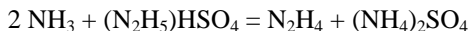
$$W = F \cdot s = m \cdot a \cdot s = (100\,000 \cdot 2 \cdot 10^{-3} \cdot 10) \text{ J} = 2000 \text{ J}$$

$$\Delta W = \Delta Q$$

$$\text{a) pro } 54,5 \cdot 10^6 \text{ km } m = \frac{(10^5 \cdot 2 \cdot 10^{-8} \cdot 5,45 \cdot 10^{10} \cdot 46,01717 \cdot 10^{-8})}{4741 \cdot 10^8} \text{ kg} = 1,05 \cdot 10^5 \text{ kg}$$

$$\text{b) pro } 401 \cdot 10^6 \text{ km } m = \frac{(10^5 \cdot 2 \cdot 10^{-8} \cdot 40,14 \cdot 10^{10} \cdot 46,01717 \cdot 10^{-8})}{4741 \cdot 10^8} \text{ kg} = 7,79 \cdot 10^5 \text{ kg}$$

- Například oxidace amoniaku nebo močoviny vhodným činidlem nebo reakce:



$$m(\text{NH}_3) = m(\text{N}_2\text{H}_3\text{CH}_3) \cdot M(\text{NH}_3) \cdot 2 / M(\text{N}_2\text{H}_3\text{CH}_3) = 1,08 \cdot 10^6 \cdot 17 \cdot 2 / 46 = 112,6 \text{ tun}$$

- Například elektrolyza vody s přidavkem kyseliny sírové v Hoffmanově přístroji, reakce neušlechtilého kovu s kyselinou.

Otázka 1 – 0,5 bodu, 2 – 0,5 bod, 3 – 1,5 bodu, 4 – 3 body, 5 – 4 body, 6 – 1 bod, 7 – 0,5 bodu. Celkem 11 bodů.

Úloha č. 5: Nebezpečný vodík**(11 bodů)**

Autoři: Martina Mikulů, Miroslav Položij

1. Mark měl na Marsu k dispozici 293 litrů hydrazinu.

$$m = \rho \cdot V = (292 \cdot 1,0036) \text{ kg} = 293,05 \text{ kg}$$

a) Spalování hydrazinu: $N_2H_4 + O_2 \rightarrow N_2 + 2 H_2O$ b) Potřeboval by **11** zásobníků s kapalným kyslíkem.

$$m(O_2) = m(N_2H_4)/M(N_2H_4) \cdot M(O_2) = (293,05 \cdot 32,0/32,05) \text{ kg} = 293,5 \text{ kg} \rightarrow V(O_2)_{(l)} = \mathbf{257,2 \text{ l}}; N_{\text{zásobníků}} = 257,2/25 = 10,28 \rightarrow N_{\text{zásobníků}} = \mathbf{11}$$

c) $m(H_2O) = 2 \cdot m(N_2H_4)/M(N_2H_4) \cdot M(H_2O) = (2 \cdot 293,05 \cdot 18,02/32,05) \text{ kg} = \mathbf{329,53 \text{ kg}}$

2. Pokud by reakce probíhala se 100% výtěžkem, připravil by Mark z 292 l hydrazinu 329,5 kg vody. (
- $m_{H_2O} = 2 \cdot m_{N_2H_4}/M_{N_2H_4} \cdot M_{H_2O} = (2 \cdot 293,05 \cdot 18,02/32,05) \text{ kg} = 329,53 \text{ kg}$
-)

a) 65 l \rightarrow 65,23 kg. $m_{\text{teor}} = (2 \cdot 65,23 \cdot 18,02/32,05) \text{ kg} = \mathbf{73,36 \text{ kg}}$ \rightarrow výtěžek dle reality $70/73,36 = \mathbf{95,4 \text{ \}}$, výtěžek dle Markovy úvahy je $70/130 = \mathbf{53,8 \text{ \}}$ b) Mark uvažoval, že 1 l (1 kg) hydrazinu je ekvimolární množství k 2 l (2 kg) vody, což není pravda, protože poměry z chemických rovnic lze použít kvůli **zákonu o zachování hmotnosti** jen pro látková množství. Jeho úvaha byla tedy zcela chybná a mohla ho stát život. ($n(N_2H_4) \neq n(H_2O)$): $\frac{1}{32} \neq 2 \frac{1}{18}$.

3. Všechny koncentrace jsou uvedeny v objemových %, se kterými se úloha snáze vypočítá:

a) Vzduch: 21 %

Vydechaný vzduch: uznatelná odpověď v intervalu **13,5 % – 17,0 %**

b) Spotřeba kyslíku v běžném vzduchu:

$$\text{V jednom litru plynu je } \frac{pV}{RT} = \frac{101325 \cdot 0,001}{8,314 \cdot 274} \text{ mol} = 0,0445 \text{ mol plynu.}$$

Úbytek kyslíku je $(21 - 17) \% = 4 \% \rightarrow$ spotřeba kyslíku je $(0,0445 \cdot 0,04) \text{ mol} = 0,00178 \text{ mol} \rightarrow$ v litru čistého kyslíku zbyde 96 % O_2 , tj. 0,04272 mol O_2

$$m(O_2) = (0,04273 \cdot 32,00) \text{ g} = \mathbf{1,366 \text{ g } O_2}$$

Výsledky pro jiné obsahy kyslíku jsou uvedeny v tabulce 1.

Tabulka 1. Hmotnost kyslíku v 1 litru vydechaného plynu pro různé obsahy kyslíku ve vydechaném vzduchu.

obsah O ₂ / %	13,5	14	14,5	15	15,5	16	16,5	17
výsledek / g	1,316	1,323	1,330	1,337	1,344	1,351	1,359	1,366

$$c) \quad n_{\text{celk}} = pV/RT = 5337,57 \text{ mol}$$

$$n_1(\text{O}_2) = 0,01 \cdot n_{\text{celk}} = 53,346 \text{ mol}$$

$$n_2(\text{O}_2) = 2 \cdot n_1(\text{O}_2) = 106,691 \text{ mol}$$

Jedním výdechem přibude $(0,04272/2)$ mol = 0,0214 mol (pro obsah O₂ ve vydechaném vzduchu 17 %, ostatní výsledky vizte v tabulce 2 níže).

Za jednu minutu přibude O₂: $x = (0,02136 \cdot 18)$ mol = 0,3845 mol.

$$t_{\text{celk}} = (n_2(\text{O}_2) - n_1(\text{O}_2)) / x = (53,3749 / 0,3845) \text{ min} = \mathbf{138,9 \text{ min} = 2,31 \text{ hod}}$$

Výsledky pro jiné obsahy kyslíku jsou uvedeny v tabulce 2.

Tabulka 2. Doba potřebná pro zdvojnásobení kyslíku v atmosféře různé obsahy kyslíku ve vydechaném vzduchu.

obsah O ₂ / %	13,5	14	14,5	15	15,5	16	16,5	17
výsledek / min	144,1	143,3	142,5	141,8	141,0	140,3	139,6	138,9

Poznámka: Všechny výsledky byly uvažovány pro teplotu vydechaného vzduchu 1 °C, což zcela odpovídalo zadání, ale pro správnější výsledek by bylo třeba uvažovat teplotu 36,5 °C, tedy tělesnou. Přesto byly výše uvedené výsledky uznávány jako zcela správné.

$$4. \quad \Delta U_{\text{spal}}(\text{H}_2) = -33,69 \frac{\text{kW} \cdot \text{h}}{\text{kg}} = -33,69 \frac{\text{kJ} \cdot \text{h}}{\text{s} \cdot \text{kg}} = -33,69 \cdot 3600 \frac{\text{kJ} \cdot \text{s}}{\text{s} \cdot \text{kg}} = -33,69 \cdot 3600 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} = -33,69 \cdot 3600 / (1000 / 2,016) \frac{\text{kJ}}{\text{mol}} = -244,509 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}}$$

$$n(\text{H}_2) = 0,64 \cdot n_{\text{celk}} = 3414,1 \text{ mol}$$

$$|Q| = |\Delta U_{\text{spal}}(\text{H}_2)| \cdot n(\text{H}_2) = 828612288 \text{ J} = \mathbf{834,8 \text{ MJ}}$$

$$5. \quad V(\text{Hab}) = 120 \text{ m}^3; \quad p = 101325 \text{ Pa}; \quad T_1 = 274,15 \text{ K}; \quad T_2 = 288,15 \text{ K}, \\ c_v(\text{H}_2) = 20,2 \text{ J/molK}; \quad c_v(\text{N}_2) = 19,9 \text{ J/molK}; \quad c_v(\text{H}_2\text{O}, \text{g}) = 27,5 \text{ J/molK}$$

$$\Delta U_{\text{spal}}(\text{H}_2) = -244,509 \text{ kJ/mol} \quad - \text{záporné!}$$

$$\Delta U_{\text{vap}}(\text{H}_2\text{O}) = -\Delta U_{\text{kond}}(\text{H}_2\text{O}) = 42,1 \text{ kJ/mol} \quad - \text{dosazováno ve formě } \Delta U_{\text{vap}}(\text{H}_2\text{O})$$

Stav před výbuchem:

$$n_{\text{celk}} = pV/RT = 5334,57 \text{ mol}$$

$$n(\text{H}_2) = 0,64 \cdot n_{\text{celk}} = 3414,13 \text{ mol} - \text{Definováno v zadání.}$$

$$n(\text{O}_2) = x \cdot n_{\text{celk}} \quad - \text{„Jen tolik, aby se Hab ohřál o } 14 \text{ } ^\circ\text{C.} \text{“}$$

$$n(\text{N}_2) = (0,36 - x) \cdot n_{\text{celk}}$$

Stav po výbuchu:

$$n(\text{H}_2\text{O}) = 2 \cdot x \cdot n_{\text{celk}} \quad - x \text{ definováno vzhledem k } n(\text{O}_2)$$

$$n(\text{H}_2) = 3416 - 2 \cdot x \cdot n_{\text{celk}}$$

$$n(\text{N}_2) = (0,36 - x) \cdot n_{\text{celk}} \quad - \text{dusík nevzniká, ani nezaniká}$$

$$Q_{\text{výbuch}} = 2x \cdot n_{\text{celk}} \cdot \Delta U_{\text{spal}}(\text{H}_2)$$

$$Q_{\text{kondenzace}} = 2x \cdot n_{\text{celk}} \cdot -\Delta U_{\text{vap}}(\text{H}_2\text{O})$$

$$Q_{\text{ohřátí}} = (T_2 - T_1) \cdot [2x \cdot n_{\text{celk}} \cdot c_v(\text{H}_2\text{O}, g) + (0,36 - x) \cdot n_{\text{celk}} \cdot c_v(\text{N}_2) + (0,64n_{\text{celk}} - 2x \cdot n_{\text{celk}}) \cdot c_v(\text{H}_2)]$$

$$Q_{\text{ohřátí}} + Q_{\text{kondenzace}} + Q_{\text{výbuch}} = 0$$

$$2x \cdot n_{\text{celk}} \cdot \Delta U_{\text{spal}}(\text{H}_2) - 2x \cdot n_{\text{celk}} \cdot \Delta U_{\text{vap}}(\text{H}_2\text{O}) + (T_2 - T_1) \cdot [2x \cdot n_{\text{celk}} \cdot c_v(\text{H}_2\text{O}, g) + (0,36 - x) \cdot n_{\text{celk}} \cdot c_v(\text{N}_2) + (0,64n_{\text{celk}} - 2x \cdot n_{\text{celk}}) \cdot c_v(\text{H}_2)] = 0$$

$$x \cdot n_{\text{celk}} \cdot [2\Delta U_{\text{spal}}(\text{H}_2) - 2\Delta U_{\text{vap}}(\text{H}_2\text{O}) + 2(T_2 - T_1) \cdot c_v(\text{H}_2\text{O}, g) - (T_2 - T_1) \cdot c_v(\text{N}_2) - 2(T_2 - T_1) \cdot c_v(\text{H}_2)] = - (T_2 - T_1) \cdot [0,36n_{\text{celk}} \cdot c_v(\text{N}_2) + 0,64n_{\text{celk}} \cdot c_v(\text{H}_2)]$$

$$x = \frac{-(T_2 - T_1) \cdot [0,36n_{\text{celk}} \cdot c_v(\text{N}_2) + 0,64n_{\text{celk}} \cdot c_v(\text{H}_2)]}{n_{\text{celk}} \cdot [2\Delta U_{\text{spal}}(\text{H}_2) - 2\Delta U_{\text{vap}}(\text{H}_2\text{O}) + 2(T_2 - T_1) \cdot c_v(\text{H}_2\text{O}, g) - (T_2 - T_1) \cdot c_v(\text{N}_2) - 2(T_2 - T_1) \cdot c_v(\text{H}_2)]}$$

$$x = 0,000491 = 0,0491 \%$$

$$n(\text{H}_2) = 2 \cdot 5334,57 \cdot 0,000491 = 5,23 \text{ mol (10,55 g)}$$

$$n(\text{spálený H}_2) = 5,23 \text{ mol}$$

Otázka 1 – 1,5 bodu, 2 – 1,25 bodu, 3 – 2 body, 4 – 1,25 bodu, 5 – 5 bodů.
Celkem 11 bodů.

Seriál: RNA – popelka genetiky

2. díl: Typy RNA v organismu a jejich rozmanité funkce

Autoři: Karel Berka, Michal Janeček

V minulém díle jsme se seznámili se základními vlastnostmi a strukturou RNA. Ukázali jsme si, že díky svým vlastnostem RNA tvoří mnoho různých strukturních prvků, a naznačili jsme, že díky tomu existuje velký počet typů RNA. Přitom přenos genetické informace z DNA do místa syntézy proteinu rozhodně není jedinou úlohou, kterou RNA v živých organismech plní. V tomto díle si představíme jednotlivé typy RNA a popíšeme jejich funkci, která může být poměrně rozmanitá.



vlásenka
v *pre-mRNA*

Klasifikace molekul RNA

Objev katalyticky aktivní RNA – ribozymu – Thomasem Cechem v roce 1981 způsobil senzaci a spustil celou kaskádu objevů dalších typů RNA. Dnes jich známe poměrně velké množství a je velmi pravděpodobné, že další typy RNA na svůj objev teprve čekají. V Tabulce 1 je pouze krátký výčet nejdůležitějších doposud známých typů RNA, rozdělených podle jejich funkcí v buňce. Pro rozlišení funkce různých typů RNA je rozhodující jejich rozdělení na kódující a nekódující RNA.

Jako **kódující RNA** se označuje takový úsek RNA, podle kterého je syntetizován protein. V kódující RNA je pomocí genetického kódu uložena informace o sekvenci aminokyselin v proteinu.⁹ Takovéto úseky se v živých organismech nacházejí téměř výhradně v *mRNA*.

Pokud daný úsek RNA v daném organismu není nikdy přeložen na protein, označuje se jako **nekódující**. Takovéto úseky lze nalézt buďto v *pre-mRNA* (typicky velmi dobře známé introny) nebo také samostatně v mnoha signálních RNA, které slouží k regulaci buněčných procesů. Můžete si všimnout, že nekódující RNA v tabulce 1 převažují.

⁹ uložena, tedy zakódována – odtud kódující RNA

Tabulka 1 – Typy RNA a jejich základní vlastnosti; Pro přehlednost jsou typy RNA sdruženy do několika skupin. Použité zkratky: K = kódující, N = nekódující, nt = počet nukleotidů, bp = počet párů bází (z angl. base pairs)

	Typ RNA	Anglický název	Funkce	Velikost	Vznik
Transport genetické informace					
K	<i>pre-mRNA</i>	precursor messenger RNA	přenos genetické informace	různá	transkripce sekvence DNA
K	<i>mRNA</i>	messenger RNA	přenos genetické informace	různá	sestříhem <i>pre-mRNA</i>
N	<i>pre-tRNA</i>	precursor transfer RNA	příprava <i>tRNA</i>	100-130 nt	transkripce sekvence DNA
N	<i>tRNA</i>	transfer RNA	rozpoznání tripletu a přiřazení AMK	75-95 nt	modifikací <i>pre-tRNA</i>
N	<i>pre-rRNA</i>	precursor ribosomal RNA	příprava <i>rRNA</i>	13000 nt	transkripce sekvence DNA
N	<i>rRNA</i>	ribosomal RNA	katalýza syntézy proteinu z AMK	3000-7000 nt	modifikací <i>pre-rRNA</i>
Signální a cíl určující molekuly					
N	<i>miRNA</i>	micro RNA	blokáce translace a degradace <i>mRNA</i>	~22 nt	z RNA vlásenek většinou z intronů
N	<i>siRNA</i>	small interfering RNA	degradace <i>mRNA</i>	20-25 bp	z exogenní RNA dvoušroubovice
N	<i>snRNA</i>	small nuclear RNA	určení místa sestříhu intronu	100-300 nt	transkripce sekvence DNA
N	<i>snoRNA</i>	small nucleolar RNA	určení nukleotidu pro modifikaci	60-300 nt	z intronů
Katalytická aktivita					
N	RNA enzymy	ribozymes	katalýza chemických reakcí	30-3000 nt	transkripce sekvence DNA
Specifická vazba jiných molekul					
N	RNA přepínače	riboswitches	regulace translace či transkripce	~30-100 nt	transkripce sekvence DNA
N	T-box	T-box	vazba <i>tRNA</i> a regulace syntézy	~30-100 nt	transkripce sekvence DNA
Uchovávání genetické informace					
K	RNA viry	RNA viruses	genom viru	~tisíce nt	-

Pojďme nyní jednotlivé typy RNA podrobněji charakterizovat podle jejich funkce.

Transport genetické informace

pre-mRNA

Transkripcí DNA v eukaryotních organismech vzniká prekurzor mediátorové RNA – *pre-mRNA* (angl. precursor messenger RNA). Tato RNA ještě nemůže podstoupit proces translace, protože oblasti kódující protein, nazývané **exony**, jsou prokládány oblastmi nekódujícími protein, tzv. **introny**. Proto probíhá proces zvaný **sestřih** (angl. splicing), při kterém jsou introny „vystřiženy“ a exony pospojovány (Obr. 1), čímž vznikne *mRNA*. Sestřih může probíhat buď pomocí RNA enzymů, nebo pomocí tzv. spliceozomů (viz kapitoly RNA enzymy a *snRNA*).

Zajímavostí je, že dlouhou dobu byly introny považovány za specifikum eukaryotních organismů. Avšak roku 1984 byl objeven intron i v RNA bakteriofágu¹⁰ a poté i v prokaryotních organismech (např. v aerobní bakterii *Bacillus subtilis* či v prvoku z kmene nálevníků *Tetrahymena thermophila*).¹¹

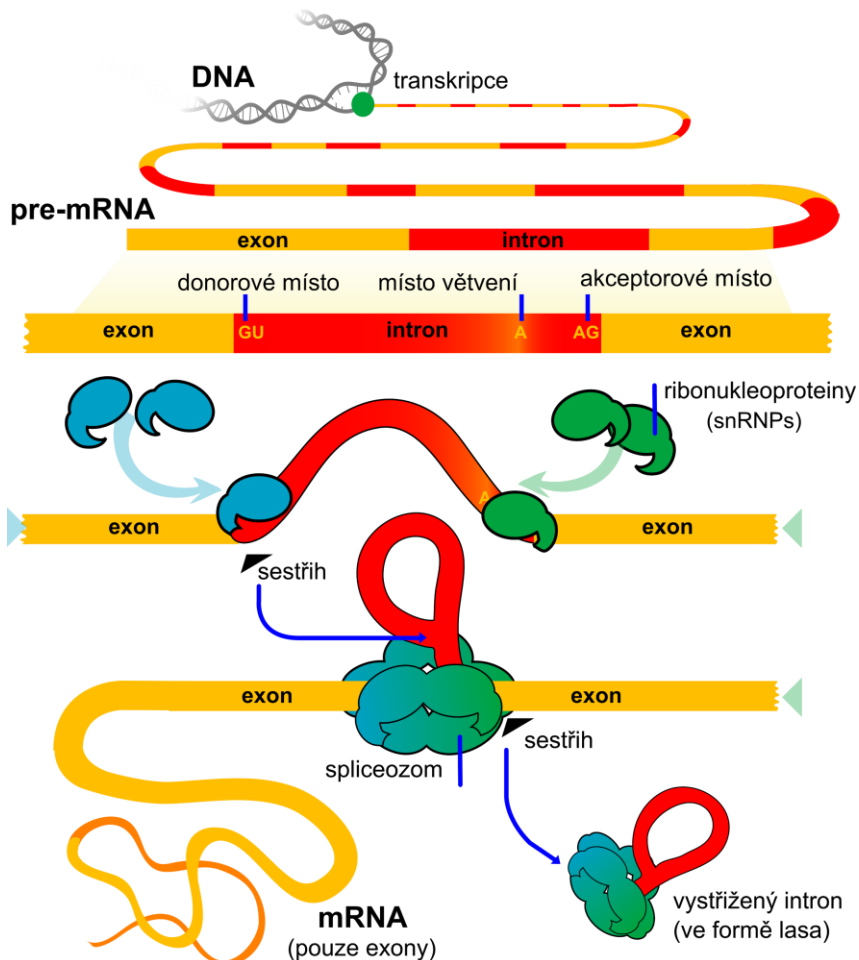
mRNA

Mediátorová RNA, nebo též informační RNA – *mRNA* (angl. messenger RNA) přenáší genetickou informaci z DNA do místa syntézy proteinu. Podle sekvence nukleotidů v *mRNA* lze již přímo syntetizovat protein. Oba konce *mRNA* se ale na protein nepřekládají a označují se proto jako 3'-nepřekládaná oblast a 5'-nepřekládaná oblast podle OH skupiny, na kterou již není navázán další nukleotid a kde tedy cukr-fosfátová páteř končí (Obr. 2). Na 5'-konci je navíc ještě navázaný 7-methylguanosin, tzv. „čepička“ a na 3'-konci tzv. polyadeninová sekvence.

U většiny prokaryotických organismů vzniká *mRNA* už přímo transkripcí DNA, která v jejich případě neobsahuje žádné introny.

¹⁰ Chu FK, Maley GF, Maley F, Belfort M. Intervening sequence in the thymidylate synthase gene of bacteriophage T4. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* 81: 3049–3053, 1984.

¹¹ Belfort M, Reaban ME, Coetzee T, Dalgaard J Z. Prokaryotic introns and inteins: a panoply of form and function. *J. Bacteriol.*, 177(14): 3897–3903, 1995.



Obrázek 1. Schematické znázornění transkripce DNA na pre-mRNA a následný sestřih pre-mRNA pomocí komplexu proteinů a RNA zvaného spliceozom. Upraveno dle: clker.com



Obrázek 2. Schematické znázornění struktury mediátorové RNA (UTR = nepřekládaná oblast z angl. untranslated region). Zdroj: wikipedia.org

***t*RNA**

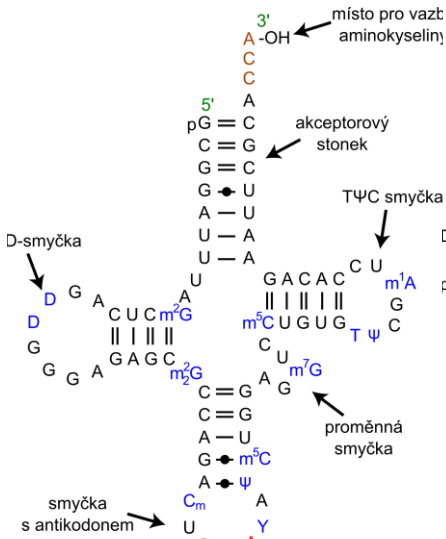
Transferová RNA – *t*RNA (angl. transfer RNA) má klíčovou úlohu při translaci sekvence nukleotidů z *m*RNA na sekvenci aminokyselin v proteinu. Přináší aminokyseliny do místa syntézy proteinu, do komplexů zvaných ribozomy, a navíc na sekvenci *m*RNA rozpoznává konkrétní triplet, ke kterému přiřadí konkrétní aminokyselinu.

*t*RNA se skládá z jednoho vlákna o délce 75-95 nukleotidů, které obsahuje kromě běžných kanonických bází také některé netypické báze (např. pseudouracil – zkratka Ψ , 7-methylguanin – m^7G , N^2,N^2 -dimethylguanin – m^2_2G , či dihydrouracil – D). Párováním bází na tomto vláknu vznikají tři vlásenky, jedna dvoušroubovice (tzv. akceptorový stonek) a jedno čtyřcestné spojení, takže sekundární struktura *t*RNA má typický tvar trojlístku (Obr. 3). Koncová smyčka jedné z vlásenek obsahuje tzv. antikodon, což je trojice bází komplementární ke trojici bází v kodonu v *m*RNA. Na CCA sekvenci na 3'-konci *t*RNA je pak esterovou vazbou navázána příslušná aminokyselina. Důležitá je rovněž tzv. D-smyčka obsahující báze dihydrouracily, pomocí které enzym aminoacyl-*t*RNA syntetáza rozpoznává molekulu *t*RNA bez navázané aminokyseliny, a naváže na ni novou aminokyselinu. Pro správnou funkci *t*RNA je pak nezbytné, aby celá struktura byla sbalena do prostorového útvaru připomínajícího písmeno L (Obr. 4), což zajišťuje správné interakce s ribozomem při proteosyntéze.

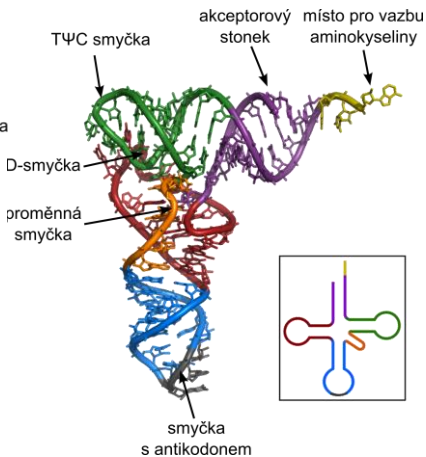
Zajímavostí je, že takový tvar a velikost má *t*RNA prakticky ve všech živých organismech od kvasinek až po člověka.

***pre-t*RNA, *pre-r*RNA**

Ani *t*RNA, ani *r*RNA zpravidla nevznikají přímo z DNA transkripcí, ale nejprve vzniknou jejich prekurzory, které jsou dále upravovány. Z *pre-t*RNA jsou některé sekvence vystříženy a některé báze modifikovány (např. uridin je izomerizován na pseudouridin) a rovněž z *pre-r*RNA je třeba některé sekvence vystříhnout podobně jako při sestřihu *pre-m*RNA na *m*RNA.



Obrázek 3. *t*RNA z kvasinek přenášející fenylyalanin. Zdroj: wikipedia.org

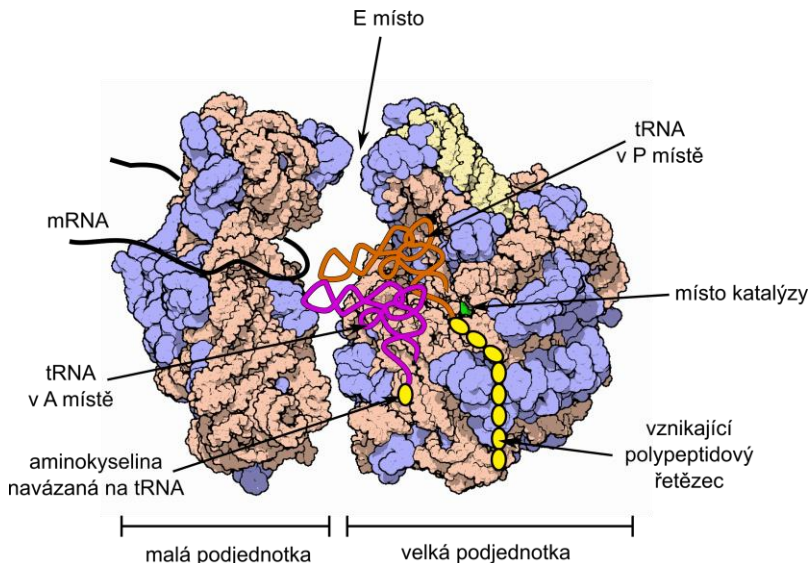


Obrázek 4. 3D reprezentace a zjednodušená 2D reprezentace *t*RNA. Zdroj: wikipedia.org

***r*RNA**

Pro translaci je rovněž nezbytná ribozomální RNA – *r*RNA (angl. ribosomal RNA), což je poměrně dlouhá (řádově tisíce nukleotidů) molekula, která společně se specifickými proteiny tvoří tzv. ribozomy (Obr. 5). Původně se předpokládalo, že katalytickou funkci při syntéze proteinu podle vlákna *m*RNA plní proteiny a *r*RNA má pouze strukturální funkci a drží celý ribozom pohromadě. Nyní se však ukazuje, že role jsou zcela opačné: *r*RNA katalyzuje reakce a řídí rozpoznávání kodonů, zatímco kladně nabitě proteiny zajišťují stabilitu ribozomu vyrovnáváním náboje záporně nabitě páteře RNA. Výsledkem je, že 2 vlákna *r*RNA představují 60 % hmotnosti ribozomu, zatímco cca 50 malých proteinů tvoří zbylých 40 %.

Ribozom se pak posouvá po řetězci *m*RNA a molekuly *t*RNA rozpoznávají kodony a přinášejí příslušné aminokyseliny, ze kterých je v ribozomu syntetizován polypeptidový řetězec.



Obrázek 5. Ribozom s barevně odlišenou proteinovou částí (modře), RNA částí (růžově a žlutě) a místem, kde probíhá katalýza (zeleně). Schematicky jsou znázorněny *tRNA* nabitá aminokyselinou v A místě (kde probíhá rozpoznávání kodonu na *mRNA*) a v P místě (kde je na *tRNA* navázán už celý polypeptid), E místo (kudy *tRNA* již bez aminokyseliny opouští ribozom) a vznikající polypeptidový řetězec.

Podle: <http://pdb101.rcsb.org/motm/10>

Signální RNA

miRNA

MikroRNA – *miRNA* (angl. microRNA) se nazývají krátké jednovláknové molekuly RNA o délce zhruba 22 nukleotidů, které se mohou vázat na specifické k nim komplementární sekvence *mRNA*. Komplementarita může, ale nemusí být dokonalá – často se příslušná *miRNA* páruje pouze šesti až osmi nukleotidy. *miRNA* se může navázat přímo na *mRNA* sekvenci a tím bránit translaci. Nebo může vytvořit se specifickými proteiny tzv. RISC komplex (angl. RNA-induced silencing complex) a na *mRNA* sekvenci se váže až v tomto komplexu, který pak příslušnou *mRNA* degraduje. Sekvence komplementární k *miRNA* se zpravidla nacházejí v 3'-nepřekládané oblasti *mRNA* a ne v kódující oblasti.

miRNA vznikají z intronů i exonů, tedy z kódujících i nekódujících sekvencí, ale vždy z jednoho vlákna RNA, které zaujímá tvar vlásenky, a které je endogenního původu (tedy pochází přímo z genomu dané buňky). Vznik *miRNA* je pečlivě regulován, často je reakcí na vnější podmínky a slouží jako signál pro mnoho procesů jako například proliferace, diferenciací či apoptóza buněk.

Předpokládá se, že *miRNA* regulují translaci více než 60 % genů kódujících proteiny.

siRNA

Malá interferující RNA – *siRNA* (angl. small interfering RNA) jsou úseky dvoušroubovice RNA o délce 20-25 párů bází, které mají podobnou funkci jako *miRNA*, tedy váží se na specifické k nim komplementární sekvence *mRNA* a tím řídí degradaci *mRNA*. Na rozdíl od *miRNA* jsou ale *siRNA* vždy dokonale komplementární k příslušné *mRNA* a vznikají z RNA dvoušroubovice, která je vždy exogenního původu (tedy nepochází z genomu dané buňky). A také vždy vytvoří se specifickými proteiny RISC komplex, který pak vyhledá a degraduje příslušnou *mRNA*. Tento proces se označuje jako RNA interference.¹²

snRNA

Malá jaderná RNA – *snRNA* (angl. small nuclear RNA) je označení pro molekuly RNA, které jsou 100-300 nukleotidů dlouhé, nacházejí se v buněčném jádře a jsou klíčové pro proces zvaný sestřih *pre-mRNA*. Jednotlivé *snRNA* vznikají transkripcí specifických úseků DNA podobně jako *tRNA* či *rRNA*. *snRNA* vytváří se specifickými proteiny tzv. malý jaderný ribonukleoprotein – *snRNP*, který se naváže na *pre-mRNA*, čímž vznikne komplex tzv. spliceozomu (Obr. 1), který zpravidla obsahuje kromě navázané *pre-mRNA* i pět různých molekul *snRNA* a více než 50 proteinů. Právě tento komplex katalyzuje sestřih *pre-mRNA*, konkrétně trans-esterifikaci. Úloha *snRNA* pak spočívá v tom, že určité její úseky jsou schopny pomocí párování bází nalézt 3'- a 5'-konce intronu a tím přesně určit správné místo, kde má sestřih proběhnout.

snoRNA

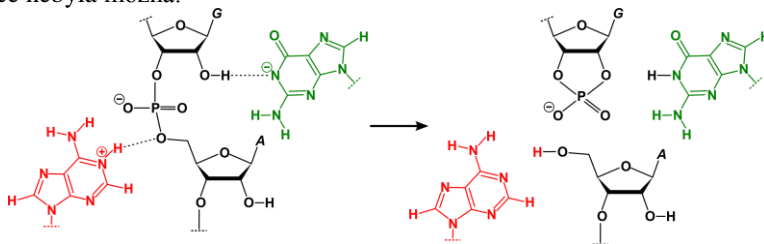
Malá jadéřková RNA – *snoRNA* (angl. small nucleolar RNA) může být dlouhá 60-300 nukleotidů a vzniká z intronů. Označuje se tak RNA, která se obvykle nachází v jadérku a řídí modifikaci nukleotidů především v *rRNA* a *tRNA*. *snoRNA* nejprve se specifickými proteiny vytvoří tzv. malý jadéřkový ribonukleoprotein – *snoRNP* (angl. small nucleolar ribonucleoprotein). Její určitý úsek se poté spáruje s komplementární sekvencí *rRNA* (případně jiné RNA), čímž určí, který nukleotid bude modifikován. *snoRNP* pak katalyzuje danou modifikaci, z nichž nejvýznamnější jsou navázání methylu na 2'-kyslík ribózy a izomerace uridinu na pseudouridin.

¹² Agrawal N, Dasaradhi PV, Mohammed A, Malhotra P, Bhatnagar RK, Mukherjee SK. RNA interference: biology, mechanism, and applications. *Microbiol. Mol. Biol. Rev.* 67(4): 657–685, 2003.

Katalytická aktivita

RNA enzymy

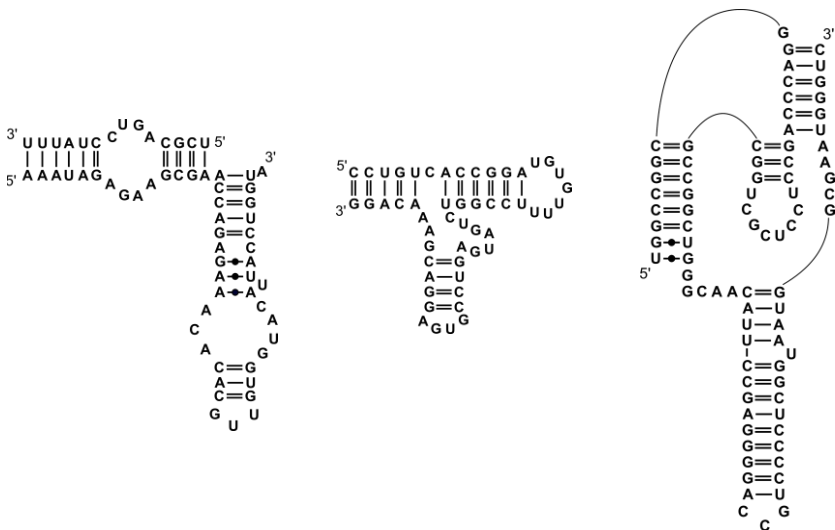
RNA enzymy – ribozymy (angl. ribozymes) jsou molekuly či sekvence RNA, které jsou schopny katalyzovat chemickou reakci (podobně, jako to dělají enzymy tvořené proteiny) a to samostatně, bez účasti proteinů. Nejčastěji katalyzují štěpení cukr-fosfátové páteře na vlastní nebo jiné molekule RNA. Jejich objev roku 1981 byl klíčový, protože do té doby převládal názor, že enzymy jsou jen proteiny. Katalýza je umožněna tím, že nukleové báze mohou sloužit jako akceptory či donory vodíkového kationtu. Cukr-fosfátovou páteř RNA lze štěpit díky 2'-OH skupině přítomné na ribóze (Obr. 6), u molekuly DNA by takováto reakce nebyla možná.



Obrázek 6. Reakční mechanismus štěpení cukr-fosfátové páteře RNA katalyzovaného vlásenkovým ribozymem.¹³

Ribozymy můžeme podle velikosti rozdělit na velké a malé. Mezi velké RNA enzymy patří ribonukleáza P a sebe samy vystřihující (angl. self-splicing) introny skupiny I a II. Tyto RNA enzymy mají délku několik set či tisíců nukleotidů. Naopak do skupiny malých RNA enzymů patří RNA enzym vlásenkový (angl. hairpin), kladivový (angl. hammerhead) a viru hepatitidy delta (Obr. 7). Malé RNA enzymy mají délku jen 30-150 nukleotidů. Názvy RNA enzymů jsou poměrně rozmanité – podle tvaru a podle organismu, ve kterém se nacházejí.

¹³ Kath-Schorr S, Wilson TJ, Li NS, Lu J, Piccirilli JA, Lilley DM. General acid-base catalysis mediated by nucleobases in the hairpin ribozyme. *J. Am. Chem. Soc.*, 134 (40): 16717–16724, 2012.



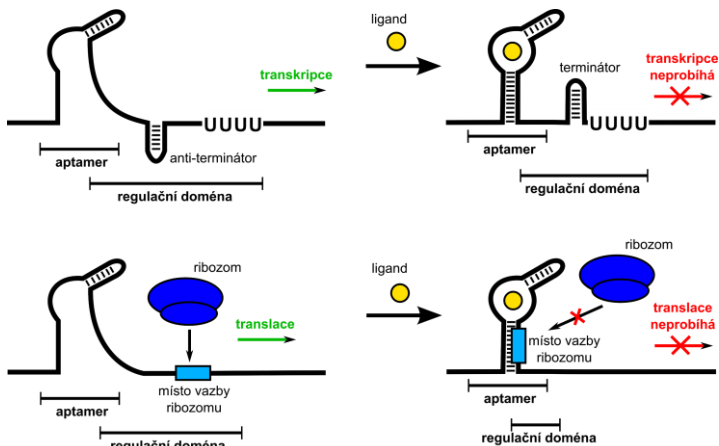
Obrázek 7. Sekundární struktury RNA enzymů vlásenkového, kladivového a viru hepatitidy D

Specifická vazba jiných molekul

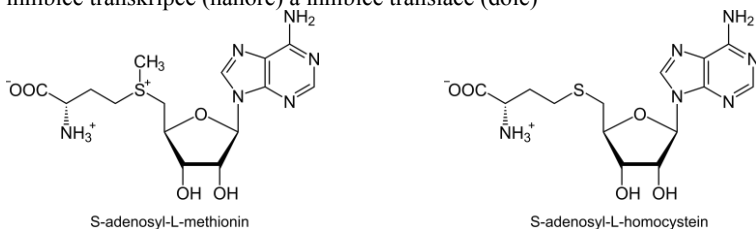
RNA přepínače

RNA přepínače (angl. riboswitches) jsou sekvence *mRNA*, které na sebe mohou vázat jiné látky, přičemž po tomto navázání změní svoje prostorové uspořádání tak, že je ovlivněna transkripce nebo translace. RNA přepínače se nacházejí v 5'-nepřekládané oblasti *mRNA* (Obr. 2).

RNA přepínač se skládá z 2 částí: aptameru a regulační domény (Obr. 8). Aptamer je schopen specificky vázat příslušnou molekulu, která se označuje jako ligand. Aptamer zpravidla dokáže velmi specificky rozlišit jeden konkrétní ligand, a to i od velmi podobných molekul (Obr. 9).



Obrázek 8. Dva rozdílné mechanismy, kterým RNA přepínače regulují genovou expresi: inhibice transkripce (nahore) a inhibice translace (dole)



Obrázek 9. Příklad dvou molekul, které jsou strukturálně velmi podobné, ale SAM RNA přepínač je dokáže rozlišit a jednoznačně preferuje navázání S-adenosylmethioninu (SAM). Zdroj: wikipedia.org

Regulační doména (též expresní platforma) pak reguluje, zda gen z dané mRNA je translačně přeložen do proteinu či nikoli (říká se, že reguluje genovou expresi, odtud expresní platforma), a to ovlivněním transkripce či translace (Obrázek 8).

Transkripci ovlivňuje regulační doména tak, že může vytvořit tzv. terminátor, což je vlásenka, která blokuje RNA polymerázu a tím zabraňuje transkripci v pokračování. Mimochodem, běžně je na mRNA zformován tzv. anti-terminátor, což je naopak vlásenka, která umožňuje RNA polymeráze volně projít.

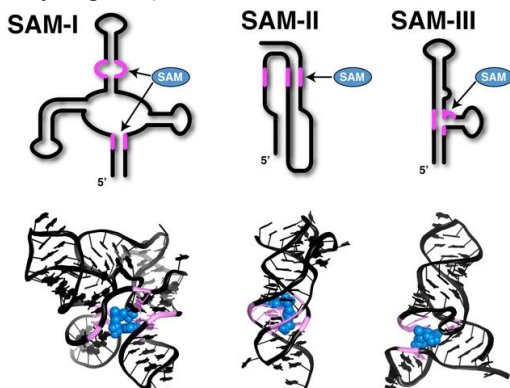
Translaci regulační doména ovlivňuje tak, že je schopna zabránit vazbě ribozomu. Aby se ribozom mohl navázat na mRNA, je na začátku kódující oblasti sekvence, která se označuje jako místo vazby ribozomu (angl. ribosome binding site). Regulační doména obsahuje sekvenci komplementární k místu vazby ribozomu, a když dojde ke spárování, místo vazby ribozomu je znepřístupněno a ribozom se tudíž nemůže navázat.

RNA přepínače se dělí do rodin podle ligandu, který váží, a ty se dále dělí do tříd podle sekundární struktury (tabulka 2).

Tabulka 2. Klasifikace RNA přepínačů podle ligandu a sekundární struktury

Ligand	Rodina	Třídy
S-adenosylmethionin	SAM	SAM-I, SAM-II, SAM-III
preQ1	preQ1	preQ1-I, preQ1-II
Mg ²⁺	Mg ²⁺	ykoK
thiaminpyrofosfát	TPP	bakteriální, eukaryotický

Zajímavostí je, že různé organismy vyvinuly strukturálně naprosto odlišná řešení, jak vázat tentýž ligand (Obr. 10).



Obrázek 10. Tři různé třídy z rodiny SAM RNA přepínačů, strukturálně velmi odlišné, všechny ale váží jako ligand S-adenosylmethionin (SAM).¹⁴

T-box

T-box je speciálním případem RNA přepínače, který jako ligand váže specifickou tRNA bez navázané aminokyseliny a reguluje expresi aminoacyl-tRNA syntetázy. Čím více je v buňce tRNA bez aminokyseliny, tím více aminoacyl-tRNA syntetázy je produkováno.

Uchovávání genetické informace

RNA viry

RNA viry jsou jediné organismy, ve kterých namísto DNA slouží k uchovávání genetické informace RNA. Uchování genetické informace v dvoušroubovici DNA je výhodné díky její stabilitě a snadným opravám. Proto složitější organismy, jejichž genom se skládá z až miliónů nukleotidů,

¹⁴ Edwards AL, Batey RT. Riboswitches: A Common RNA Regulatory Element. *Nature Education* 3(9):9, 2010.

jednoznačně upřednostňují tento způsob uchování genetické informace. Genom virů se však skládá přibližně z tisícovky nukleotidů, takže pravděpodobnost jeho poškození je mnohem menší a RNA tak některým virům stačí.

Existují celkem čtyři skupiny virů lišící se způsobem využití RNA:

Dvouvláknové RNA viry uchovávají svůj genom v dvoušroubovici RNA složené ze dvou vláken. Když virus vstoupí do hostitelské buňky, dojde pomocí enzymu RNA-dependentní RNA-polymerázy, obsaženého ve viru, k transkripci negativního vlákna na mRNA, která následně podstoupí proces translace.

Pozitivní jednovláknové RNA viry využívají k uchování genetické informace jednovláknovou RNA, která v hostitelské buňce přímo slouží jako mRNA pro proces translace (za využití ribozomů z hostitelské buňky).

Negativní jednovláknové RNA viry uchovávají genetickou informaci v RNA, jejíž přímou translaci nelze získat žádný smysluplný produkt. Nejprve je třeba ji přepsat na pozitivní RNA (pomocí enzymu RNA-dependentní RNA-polymerázy, který virus obsahuje) a teprve tu lze přeložit na proteiny.

Retroviry mají genetickou informaci uloženou v pozitivní RNA. Ačkoli by bylo možné již podle této RNA syntetizovat proteiny, využívají retroviry jinou strategii. Obsahují enzym reverzní transkriptázu, která podle RNA syntetizuje dvoušroubovici DNA, a ta se následně začlení do genomu hostitelské buňky. Pro syntézu virových proteinů je dále využíván metabolismus hostitelské buňky.

Závěrem

V tomto díle jsme si představili nejdůležitější typy RNA. Jak jsme si ukázali, různých typů RNA je opravdu mnoho a jsou skutečně velmi variabilní. Dnes již víme, že mnohé funkce, dříve považované za unikátní a vlastní jen proteinům, jsou schopny zastávat i molekuly RNA, byť s o něco menší rychlostí katalýzy.

RNA je tedy v pravém slova smyslu popelkou. V buňkách odvádí spoustu práce, ale vědci ji velmi nechávali opomenutou ve stínu DNA, označované jako královna genetiky, kterou považovali za mnohem zajímavější. A v povědomí veřejnosti tyto názory přetrvávají dodnes. Doufáme tedy, že tímto dílem seriálu se nám podařilo přispět k jejich překonání.

V příštím díle si ukážeme, jak živé organismy využívají RNA, tedy které procesy probíhají na úrovni RNA nebo za účasti RNA.

Zdroje

- Cech TR, Steitz JA. The Noncoding RNA Revolution—Trashing Old Rules to Forge New Ones, *Cell*, 157(1): 77–94, 2014.
- https://www.nobelprize.org/educational/medicine/dna/a/translation/trna_processing.html
- <http://www.rcsb.org/pdb/home/home.do>
- http://www.nature.com/nrmicro/journal/v3/n11/box/nrmicro1265_BX1.html

Zajíček chemik

