



Korespondenční Seminář Inspirovaný Chemickou Tematikou

ročník 9, série 1

2010/2011



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

Vážení vyučující chemie!

Právě se Vám do rukou dostal korespondenční seminář, který může pomoci Vaším studentům k většímu zájmu o chemii prostřednictvím zajímavých úloh i odborných soustředění. Předejte jim prosím zadání KSICHTu. Mnohokrát děkujeme.

Pokud máte zájem, můžeme Vám posílat jednotlivé série přímo do školy. Stačí, když nám sdělíte adresu, na kterou máme KSICHT posílat. Zadání KSICHTu bude zveřejňováno i na Internetu. Máte-li k němu přístup, můžete využít i tento způsob. Úlohy můžete použít například ke zpestření výuky nebo jako inspiraci.

Přiložený letáček prosím vyvěste na viditelné místo ve Vaší škole, aby si ho mohli prohlédnout všichni studenti. Děkujeme.

Milí příznivci chemie i ostatních přírodovědných oborů!

Právě držíte v rukou zadání úloh Korespondenčního Semináře Inspirovaného Chemickou Tematikou, KSICHTu. Už devátým rokem pro vás, středoškoláky, KSICHT připravují studenti Přírodovědecké fakulty Univerzity Karlovy, Vysoké školy chemicko-technologické a Přírodovědecké fakulty Masarykovy univerzity. Seminář je podporován v rámci Rozvojového projektu CSM 8/2009.

Jak KSICHT probíhá?

Korespondenční seminář je soutěž, při níž si vy, řešitelé KSICHTu, dopisujete s námi, autory, a naopak. Vy nám pošlete řešení zadaných úloh, my vše opravíme, ohodnotíme a zašleme vám je zpátky s přiloženým autorským řešením a pěti úlohami nové série. To všechno se za celý školní rok čtyřikrát zopakuje.

Proč řešit KSICHT?

V rámci tohoto semináře se zdokonalíte nejen v chemii samotné, ale i v mnoha dalších užitečných schopnostech. Za všechny jmenujme zlepšení logického

myšlení, schopnosti vyhledávat informace, třídit je a zařazovat je do kontextu. Ačkoli to zní možná hrozivě, nebojte, ono to půjde vlastně samo.

Na *výletech* se můžete seznámit s dalšími řešiteli KSICHTu a námi, autory, studenty vysokých škol. Máte šanci rozšířit si své obzory, ale taky se bavit a užít si. Uvidíte, že chemici nejsou suchaři v bílých pláštích.

Na konci školního roku pořádáme na Přírodovědecké fakultě UK *odborné soustředění*, kde si vyzkoušíte práci v laboratoři, seznámíte se s moderními přístroji a poslechnete si zajímavé přednášky. Pro nejlepší řešitele jsou připraveny hodnotné ceny!

Pro letošní akademický rok se nám navíc podařilo zajistit **promíjení přijímacích zkoušek** do chemických (a některých dalších) studijních oborů **na Přírodovědecké fakultě UK**. Bez přijímací zkoušky budou přijati řešitelé, kteří ve školním roce 2009/2010 získali alespoň 50 % z celkového počtu bodů nebo ve školním roce 2010/2011 v 1.–3. sérii získají alespoň 50 % z celkového počtu bodů za tyto série.

Jaké úlohy na vás čekají?

Úlohy se týkají různých odvětví chemie a snažíme se, aby si v nich každý z vás přišel na své. Jsou tu úločky hravé i pravé lahůdky, jejichž vyřešení už dá práci. Nechceme jen suše prověřovat vaše znalosti, procvičíte si i chemickou logiku a v experimentální úloze prokážete též svou chemickou zručnost. Pokud nezvládnete vyřešit všechny úlohy, vůbec to nevádí, byli bychom moc rádi, kdybyste si z řešení úloh odnesli nejen poučení, ale hlavně abyste se při řešení KSICHTu dobře bavili. Jak se nám naše snažení daří, to už musíte posoudit sami.

KSICHT vám přináší s každou sérií i seriál, čtení na pokračování. V letošním ročníku zařazujeme na vaše přání seriál o živých organismech z pohledu fyzikální chemie. Dozvíte se spoustu zajímavých informací, které vám umožní přemýšlet o světě kolem sebe trochu jinak. Znalosti, které získáte, pak můžete použít nejen při řešení úloh KSICHTu, ale i při dalším studiu chemie.

Jak se tedy můžete stát řešiteli KSICHTu?

Není nic jednoduššího! Stačí se jen *zaregistrovat*¹ na našich webových stránkách. Řešení nám poté můžete posílat buď klasicky na adresu **KSICHT, Přírodovědecká fakulta Univerzity Karlovy, Hlavova 2030, 128 43 Praha 2** nebo elektronicky přes *webový formulář*² jako soubory typu PDF.

¹<http://ksicht.natur.cuni.cz/prihlaska>

²<http://ksicht.natur.cuni.cz/odeslani-reseni>

V případě jakýchkoliv dotazů či nejasností se na nás prosím kdykoliv obraťte e-mailem ksicht@natur.cuni.cz.

Každou úlohu vypracujte na zvláštní papír (aspoň formátu A5, menší kusy papíru mají totiž tendenci se ztrácet), uveďte svoje celé jméno, název a číslo úlohy! Řešení pište čitelně, vezte, že nemůžeme považovat za správné něco, co nelze přečíst.

V případě, že posíláte úlohy přes webový formulář, uložte každou úlohu do *samostatného souboru typu PDF* a nezapomeňte v záhlaví každé stránky uvést svoje *celé jméno, název a číslo úlohy!* Více informací o elektronickém odeslání řešení naleznete přímo na stránce s formulářem. *Neposílejte nám prosím naskenovaná řešení, neboť jsou často velice špatně čitelná. Výjimkou jsou nakreslené a naskenované obrázky, které připojíte k řešení napsanému na počítači.*

Do řešení také pište všechny vaše postupy, kterými jste dospěli k výsledku, neboť i ty bodujeme. Uveďte raději více než méně, protože se může stát, že za strohou odpověď nemůžeme dát téměř žádné body, ačkoli je správná. Řešení vypracovávejte samostatně, neboť při společném řešení se spoluřešitelé podělí o získané body rovným dílem.

KSICHT na Internetu

Na webových stránkách [KSICHTu](http://ksicht.natur.cuni.cz)³ naleznete brožurku ve formátu PDF a rovněž aktuální informace o připravovaných akcích.

Pokud máte dotaz k úloze, můžete se zeptat přímo autora na e-mailové adrese ve tvaru jmeno.prijmeni@ksicht.natur.cuni.cz. Jestliže má úloha více autorů, pište prvním uvedenému.

Výlet s KSICHTem

Pozor, pozor! Podzimní výlet s KSICHTem se letos bude konat 12.–14. listopadu. Tentokrát pojedeme do Příbyslavi. Prosíme zájemce, aby se zaregistrovali na [stránkách KSICHTu](http://ksicht.natur.cuni.cz)⁴ do 31. října. Zaregistrujte se však co nejdříve, počet míst je omezen! Informace k výletu budeme na webu průběžně aktualizovat.

Termín odeslání 1. série

Série bude ukončena **8. listopadu 2010**. Vyřešené úlohy je třeba odeslat nejpozději v tento den (rozhoduje datum poštovního razítka či čas na serveru KSICHTu).

³<http://ksicht.natur.cuni.cz>

⁴<http://ksicht.natur.cuni.cz/akce-ksichtu>

Úvodníček

Milí Ksichtáci!

Po zasloužené prázdninové přestávce usedl autorský tým Ksichtu znovu ke svým klávesnicím a v potu tváře pro vás přichystal první letošní sérii. Co vás tedy čeká a nemine?

Již v první úloze se pustíme na velmi nebezpečné území, na kterém se vám každý špatný krok může stát osudným. Našlapujte tedy opatrně, protože vás čeká hledání min. O nic bezpečnější to ale nebude ani v úloze druhé. S písni na rtech totiž budete likvidovat chemickou havárii po neopatrné manipulaci s jednou zvláště nebezpečnou látkou. Nejspíše vás proto nepřekvapí, že v úloze tři budete mít za úkol ponechat venku bez dozoru samopal a zkoumat, co se bude dít. Pokud pak i tuto úlohu přežijete ve zdraví, pak tu následující můžete vzít klidně ve zkratce. Pro tentokrát by vám to totiž mělo projít. Celou povedenou kolekci pak uzavírá kus číslo pět, který vás zaručeně obohatí a rozzáří. Jeho vyřešení však může být poněkud těžké a jistě to bez nějaké té pronikavé aktivity také nepůjde.

Ksicht však není pouze o řešení úloh. Chtěl bych vás proto upozornit na podzimní výlet. Výbornou příležitost, jak se seznámit s ostatními řešiteli a řešitelkami a zažít věci, které jinde nezažijete.

Honza Havlík

Zadání úloh 1. série 9. ročníku KSICHTu

Úloha č. 1: Elementssweeper

7 bodů

Autoři: Luděk Míka a Pavel Řezanka

„Tak co si zahrajeme dneska?“ zeptal se Luděk, když se po roce opět potkal s Pavlem v metru. „Tabulku mám tentokrát svoji,“ dodal. „Hmm,“ zapřemýšlel Pavel, „co třeba miny⁵?“ Luděk se zeptal: „A jak to chceš udělat?“ Pavel vzal Ludčkovi periodickou tabulku, něco na ni chvíli psal a pak ji podal Ludčkovi se slovy: „Takhle to vypadá po prvních čtyřech krocích, dál už je to na Tobě. Říkej prvky a já budu doplňovat čísla. Celkem je v tabulce 15 min.“



																		0
										0	1			2	1			
										0	1							
							1	0	0	0	0	0	0	0	1	1		
2	2	2	2			2	1	1	0	0	1	1	1			2	1	
0	0	0	1					2	1	1	1					1	0	
0	0	0	1															

prvek	reakce daného prvku	číslo na daném prvku
α	${}^{46}\alpha \longrightarrow {}^{46}\text{Ti} + e^{-}$	2
β	$\text{MeBr} + \beta \longrightarrow \text{Me}\beta\text{Br}$	3
γ	${}^{92}\gamma + e^{-} \longrightarrow {}^{92}\text{Zr}$	3
δ	$\delta\text{O}_3 + 3\mu_2 \longrightarrow \delta + 3\mu_2\text{O}$	3
ϵ	$2\epsilon + 11\mu_2 \longrightarrow 2[\epsilon\mu_9]^{2-} + 4\mu^{+}$	3
η	${}^{207}\text{Pb} + {}^{58}\text{Fe} \longrightarrow {}^{264}\eta + {}^1_0\text{n}$	1
θ	$\theta_2\text{O}_3 + 3\mu_2\kappa \longrightarrow \theta_2\kappa_3 + 3\mu_2\text{O}$	1
κ	$n\kappa_8 \longrightarrow (-\kappa-)_{8n}$ (při 187 °C)	3
λ	$2\text{Au} + \mu_2\lambda \longrightarrow \text{Au}_2\lambda + 2\mu^{+} + 2e^{-}$	2
μ	$\text{Zn} + 2\mu\text{Cl} \longrightarrow \text{ZnCl}_2 + \mu_2$	0; na sousedních polích 1

Tabulka 1: Popis Ludčkových tahů

⁵Návod na hraní min lze nalézt třeba na Wikipedii po zadání klíčového výrazu: hledání min.

1. Navrhněte další hru, která by se dala hrát na periodické soustavě prvků. V minulých ročnících byly: šachy, domino, tetris a lodě.
2. K písmenům řecké abecedy doplňte značky prvků.
3. Napište značky všech 15 prvků, na jejichž pozicích byly umístěny miny.
4. Vystavil se Luděk při posledním odkrývání (prvek μ) riziku, že na daném prvku bude mina? Zdůvodněte.
5. Jakou strukturu má anion $[\epsilon\mu_9]^{2-}$? Nakreslete strukturu a ion pojmenujte.
6. Doplňte oxidační čísla u sloučeniny $Au_2\lambda$ a pojmenujte ji. Vyskytuje se tato sloučenina v přírodě?

Úloha č. 2: LAH**8 bodů**

Autoři: Jiří Kysilka a Pavla Perlíková

Mnozí z vás jistě znáte Nohavicovu píseň Lachtani. Znáte však také její chemickou parafrázi?

LAH

Jedna skupina chemiků
rozhodla se, že zkusí organiku.
Prošli matikou, filosofií, fyzikou
a teď chystají vařbu velikou.
Dali dohromady všechno, co se dalo,
grantový rozpočet to nepřišlo na málo.
Prostou a jednoduchou dedukcí
došli k tomu, že by měli začít redukcí.

REF: LAH LAH Hmmm...

Při výběru redukčního činidla
našli cosi, co připomínalo povidla.
Pod vrstvou prachu nápis skryt:
jde o ***** ***** *****.
Nadšení chemici už by redukovali,
do lahve se však tak snadno nedostali.
Když urazili hrdlo kamenem,
byli oslnění karmínovým plamenem.

REF: LAH LAH Jééé...

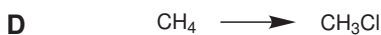
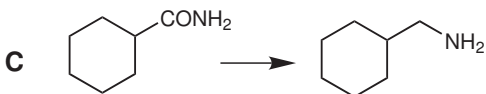
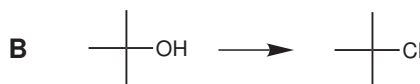
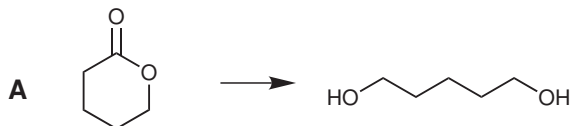
Tu povídá jeden z chemiků:
„Hlavně nerozpoutávejme paniku!
Tohle přece správný chemik ví,
že voda si s plamenem poradí.“
Co to ale vidí jejich chemické zraky?
Dutá rána a ohnivé mraky!
Vystavivše lahev vodní potopě
teď seškrabují zbytky LAHu na stropě.

REF: LAH LAH Jééé...

Tahle skupina chemiků
LAH už příště nechá radši v šuplíku. LAH LAH

1. Doplňte tři vynechaná slova ve druhé sloce.

2. Připomíná čistý LAH opravdu povidla?
3. Které z následujících chemických reakcí (činitla nejsou uvedena) jsou redukce, které oxidace a které nejsou redoxní reakcí? U kterých z těchto reakcí můžeme použít jako činitlo LAH?



4. Proč má plamen po uražení hrdla lahve kamenem karmínovou barvu?
5. Napište vyčíslenou chemickou rovnici reakce LAHu s vodou. Uveďte oxidační čísla jednotlivých prvků u reaktantů i u produktů.
6. Jaká látka vlastně při této reakci hoří?
7. Čím by se měl požár LAHu správně hasit? Pěnovým, práškovým či sněhovým hasicím přístrojem? Stačí v případě malého rozsahu požáru lahev přikrýt a zamezit tak přístupu vzduchu?
8. Dalo by se hašení LAHu pískem využít k výrobě skleněných vánočních ozdob?

Úloha č. 3: Samopal vzor 24**9 bodů**

Autoři: Pavel Žvátora a Pavel Řezanka

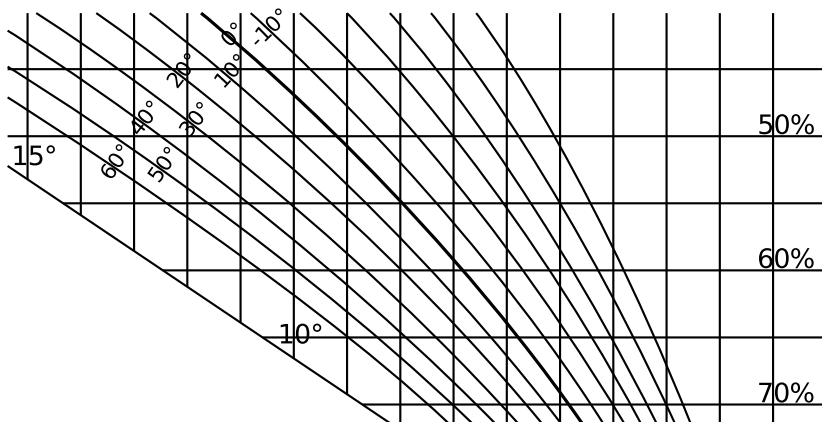
Na nástupišti promlouvá soudruh poručík Troník k nastoupenému útvaru: „Kontrolní otázka soudruzi. Co udělá náš dobře známý samopal vzor 24, když ho ponecháme na větru a dešti? No?“ Po chvíli ticha se z davu nesměle ozve hlas vojína: „Zrezaví, ne, vole.“ Potěšený poručík Troník s povděkem jeho odpověď kvituje: „Zrezaví, správně. A co hlavně?“



1. Z jakého filmu pochází úryvek rozhovoru a kdo je autorem jeho předlohy?
2. Dokončete, jak si na svoji otázku poručík Troník odpověděl.
3. Vysvětlete pojmy rezavění a koroze.
4. Nejčastějším druhem koroze kovových materiálů je koroze ve vodném prostředí, za níž se považuje i atmosférická koroze. Vypočítejte, kolik g H_2O na 1m^3 je obsaženo ve vzduchu s relativní vlhkostí 70 % při $20\text{ }^\circ\text{C}$. Hustota vodních par při $20\text{ }^\circ\text{C}$ je $17,3\text{ g m}^{-3}$.
5. Určete teplotu, při které na samopalu vzor 24 začne kondenzovat voda, ochlazujeme-li jej z $20\text{ }^\circ\text{C}$ při vlhkosti 70% vlhkosti vzduhu. Jak se tato teplota nazývá a jakou má hodnotu? K určení hodnoty této teploty použijte graf znázorněný na obrázku 1.

Příklad odečítání z grafu: Mějme teplotu $50\text{ }^\circ\text{C}$ a 60% vlhkost. Na grafu si najdeme průsečík křivky s $50\text{ }^\circ\text{C}$ a 60% vlhkostí (osa y). Na ose x odečteme rozdíl teplot přibližně $10\text{ }^\circ\text{C}$. Teplota, při které začne při 60% vlhkosti kondenzovat voda, je tedy $40\text{ }^\circ\text{C}$.

6. Vojín Kefalín zapomněl samopal vzor 24 na cvičišti. Spočítejte, o kolik gramů bude samopal lehčí po odstranění korozních produktů, když se pro něj voják za měsíc (30 dnů) vrátí a očistí ho. Rychlost koroze je $0,16\text{ mm rok}^{-1}$, plocha samopalu je 673 cm^2 a hustota kovu, ze kterého je vyroben, je $7,86\text{ g cm}^{-3}$.
7. Navrhněte 4 různá opatření, abyste samopal vzor 24 ochránili před nežádoucí korozí.
8. Vysvětlete pojem obětovaná anoda. Kde se tento způsob ochrany před korozí používá v praxi a dal by se použít pro samopal vzor 24?
9. Napište dílčí anodickou reakci pro Fe^0 pro oba možné vznikající produkty.



Obrázek 1: Graf zobrazující závislost mezi relativní vlhkostí (vpravo), teplotou (na čarách grafu) a rozdílem teplot (svislé čáry; $t_{\text{den}} - t_{\text{kondenzace vody}}$)

10. Na konstrukci zařízení, u nichž je vyžadována zvýšená korozní odolnost, se používají korozivzdorné ocele, lidově řečeno nerez ocel. Co je jejich hlavní přísadou a v čem spočívá její protikorozní účinek?

Úloha č. 4: Křížovka ve zkratce**10 bodů**


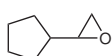
Autor: Pavla Perlíková

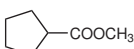
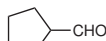
V organické chemii se to zkratkami jenom hemží. Pojdte si proplout moře organických činidel křížem krážem, ale ve zkratce! Protože to, co organik potřebuje ze všeho nejčastěji, je ukryto v tajence.

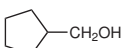
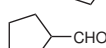
1. Vlevo od křížovky je vždy uvedena výchozí látka, vpravo od ní pak produkt. Vaším úkolem je doplnit do křížovky činidlo, které můžeme využít pro danou reakci. Doplnit však musíte zkratku, která se pro ono činidlo používá. Při hledání vhodných činidel vám navíc mohou být k užítku následující informace.
 - (a) Toto oxidační činidlo má vzhled bílého prášku. Je složeno ze čtyř prvků a jeho molární hmotnost je $172,6 \text{ g mol}^{-1}$. K přípravě tohoto činidla se používá dvouprvková sloučenina s bělicím účinkem.
 - (b) Tato redukce musela být provedena při $-78 \text{ }^\circ\text{C}$ a bylo v ní použito organokovové činidlo odvozené od alanu. Skládá se ze tří prvků a jeho molekulová hmotnost je $142,2 \text{ g mol}^{-1}$.
 - (c) U tohoto oxidačního činidla se kromě zkratky můžeme setkat i se slangovým označením mrkev, jedná se totiž o oranžovou krystalickou látku. Komě jiných pěti prvků obsahuje i kov VI.b skupiny. Možná vám více napoví i molekulová hmotnost $215,6 \text{ g mol}^{-1}$.
 - (d) Práce s následujícím činidlem není legrace, bouřlivě totiž reaguje s vodou, ba dokonce se vzdušnou vlhkostí. Na druhou stranu jde o činidlo velmi mocné, což ostatně dokládá i uvedená reakce. Jedná se o pevnou látku s molární hmotností $38,0 \text{ g mol}^{-1}$. Obsahuje tři prvky.
 - (e) Z fluoridu siřičitého se připravuje silné fluorační činidlo složené z pěti prvků. Má molární hmotnost $161,2 \text{ g mol}^{-1}$ a je to kapalina.
 - (f) Aby tato reakce mohla proběhnout, je třeba přidat kromě činidla v křížovce i trifenylofosfin a N_3H . Toto činidlo je červenooranžová kapalina, která se skládá ze čtyř prvků a má molární hmotnost $174,2 \text{ g mol}^{-1}$. Možná by stálo za to zmínit i nezvyklé křestní jméno objevitele této reakce. Jmenoval se Oyo.
 - (g) V této reakci byla nejdříve při $-78 \text{ }^\circ\text{C}$ použita silná báze z křížovky a pak byl přidán BnBr. Napovím, že báze slouží k tvorbě kinetického enolátu, obsahuje čtyři prvky a má molekulovou hmotnost $107,1 \text{ g mol}^{-1}$.
 - (h) Posledním činidlem je bicyklická báze se symetrickou molekulou. Její molekulová hmotnost je $112,2 \text{ g mol}^{-1}$ a jde o bílou krystalickou


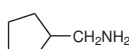
sloučeninu složenou ze tří prvků. Mezi reaktanty nesmí chybět but-3-en-2-on. Reakce nese jméno tří chemiků. Jejich příjmení se skrývají za písmeny M, B a H.

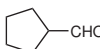
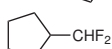
- Co organik potřebuje ze všeho nejčastěji (aneb co byla tajenka)?
- Co znamená zkratka Bn, která se objevila v zadání? Nakreslete i strukturu.

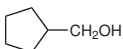
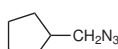
a.  

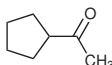
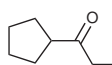
b.  

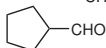
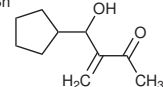
c.  

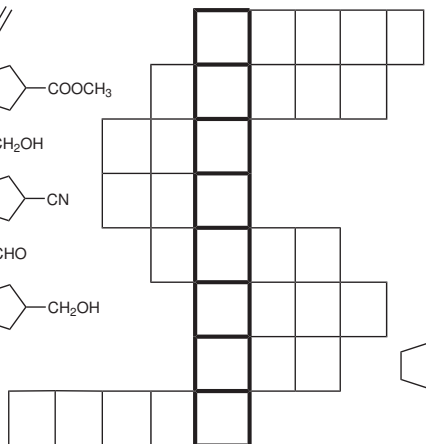
d.  

e.  

f.  

g.  

h.  



Úloha č. 5: Obohacování jaderného paliva**12 bodů**

Autor: Radek Matuška

Téměř denně ze sdělovacích prostředků slýcháváme, že určita země zahájila proces obohacování uranu. Bereme to již jako „běžnou“ informaci a příliš nezkoumáme, co se za tímto zaklínadlem, které tak děsí vlády a veřejnosti, ve skutečnosti skrývá. Pojdme se tedy na chvíli podívat na zoubek obohacování jaderného paliva, výrobě jaderných zbraní apod.



Přírodní uran se vyskytuje převážně ve dvou izotopech, a to ^{235}U a ^{238}U , jejichž zastoupení je 99,27 mol. %, resp. 0,72 mol. %. V malé míře (55 ppm) se vyskytuje i izotop ^{234}U .

1. Jednoduchá otázka na úvod: V předchozích několika větách jsme použili jakési slovíčko „izotop“. Co to znamená, resp. vysvětlíte, jaký je rozdíl mezi pojmy nuklid a izotop.
2. *A propos*, určité prvky jsou označovány jako prvky monoizotopické. Proč je tento výraz ze své podstaty chybný? Pokuste se navrhnout lepší označení pro tyto prvky a určete alespoň dva prvky, které jsou „monoizotopické“.

Ale zpět k meritu našeho zkoumání. Přírodní uran v izotopickém zastoupení, které bylo uvedeno v úvodu, není vhodný pro přípravu jaderného paliva. K tomuto účelu se musí zastoupení nuklidu ^{235}U zvýšit cca na 2 mol. % až 4 mol. %. Jaderné palivo pro většinu běžných reaktorů (PWR a BWR reaktory)⁶ tvoří oxid uraničitý v peletách, v němž je zvýšený obsah štěpného izotopu.

3. Jaká jaderná reakce je podstatou produkce energie v klasických PWR a BWR reaktorech?
4. Pokud jste napsali správnou rovnici v předchozí otázce, musí vám začít vrtat hlavou, proč se nespustí lavinovitá řetězová reakce. Jak se tedy reaktor udržuje v „nevýbušném“, tzv. kritickém stavu (tedy ve stavu, kdy probíhá řízená jaderná reakce)?
5. Z jakého důvodu je nutné přírodní uran obohatit o izotop ^{235}U ?

Proces obohacování lze realizovat několika možnými technologiemi. Klasickou metodou (mimořádně vyvinutou v ČSSR) je využití závislosti rychlosti

⁶PWR = pressurized water reactor, BWR = boiling water reactor

efuse, resp. knudsenovské difuze⁷ látek skrze malý otvor na jejich hmotnosti. Pro střední rychlost molekul při dané teplotě T platí vztah (R je molární plynová konstanta a M molární hmotnost molekuly):

$$\bar{v} = \sqrt{\frac{8RT}{\pi M}} \quad (1)$$

Přírodní oxid uraničitý UO_2 se převede na fluorid uranový, který je za normálních podmínek pevný, avšak při teplotě $56,5^\circ\text{C}$ sublimuje. Vzniklý plyný UF_6 (směs izotopů uranu) je pak veden přes poměrně velké množství nádob, kterými různou rychlostí difunduje a obohacuje se tak o křýžený štěpný nuklid. Následně se fluorid uranový převede zpět na oxid uraničitý redukcí vodíkem s vodní parou.

6. Vyjádřete popsané chemické děje (tedy cestu od přírodního k obohacenému oxidu uraničitému) vyčíslenými chemickými rovnicemi.
7. Navrhněte ještě alespoň jednu metodu, kterou bychom mohli získat z UF_6 zpět UO_2 .
8. Odvoďte vztah pro poměr rychlosti difuze $\frac{(v_d)_{^{235}\text{UF}_6}}{(v_d)_{^{238}\text{UF}_6}}$ za použití rovnice (1).
9. Předpokládejme nejdříve pro jednoduchost dvě nádoby, mezi kterými je malý otvor. První je naplněna směsí přírodního UF_6 a druhá je prázdná. Kolikrát více izotopu vyjádřeného v molárních zlomcích ^{235}U bude ve druhé nádobě oproti první, neboli v jakém poměru budou oba fluoridy uranové efundovat z nádoby?
10. Kolik takových nádob je potřeba k tomu, abychom uran obohatili na 3 mol. % ^{235}U ?

Popsaná metoda plynové difuze je však poměrně finančně náročná, levnější a účinnější je metoda tzv. plynové centrifugy. Separační faktor mezi izotopy 1 a 2 (lehčí a těžší) v i -té a j -té centrifuze je definován jako:

$$\gamma = \frac{\frac{(w_1)_j}{(w_2)_j}}{\frac{(w_1)_i}{(w_2)_i}} = \gamma_0^{j-i} \quad (2)$$

V předchozí rovnici jsou označeny w hmotnostní zlomky jednotlivých izotopů a konstanta γ_0 má hodnotu 1,22.

⁷Efusa je pojem označující únik látek malým otvorem z nádoby. Naproti tomu knudsenovská difuze je průnik látek póry membrány, kdy je střední volná dráha molekul daleko větší než velikost póru, kterým unikají. V praxi se používá knudsenovská difuze, nicméně pro účely zjednodušení si vystačíme s efusním přiblížením.

11. Jaký je význam konstanty γ_0 ?
12. Kolik plynových centrifug musí nakoupit a sériově zapojit militantní vláda, aby dosáhla obohacení uranu na 90 hm. % ^{235}U , které je nutné pro výrobu jaderné zbraně? Stačí jich skutečně tolik, kolik jsme spočítali? Zdůvodněte vaše tvrzení.
13. Jaké množství sériově zapojených difusních nádob by bylo nutné ke stejnému obohacení? Na základě výpočtu doporučte militantní vládě, jaký postup má k výrobě jaderné zbraně použít.
14. A poslední otázka pro zvědavé: Proč je nutné obohatit uran do jaderných zbraní tolik, když elektrárně stačí jen několik málo procent?

nuklid	A_r
^{19}F	18,998403
^{235}U	235,043925
^{238}U	238,050786

Tabulka 1: Relativní atomové hmotnosti některých nuklidů

Seriál – Živé organismy pohledem fyzikální chemie

Autoři: Richard Chudoba a Karel Berka

*Život je úžasný zázrak přírody. Kdysi se lidé domnívali, že za ním stojí „životní síla“, která jej odlišuje od ostatní přírody. Životní sílu se objevit nepodařilo, namísto toho se ukazuje, že všechny neuvěřitelné projevy života nejsou ničím jiným, než množstvím důmyslně provázaných chemických reakcí, jejichž průběh je plně podřízen fyzikálním zákonům. Kvůli tomu se však život nestal méně úžasnější, právě naopak!*⁸

V prvním dílu seriálu se seznámíme s buňkou a naučíme na biomakromolekuly dívat fyzikálněchemicky. Možnosti a způsoby vzájemné interakce biomakromolekul určují jejich biologické působení. V druhém dílu se budeme zabývat zdrojem energie pro život – fotosyntézou. Ve třetím dílu si povíme více o proteinech. Poslední díl budeme věnovat metodám, kterými lze tajemství života objevovat.⁹

Naše povídání začneme tím, že se podíváme, jak se k sobě molekuly „vážou“.

Nekovalentní (van der Waalsovy) interakce

Pokud chemik hovoří o vazbě, myslí tím obvykle vazbu kovalentní, nebo iontovou, která má vysokou disociační energii v řádově stovkách kilojoule na mol (kJ/mol). Ovšem pro živé organismy jsou neméně důležité i nekovalentní interakce, jejichž energie je typicky jen několik kJ/mol. Takové síly mohou snadno vznikat a zanikat, aniž by byly ohroženy kovalentní vazby, a protože je jich hodně, jsou i dostatečně silné, takže třeba protein si pomocí nich udržuje svůj tvar. Můžete si to představit jako suchý zip. Jeden háček drží slabou silou, takže jej lze snadno odtrhnout, ovšem pokud je háčků dostatek, tak je najednou neodtrhnete.

⁸Tajemství života lze odhalovat různě. Já jsem zvolil netradiční způsob kombinací fyzikální chemie a molekulární biologie. Vadilo mi totiž, že jsem se učil chemií a biologií bez vzájemných souvislostí. Chemie měla svoje jednoduché molekuly, biologie se zase nezabývala ničím menším než buňkou. Co je to protein, jsem se nedozvěděl pořádně ani z jedné strany. Základní kurs biochemie na vysoké škole mně také mnoho nepomohl: Znal jsem sice dopodrobna mechanismy nejrůznější biochemických dějů, věděl jsem *jak*, ale netušil jsem *proč*. Věci jsem si utřídil až po kursu molekulární biologie a biofyzikální chemie. Pokud se tedy chcete dozvědět o životě co nejvíce, začněte fyzikální chemií a molekulární biologií, byť to zní poněkud zvláště.

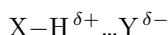
⁹Mou snahou bude seriál na webu průběžně doplňovat podle vaší odezvy. Uvítám, když mi napíšete, co vás zajímá, anebo že jste něco úplně nepochopili. Určitě mi napište, pokud budu vykládat o něčem, co jsem pořádně nevysvětlil. Samotnému mi strašně vadilo, když někdo přednášel a neustále hovořil o brbláze a já jsem zoufale netušil, co si pod brblázou mám představit.

Elektrostatická interakce

Takto se označují všechny interakce, které se řídí Coulombovým zákonem. Tedy přitažlivé či odpuzivé působení mezi náboji, dipóly, případně vyššími multipóly (voda má dipól, benzen má kvadrupól a ikosaedrické struktury dokonce až oktapól). Elektrostatická síla mezi dvěma náboji klesá ve vakuu „jen“ s druhou mocninou vzdálenosti, takže se jedná o interakci dalekého dosahu. Elektrostaticky na sebe mohou molekuly působit jak přitažlivě (+−) tak i odpuzivě (++/−−). Přitažlivě na sebe působí třeba nabitě aminokyselinové zbytky v proteinu, např. arginin (+) a kyselina glutamová (−), nebo fosfátová páteř DNA (−) s kladnými protiionty.

Vodíková vazba

Vodíková vazba, nebo také vodíkový můstek je interakce mezi vodíkem vázaným kovalentně na elektronegativním atomu a jiným elektronegativním atomem.



Atom vodíku má výsadní postavení, protože obsahuje jediný elektron. Proto pokud se vodík účastní vazby s elektronegativním atomem, je jádro vodíkového atomu z opačné strany prakticky odhaleno, takže může snadno elektrostaticky interagovat s atomy s dostatečnou zápornou nábojovou hustotou. Vodíková interakce vzniká typicky mezi vodíkem a dusíkem, kyslíkem, fluorem (malé atomy s dostatečným parciálním nábojem).¹⁰

Pauliho repulze

Tato velice krátkodosahová (nedosahuje za hranu elektronového obalu), ale současně velice silná repulzní (odpudivá) interakce pramení z kvantového chování elektronů v obalu atomu, přesněji z Pauliho vylučovacího principu. Ten říká, že jeden orbital může být obsazen maximálně dvěma elektrony s opačným spinem. Orbital je prostor, ve kterém se tyto dva elektrony pohybují. Všechny obsazené orbitály pak tvoří elektronový obal, který se brání stlačení podobně, jako se brání třeba kapaliny. K jejich stlačení potřebujete obrovskou sílu, a proto jsou za normálních podmínek prakticky nestlačitelné.

¹⁰Poměrně nedávno byla objevena i tzv. halogenová vazba, která je vodíkové vazbě podobná. Jsou jí schopné například halogeny, které jsou připojeny na konjugovaný elektronový systém (např. benzen). Na takovémto halogenu se na odvrácené straně se také sníží elektronová hustota a dokonce se tam objeví malý parciální kladný náboj. Tato poměrně kuriosní vazba poměrně rychle získává na významu, neboť se zdá, že je odpovědná za účinek mnohých léčiv nebo za toxicitu polychlorovaných bifenylů (PCB).

Londonova disperze

Londonovy dispersní interakce jsou vytvářeny náhodnými fluktuacemi elektronových obalů dvou atomů. Jsou sice velice slabé a působí na krátkou vzdálenost, ale jejich síla spočívá v množství. Jsou totiž všudypřítomné a také jsou vždy přitažlivé, takže jsou důvodem, proč je možné zkapalnit i vzácné plyny. V živých organismech k sobě lepší například jednotlivá patra bází v DNA nebo napomáhají ke skládání proteinů.¹¹

Hydrofobicita

Hydrofobicita (nemísitelnost nepolárních látek a vody) je je asi nejpozoruhodnějším důsledkem nekovalentních interakcí, neboť je za ni zodpovědná do značné míry voda. Hydrofobicita je způsobována tím, že interakce rozpuštěné látky s molekulami vody v okolí je slabší než interakce, které mezi sebou mají tyto molekuly vody mezi sebou. Výsledkem je, že voda změnil svou strukturu, aby se jí do nevýhodného kontaktu s nepolární látkou dostávalo co nejméně molekul a to vede k vylučování nepolárních (hydrofobních) látek ven z vodní fáze. Typicky hydrofobní jsou dlouhé uhlíkaté řetězce mastných kyselin, které se vlivem hydrofobicity shlukují a podle koncentrace vytvářejí micely nebo lipidové dvouvrstvy.

Chemické složení buněk

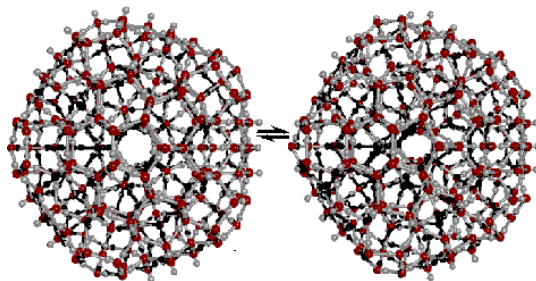
Základem živých organismů je buňka, což je v prostoru ohraničená jednotka naplněná koncentrovaným vodným roztokem chemických sloučenin. Některé z těchto chemických látek pocházejí z neživé přírody, ale většina z nich je vytvářena buňkou z jednoduchých organických molekul. Sloučeniny jako nukleové kyseliny či proteiny překvapí svou důmyslností – chovají se jako „inteligentní molekuly“. Začneme však látkou nejjednodušší – vodou.

Voda

Ač se jedná o látku všudypřítomnou a na první pohled nezájímavou, nepodařilo se doposud navrhnout model vnitřní struktury kapalně vody, který by uspokojivě vysvětloval všechny její neobvyklé vlastnosti.

Voda tvoří přibližně 70 % hmotnosti buňky. Slouží jako *polární rozpouštědlo* ostatních látek, což umožňuje, aby uvnitř buňky probíhaly chemické reakce. Molekula vody dokáže uvolnit anebo přijmout H^+ iont, takže se účastní *acidobazických rovnováh*. Acidobazické rovnováhy pak přímo ovlivňují náboj

¹¹Dokonce se s pomocí disperzních interakcí udrží gekoni na skleněných stěnách.



Obrázek 1: Možná struktura kapalné vody. Kapalná voda může mít mikrostrukturu ikosaedru 280 molekul H_2O . Existují dvě stabilní podoby, mezi kterými klastr přechází: volná (vlevo) a těsná (vpravo). Klastr se neustále přeuspořádává, jak molekuly odpadávají a navazují se. Jeho geometrický střed se tak posouvá.

biomakromolekul. Prostřednictvím *vodíkových vazeb* voda interaguje s jinými molekulami (např. proteiny) i sama se sebou. Vnitřní struktura vody je pak klíčová pro *hydrofobicitu*.

Voda tedy hraje nezastupitelnou úlohu pro vznik organel. Bez jejího přispění by nemohly vzniknout membrány, které je ohraničují, ani vhodně uspořádané proteiny, které je tvoří.

Zavedení stupnice pH

O významu pH pro buněčné děje svědčí skutečnost, že jej poprvé definoval roku 1909 dánský biochemik Sørensen, který studoval účinek koncentrace iontů na proteiny. Účinek vodíkových iontů se ukázal obzvláště významný. Původně bylo pH definováno jako záporný dekadický logaritmus^a jejich koncentrace. Později byla definice v souladu s poznáním změněna na záporný dekadický logaritmus aktivity vodíkových iontů: $\text{pH} = -\log a_{\text{H}^+}$. Ve vodném prostředí je kation H_3O^+ nejsilnější kyselinou.

^aFyzikální chemik by se jistě byl býval rozhodl pro logaritmus přirozený.

Anorganické ionty

Malé anorganické ionty přispívají ke vzniku vhodného prostředí uvnitř buňky. Svou interakcí s vodou vytvářejí osmotický tlak. Ionty také ovlivňují elektrické vlastnosti roztoku (např. permitivitu). Hydratace iontů (jejich obklopení molekulami vody) mění strukturu vody. Chaotropní ionty (např. K^+ , Cl^-)

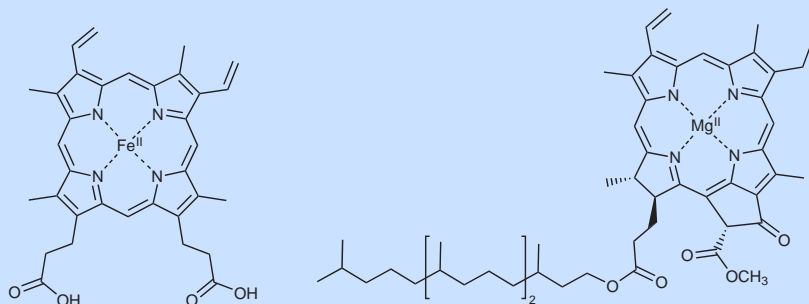
s nízkou nábojovou hustotou snižují hydrofobní efekt, zatímco kosmotropní ionty (např. Li^+ , Mg^{2+} , SO_4^{2-}) s vysokou nábojovou hustotou jej zvyšují.

Neméně důležitá je přímá interakce iontů s biomakromolekulami, u nichž vyrovnávají jejich povrchový náboj.

Průběh mnoha enzymatických reakcí závisí na přítomnosti kovových iontů (Mg^{2+} , Zn^{2+} , Cu^{2+} ...) jako tzv. kofaktoru.

Ionty jsou nezbytné pro vznik elektrochemického gradientu na membránách. Tímto způsobem se například šíří nervový vzruch.

Hem a chlorofyl



Hem (vlevo) je obsažen v hemoglobinu, metaloproteinu červených krvinek. Atom Fe^{II} je nezbytný pro schopnost hemoglobinu vázat kyslík. Oxidací Fe^{II} na Fe^{III} tuto schopnost ztrácí.

Chlorofyl (vpravo) se vyskytuje v chloroplastech zelených rostlin. Během fotosyntézy zachytává kvanta elektromagnetického záření a jejich energii přenáší v podobě excitovaného stavu do reakčního centra.

V obou případech je atom kovu komplexován porfyrinovým ligandem.

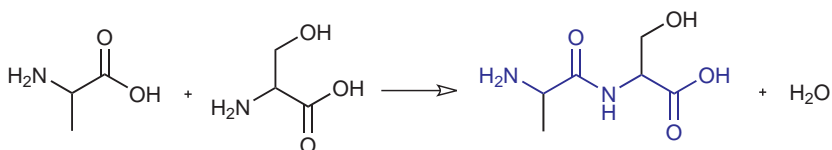
Proteiny

Po vodě jsou proteiny nejvíce zastoupené látky v buňce. Část z nich tvoří stavební prvky buněk, některé pracují jako molekulární stroje. Enzymy katalyzují reakce, hormony regulují metabolické procesy, atd. Proteinů stejně jako jejich funkcí je nepřeberně.

Funkce proteinu je určena především jeho tvarem a vlastnostmi povrchu. Důležité je například, kde se na povrchu nacházejí ionizovatelné skupiny (především COO^- či NH_3^+) a jaký je jejich náboj; kde se vyskytují polární skupiny (jako OH); jaký tvar má hydrofobní dutina apod. Pokud chceme porozumět, ja-

kou má protein funkci, je potřeba znát jeho trojrozměrnou strukturu a „osahat si“ jeho povrch.

Z čeho se protein skládá po chemické stránce? Je to lineární řetězec α -L-aminokyselin spojených peptidickou vazbou. Vzorce základních aminokyselin včetně jejich rozdělení na nepolární, polární kladně a záporně nabitě lze nalézt v každé učebnici biochemie, takže je zde nebudu uvádět. Řetězec peptidických vazeb spojujících aminokyseliny se nazývá hlavní řetězec nebo také kostra proteinu. Pořadí aminokyselin v řetězci se označuje jako sekvence proteinu. Kostra drží proteinové vlákno pohromadě. Pro tvar proteinu jsou však neméně důležité i postranní řetězce jednotlivých aminokyselin, které z hlavního řetězce trčí. Tyto tzv. vedlejší řetězce svými vzájemnými nekovalentními interakcemi vytvářejí kontakty, kterými je sbalený protein držen ve své trojrozměrné struktuře. Podrobně se proteinům budeme věnovat ve třetím dílu seriálu.



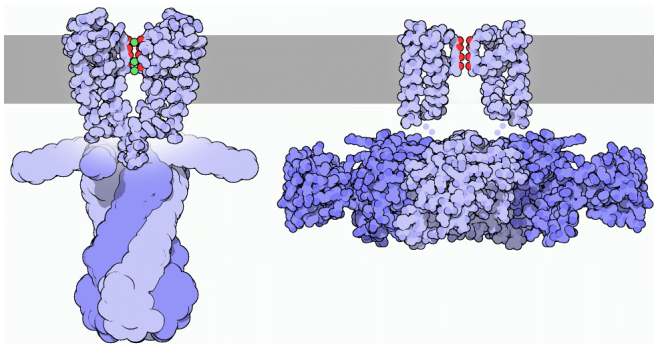
Obrázek 2: Kondenzace alaninu a serinu na dipeptid Ala-Ser. Kostra dipeptidu je znázorněna modře. Sekvence se uvádí od N (amino) konce k C (karboxy) konci, protože tímto směrem probíhá syntéza proteinů v organismu.

Nukleové kyseliny

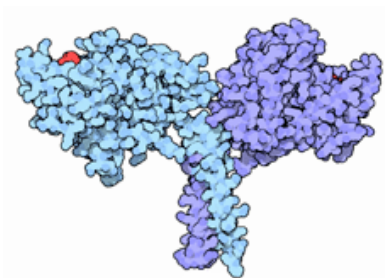
Nukleové kyseliny jsou nerozvětvené polymerní řetězce složené z tzv. nukleotidů, což je označení pro monomerní jednotky tvořené pentosou (obecně pětiuhlíkatý monosacharid), kyselinou fosforečnou a dusíkatou bází. Posloupnost nukleotidů v řetězci se označuje jako sekvence. Nejobvyklejšími nukleovými kyselinami jsou kyselina deoxyribonukleová (DNA) a kyselina ribonukleová (RNA). V DNA se genetická informace skladuje a pomocí RNA se překládá do řeči proteinů. Sekvence tří nukleotidů v DNA kóduje jednu aminokyselinu v proteinu.¹²

Dva polymerní řetězce DNA tvoří dokonale spárovanou dvojšroubovici. Kostura vláken je tvořena sacharidem deoxyribosou spojenou s kyselinou fosforečnou fosfodiesterovou vazbou, zatímco báze jsou uvnitř struktury a párují se k sobě

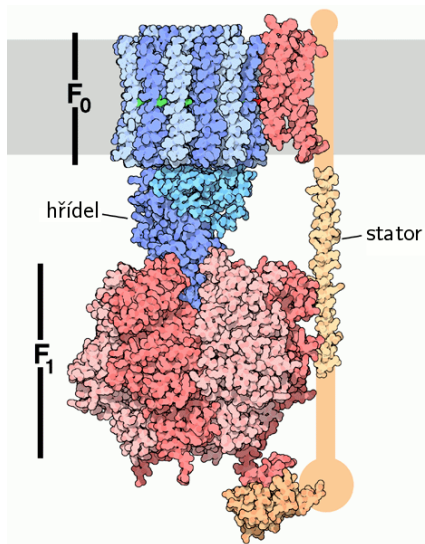
¹²Ve skutečnosti jen malá část DNA kóduje proteiny. Většina DNA se do proteinů nepřepisuje. O některých úsecích víme, že slouží k regulaci přepisu, ale význam zbylé nekódující DNA není znám.



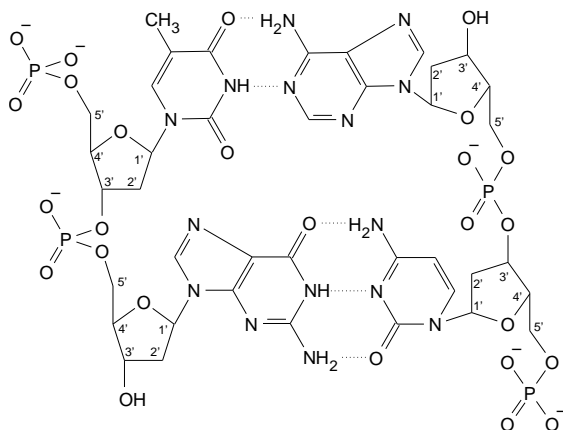
Obrázek 3: Proteinový kanál pro přenos draselného iontu skrze membránu (vlevo uzavřený, vpravo otevřený). K^+ ion (zeleně) je v roztoku obklopen několika molekulami vody tvořícími jeho hydratační obal. Aby draselný ion mohl projít kanálem, musí se jich nejprve zbavit. Uvnitř iontového kanálu se však nacházejí aminokyseliny s atomy kyslíku (červeně), které mu hydratační obal nahradí. Kanál je selektivní na K^+ ionty, protože větší kation by neprošel z geometrických důvodů, zatímco menší kation (např. Na^+) by nepocítil náhradu hydratace.



Obrázek 4: Kinesin je tzv. motorový protein. Pohybuje se po vláknech mikrotubulu a přenáší náklad (například váček s nově vytvořeným proteinem) v buňce. Na obrázku je znázorněna část nasedající na mikrotubulus. Pohyb po vláknech připomíná chůzi: jedna část je přichycena, druhá část se posune. energii tento molekulární motor získává hydrolýzou ATP (červeně).



Obrázek 5: ATPsynthasa je enzym, který syntetizuje molekuly adenosintrifosfátu (ATP). ATP slouží jako zdroj energie pro mnoho chemických reakcí probíhajících uvnitř buňky. Syntéza molekuly ATP z adenosindifosfátu (ADP) a volného fosfátového iontu je energeticky poměrně náročná. ATPsynthasa pracuje jako hamr (kovářské kladivo poháněné vodním kolem). Podjednotkou F_O protékají po koncentračním (přesněji elektrochemickém) spádu H⁺ ionty, které roztáčejí klikovou hřídel. Pohyb hřídele mění konformaci podjednotky F₁, která mechanickou silou k sobě stlačí ADP a fosfát za vzniku ATP. Tento enzym může samozřejmě pracovat i opačně: Hydrolyzuje ATP na ADP a fosfát, přičemž čerpá H⁺ ionty proti elektrochemickému spádu.



Obrázek 6: Znázornění dvojice dinukleotidů TG (levé vlákno čteno odshora) a CA (pravé vlákno čteno zespoda) spárovaných dle Watsona a Cricka. Sekvence nukleotidů se zapisuje 5'→3' (dle značení uhlíků na deoxyribose), neboť tímto směrem postupuje enzym polymerasa při vytváření nového vlákna.

prostřednictvím vodíkových můstků. Adenin se vždy páruje s thyminem, zatímco guanin s cytosinem. Párování bází umožňuje snadno vytvářet negativní kopie libovolného úseku vlákna.

Zatímco DNA nese genetickou informaci, RNA plní servisní funkce: Genetickou informaci v buňce přenáší (mediátorová mRNA) a podílí se na jejím přepisu do proteinů (transferová tRNA a ribosomální rRNA). Chemicky se RNA od DNA liší tím, že její kostra je tvořena sacharidem ribosou namísto jejího derivátu deoxyribosy. Tento drobný rozdíl umožňuje enzymům v buňce bezpečně odlišit tyto dva typy nukleových kyselin a také vede ke snížené stabilitě RNA, kdy je RNA schopna se za určitých podmínek samovolně štípat. Dále RNA neobsahuje thymin, ale uracil (thymin = methyluracil).¹³

Sacharidy

Složení sacharidů přibližně odpovídá vzorci $(\text{CH}_2\text{O})_n$. V buňce se vyskytují ve formě monosacharidů (např. glukosa, fruktosa, ribosa), disacharidů (např. laktosa, sacharosa), oligosacharidů (často kovalentně vázaných na proteiny) a polysacharidů (např. amylosa, celuloza, chitin).

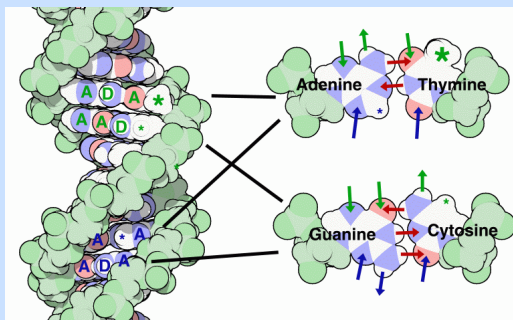
¹³V tRNA se vyskytují i jiné nukleosidy jako inosin či pseudouridin.

Stabilní dvojšroubovice DNA

Podívejme se nyní na dvojšroubovici DNA, jejíž dvě vlákna jsou spolu spojena právě prostřednictvím řady ne vazebných van der Waalových interakcí. Nejprve si povšimněme záporně nabitých kostry. Záporný náboj fosfátových skupin musí být kompenzován ionty (Mg^{2+}), nebo proteiny bohatými na kladně nabitě skupiny (histony), jinak by odpuzivé elektrostatické síly šroubovici DNA napřímily. Báze se párují vodíkovými můstky. Úseky DNA bohatší na páry GC se třemi vodíkovými vazbami jsou stabilnější než úseky s převahou párů AT majících jen dvě vodíkové vazby. Ovšem samotné vodíkové vazby by ke stabilizaci dvojšroubovice nestačily. Stejně významné jako vodíkové vazby jsou i disperzní a elektrostatické (kvadrupólové) interakce mezi aromatickými jádry purinů a pyrimidinů v sousedních párech bází v patrech nad sebou^a.

Když se podíváte na dvojšroubovici DNA, musí vám už být jasné, proč se jmenuje kyselina, i když je složena z bází. Báze jsou pohřbeny uvnitř dvojšroubovice, takže nejsou v kontaktu s vodou, a proto nemohou mít přímý vliv na acidobazickou rovnováhu. Zatímco zbytky kyseliny fosforečné se nacházejí na povrchu, kde jsou v přímém kontaktu s rozpouštědlem, a proto DNA reaguje kysel.

Na DNA je též zajímavé, že ji nemusíte rozplést, abyste se dozvěděli, jakou sekvenci obsahuje. Vše lze vyčíst pomocí van der Waalových interakcí z velkého žlábkku, jak je patrné z obrázku a tabulky. (Symbol +/D značí dárce a -/A příjemce vodíku ve vodíkové vazbě, * nepolární methylovou skupinu a ° malý nepolární vodíkový atom.)



AT	-	+	-	*
TA	*	-	+	-
GC	-	-	+	°
CG	°	+	-	-

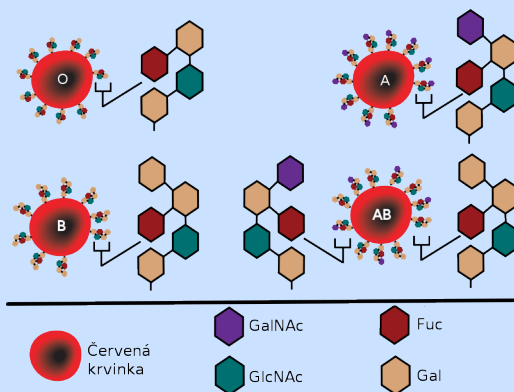
^aPříspěvek patrových interakcí ke stabilitě DNA byl dosud značně podceňován.

Sacharidová abeceda

Různé aldohexosy (šestiuhlíkaté monosacharidy s aldehydickou skupinou) jsou v principu pouze optickými isomery jedné látky. Těchto isomerů je celkem 16 (32 v případě cyklických forem). Uvážíme-li možnost vytvářet větvený oligosacharidový řetězec, nabízí se využití cukrů jako písmen pro zapisování údajů.

Buňky člověka zapisují údaje převážně glukosou, galaktosou, mannosou a jejich deriváty. Oligosacharidy vytvořené z těchto jednoduchých cukrů vystavují prostřednictvím glykoproteinů na vnější stranu membrány. Vystavené oligosacharidy pak slouží k vzájemnému poznávání. Známým příkladem jsou červené krvinky, jejichž oligosacharidy se liší podle typu krevní skupiny.

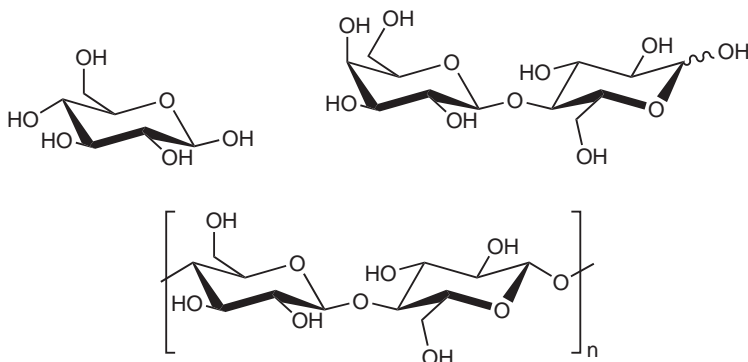
Význam sacharidového kódu není zatím plně pochopen. Jeho luštění představuje v současnosti velkou výzvu pro bioanalytické metody, neboť zatím neexistuje vhodná metoda, která by kód založený na optických isomerech dokázala ve stopových množstvích jednoduše přečíst.



Oligosacharidy červených krvinek různých krevních skupin (Glc – glukosa, Gal – galaktosa, GlcNAc – *N*-acetylglukosamin, GalNAc – *N*-acetylgalaktosamin)

Sacharidy dokáží kondenzovat v lineární či rozvětvené polymerní řetězce, či opačně hydrolyzovat až na monosacharidy. Vlastnosti polysacharidů závisí zejména na způsobu propojení monosacharidových jednotek mezi sebou. Například amylosa a amylopektin jsou polymery glukosy, ale zatímco větvený amylopektin je rozpustný ve vodě, nevětvená amylosa nikoliv.

Sacharidy slouží buňce především jako zdroj a zásobárna energie; pro představu, úplnou oxidací 1 g glukosy se uvolní přibližně 16 kJ energie. Polysacharidy dále plní stavební funkci. Příkladem budiž celuloza v buněčné stěně rostlin nebo chitin ve vnější kostře hmyzu.



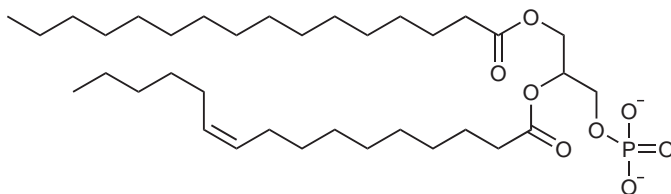
Obrázek 7: Monosacharid glukosa, disacharid laktosa (galaktosa + glukosa) a celuloza (polymerní glukosa)

Lipidy

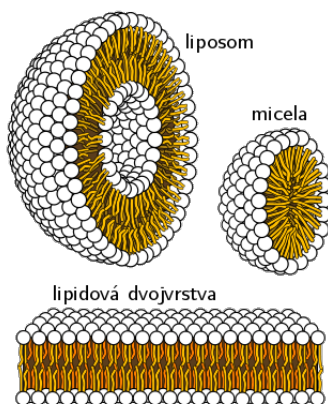
Mastné kyseliny (obecně $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_n\text{COOH}$) se skládají z hydrofobního uhlíkatého řetězce a polární hlavičky v podobě karboxylové skupiny. Kromě nasycených mastných kyselin existují i nenasycené mastné kyseliny s různým počtem dvojných vazeb. Mastné kyseliny vytvářejí diestery s glycerol-3-fosfátem za vzniku tzv. fosfolipidů.

Ve vodném prostředí se fosfolipidy snaží uspořádat tak, aby hydrofobní řetězce mastných kyselin zůstaly pospolu, zatímco v kontaktu s vodou byly pouze polární hlavičky glycerol-3-fosfátu. Vznikají tak micely nebo lipidové dvojvrstvy. Hydrofobicita mastných kyselin je pro buňku zdaleka nejdůležitější, neboť umožňuje vznik membrán.

Další rolí mastných kyselin je zásoba energie: Odmyslete si koncovou karboxylovou skupinu (která hodnotu energie oxidace vzdálenějších vazeb prakticky



Obrázek 8: Fosfolipid (diester nasycené a mononenasycené mastné kyseliny s glycerol-3-fosfátem). Konfigurace *cis* na dvojně vazbě činí hydrofobní část méně skladnou, takže membrány bohatší na *cis*-nenasycené mastné kyseliny jsou tekutější.



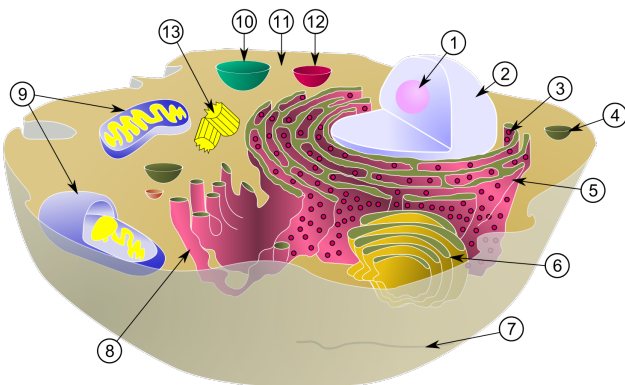
Obrázek 9: Micela, lipidová dvojvrstva a liposom

neovlivňuje) a máte před sebou stejné uhlovodíky, které se vyskytují v ropě a které k pohonu našich strojů běžně používáme i my.

Pro úplnost je nutno uvést, že mezi lipidy patří vedle mastných kyselin cholesterol, fosfolipidy, polyisoprenoidy, některé vitamíny a další látky.

Buněčné organely

Pokud bychom smíchali a dokonale protřepali všechny potřebné chemické ingredience, buňka nevznikne. Chemické látky je totiž potřeba pečlivě poskládat ve funkční celky, v organely. Organely jsou útvary uvnitř buňky ohraničené membránou z lipidové dvouvrstvy. Uvnitř se nacházejí proteiny a další látky podle účelu. Pěknou představu o vnitřním životě buňky získáte z animace „[The Inner Life of the Cell](http://multimedia.mcb.harvard.edu/anim_innerlife.html)“¹⁴.



Obrázek 10: Schematický náčrt živočišné buňky: 1 – jádro, 2 – jádro, 3 – ribosom, 4 – váček, 5 – hrubé endoplasmatické retikulum, 6 – Golgiho aparát, 7 – mikrotubuly, 8 – hladké endoplasmatické retikulum, 9 – mitochondrie, 10 – lysosom, 11 – cytosol, 12 – peroxisom, 13 – centrioly

Cytosol

Pokud bychom z buňky vyjmuli všechny organely, zbude roztok, který se nazývá cytosol. Koncentrace makromolekul je v cytosolu ovšem tak velká, že roztok se nepodobá kapalině, ale má konzistenci podobnou gelu. Chemicky se tedy jedná o sol. Vedle makromolekul jsou v cytosolu rozpuštěny též malé organické a anorganické molekuly.

Buněčné jádro

Buněčné jádro eukaryotní buňky obsahuje molekuly DNA kódující genetickou informaci. Jádro je jako knihovna, kde se části této informace neustále

¹⁴http://multimedia.mcb.harvard.edu/anim_innerlife.html

přepisují (transkripce) a posílají mimo jádro pomocí vláken mRNA, aby se podle nich mohly v ribosomech tvořit nové a nové proteiny. Při dělení buňky se pak v jádře vytvoří kompletní kopie této informace (replikace)¹⁵.

Buněčné jádro je obklopeno dvojitou membránou, ve které se nacházejí jaderné póry. Skrze ně dochází k transportu látek mezi jádrem a cytosolem.

Endoplasmatické retikulum

Vnější jaderná membrána plynule přechází v hrubé endoplasmatické retikulum, což je labyrint membrán. Kolem endoplasmatického retikula se nacházejí ribosomy, které jsou tvořeny komplexy rRNA s proteiny. Ribosomy na základě informací z jádra, kódovaných v mRNA, syntetizují nové proteiny z aminokyselin nesených na tRNA.

Pokud ribosom plující v cytosolu vytváří protein, který bude nějakým způsobem ukotven v membráně, zachytí se ribosom na hrubém endoplasmatickém retikulu. Vznikající protein tak může být ihned skládán do patřičného tvaru a jeho hydrofobní části se rovnou zanořují do membrány. Hotové membránové proteiny jsou zadržovány v jakýchsi váčcích z membrány endoplasmatického retikula a tyto váčky se pak přenesou na místo určení, kde splynou se stávající membránou.

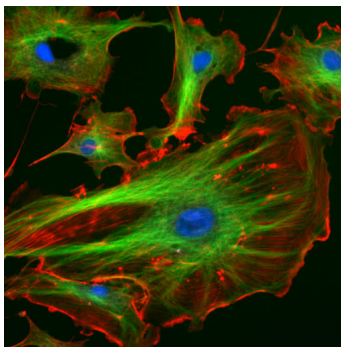
Mějte na paměti, že na obrázcích bývá nakresleno jen několik ribosomů kvůli přehlednosti. Ve skutečnosti je jimi hrubé endoplasmatické retikulum doslova přecpáno, neboť potřeba buňky vytvářet proteiny je obrovská!

Hladké endoplasmatické retikulum je bez ribosomů a slouží mimo jiné k syntéze lipidů.

Cytoskelet

Aby mohl být transport látek uvnitř buňky efektivní, je potřeba udržovat síť, po které je možné makromolekuly a organely dopravovat z místa na místo. Takovou síť je vnitřní kostra buňky – cytoskelet, který je tvořen proteinovými vlákny aktinu (tzv. mikrofilamenta), tubulinu (tzv. mikrotubuly) a keratinu (tzv. intermediární filamenta). Cytoskelet není pevně dané buněčné lešení, ale neustále se přeuspořádává dle potřeby. Vedle dopravní funkce též cytoskelet udržuje tvar buňky.

¹⁵Takřka kompletní: Úplné konce molekuly DNA se nedokáží zkopírovat, takže DNA se v oblasti telomer postupně zkracuje. Měřením délky telomer lze sledovat stárnutí organismu.



Obrázek 11: Cytoskelet buňky je tvořen silnými vlákny mikrotubulů (zeleně) a jemnějšími vlákny mikrofilament (červeně). Jádro je obarveno modře.

Mitochondrie a chloroplasty

Mitochondrie a chloroplasty jsou orgány, které mají vlastní DNA. Evolučně se jedná o jiné buněčné organismy, které byly kdysi primitivními buňkami pohlceny. Tyto složité orgány produkují energii nezbytnou pro život buňky v podobě molekul ATP.

Syntéza ATP v chloroplastech a mitochondriích je nádhernou ukázkou molekulárních strojů, které využívají elektrochemický spád k vytvoření nové molekuly. Podrobněji se budeme bioenergetikou zabývat ve druhém dílu.

Lysosomy

Lysosomy jsou prosté váčky ohraničené membránou, které obsahují látky potřebné k trávení. Membrána zde funguje jako baňka, která umožňuje, aby uvnitř lysosomu panovalo prostředí odlišné od zbytku buňky. (Ostatně není žádoucí, aby buňka sama sebe sežrala.)

Závěrem

Seznámili jsme se s tím, jak vypadá buňka, z jakých chemických látek se skládá a jakými způsoby mohou spolu tyto látky interagovat. Zjistili jsme, že se jedná u důmyslně uspořádaný systém složitých molekul. Příště se dozvíme, jaký souboj svádí buňka s druhým termodynamickým zákonem, který říká, že takto uspořádaný systém není vůbec snadné udržet, neboť neuspořádanost (entropie) všech uzavřených systémů musí v čase růst.

Literatura

1. A. J. Stone: The theory of intermolecular forces, Oxford University Press, UK, 1997, ISBN 9780198558835
2. D. Voet, J.G. Voet: Biochemistry, Wiley, USA, 2004, ISBN 047119350X
3. B. Alberts, A. Johnson, J. Lewis, M. Raff, K. Roberts, P. Walter: Molecular Biology of the Cell, 4. vydání, Garland Science, UK, 2002, ISBN 0815332181
4. M. Kodíček, M. Karpenko: Biofyzikální chemie, 2. vydání, Academia, ČR, 2000, ISBN 8020007911
5. M. Chaplin: [Water Structure and Science](#)¹⁶
6. D. S. Goodsel.: [Molecule of the Month](#)¹⁷
7. http://multimedia.mcb.harvard.edu/anim_innerlife.html

Obrázky jsou převzaty z Wikimedia Commons a 5–6.

¹⁶<http://www.lsbu.ac.uk/water/>

¹⁷<http://www.pdb.org/pdb/motm.do>

Zajíček chemik

