






Korespondenční Seminář Inspirovaný Chemickou Tematikou

ročník 7, série 1

2008/2009

# Zajímavé chemie

<p>Mendel</p> <table border="1"><tr><td>A</td><td>a</td></tr><tr><td>A</td><td>Aa</td></tr><tr><td>a</td><td>Aa</td></tr></table> 	A	a	A	Aa	a	Aa	
A	a						
A	Aa						
a	Aa						
 	 <p>Arky 21.9.2008</p>						

## Stérická stabilizace

Druhý způsob, jak mohou být koloidní kovové částice ochráněny před agregací, je použití makromolekul, jako jsou dendrimery, polymery, blokové kopolymery nebo oligomery, které kolem nanočástic vytvoří ochrannou vrstvu.

V porovnání s elektrostatickou stabilizací, která je většinou používána ve vodném prostředí, může být sterická stabilizace použita jak v organické, tak ve vodné fázi.

## Elektrosterická stabilizace

Elektrostatická a sterická stabilizace byly spojeny z důvodu udržení kovových nanočástic v roztoku. Jako stabilizátory se používají již zmíněné iontové detergenty nebo organokovy. Tyto sloučeniny nesou jak polární funkční skupinu umožňující generovat elektrickou dvoivrstvu, tak lipofilní řetězec poskytující sterickou repulzi.

## Stabilizace ligandem nebo rozpouštědlem

Termín „stabilizace ligandem“ byl vybrán proto, aby popsal použití tradičních ligandů ke stabilizaci koloidů přechodných kovů. Tato stabilizace je umožněna koordinací kovové nanočástice s ligandy jako jsou například fosfiny, thioley a jejich deriváty a aminy.

Kromě toho bylo zjištěno, že nanočástice mohou být stabilizovány samotnými molekulami rozpouštědla. Výhody stabilizace rozpouštědlem jsou:

- i. metoda je obecně aplikovatelná na soli kovů 4. až 11. skupiny periodické tabulky,
- ii. metoda poskytuje neobvykle vysoké výtěžky koloidů kovů, které jsou snadno izolovatelné jako prášky,
- iii. částice jsou téměř monodisperzní,
- iv. syntéza je vhodná pro několikanásobnou přípravu a může být snadno provedena i ve větším měřítku.



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

## Vážený 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. Předějte jim prosím zadání KSICHTu. Mnohokrát děkujeme.

Pokud máte zájem, můžeme Vám poslat 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.

Příložený 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 sedmým rokem pro vás, středškolačky, KSICHT připravují studenti Přírodovědecké fakulty Univerzity Karlovy, Vysoké školy chemicko-technologické a Přírodovědecké fakulty Masarykovy univerzity. Seminář je podporován v rámci Rozvojového projektu C10-2b/2008.

## 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 příloženým 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

mýšlení, schopnosti vyhledávat informace, třídít je a zařazovat je do kontextu. Ačkoli to zní možná hrozně, nebojte, ono to půjde vlastně samo.

Na *vylotech* 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!

Od letošního akademického roku 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 2007/2008 získali alespoň 50 % z celkového počtu bodů nebo ve školním roce 2008/2009 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 úložky 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 nanočásticích. Dozvíte se spoustu zajímavých a užitečných informací, které pak můžete použít nejen při řešení úloh KSICHTu, ale i při dalším studiu chemie.

## Jak se tedy můžete stát řešiteli KSICHTu?

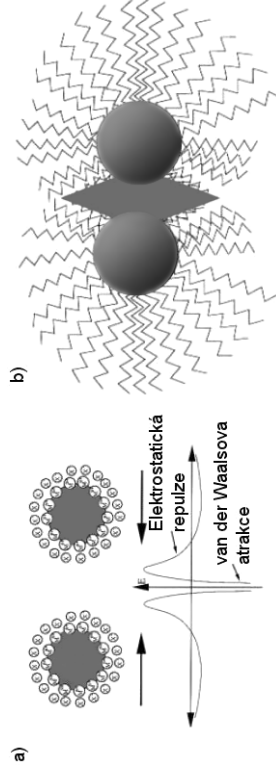
Není nic jednoduššího! Stačí se jen *zaregistrovat*<sup>1</sup> na našich webových stránkách. Řešení nám poté můžete posílat buď klasicky na adresu **KSICHT, Přírodovědecká fakulta Univerzity Karlovy, Hlavova 2030, 128 43 Praha 2** nebo elektronicky přes *webový formulář*<sup>2</sup> jako soubory typu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

V případě jakýchkoliv dotazů či nejasností se na nás prosím kdykoliv obraťte e-mailem [ksicht@natur.cuni.cz](mailto:ksicht@natur.cuni.cz).

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

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

nanoklastřů už bylo napsáno několik obecných článků. Stabilizace nanoklastřů je obvykle dělena na elektrostatickou a stericou stabilizaci (viz obrázek 4).



Obrázek 4: a) elektrostatická stabilizace, b) stericou stabilizace kolooidů kovů

Další možnosti je definovat čtyři typy stabilizačních mechanismů, jimiž jsou:

- i. elektrostatická stabilizace povrchově adsorbovanými anionty,
- ii. stericou stabilizace přítomností velkých funkčních skupin,
- iii. kombinace těchto dvou mechanismů s elektrostatickou stabilizací,
- iv. stabilizace ligandem nebo rozpouštědlem.

## Elektrostatická stabilizace

Iontové sloučeniny, jako jsou halogenidy, karboxyláty nebo polyoxoaniony rozpouštěné v roztoku (většinou vodném), mohou způsobovat elektrostatickou stabilizaci. Adsorpce těchto sloučenin a jejich odpovídající protioity na povrchu kovu vytvoří elektrickou dvojitou vrstvu okolo částic, což vyvolá elektrostatickou repulzi mezi částicemi. Pokud je elektrický potenciál dvojitou vrstvy dostatečně velký, potom elektrostatická repulze zabráněje agregaci částic. Kolloidní suspenze stabilizované elektrostatickou repulzí jsou velmi citlivé na jakékoliv vlivy, které ruší dvojitou vrstvu, jako je třeba iontová síla nebo teplota, takže kontrola těchto parametrů je nezbytná pro zajištění účinné stabilizace kolooidu.

Účinnost elektrostatické stabilizace lze jednoduše zjistit změnou iontové síly roztoku, což lze například docílit přidáváním soli. Při vytvoření takové iontové síly roztoku, která rozruší elektrostatickou repulzi, dojde k agregaci nanočástic, která je doprovázena změnou vlnové délky plasmonové rezonance. Tento test je všeobecně rozšířen a kromě jiného slouží i k potvrzení změny elektrostatické stabilizace po modifikaci nanočástic.

tických metod, například byly připraveny bimetalické nanočástice těchto kovů: Fe/Pt, Pd/Pt, Au/Pd, Pt/Rh, Pt/Ru, Pd/Ru a Ag/Pd.

Další možností je postupná redukce solí přechodných kovů, která je nejvhodnější metodou pro syntézu bimetalických koloidů. Uvedenou metodou byly připraveny různé bimetalické nanočástice kovů (například Au/Ag, Au/Cu, Au/Pt a Au/Pd).

K přípravě bimetalických nanočástic elektrochemickou redukcí je potřeba celá se dvěma kovovými anodami. Zmíněnou metodou je možné mimo jiné připravit bimetalické nanočástice těchto kovů: Pd/Ni, Fe/Co a Fe/Ni. V případě mědi, platiny, rhodia, ruthenia a molybdenu, které jsou anodicky méně rozpustné, jsou příslušné soli redukovány na katodě.

Z fyzikálních metod se nejčastěji používá redukce ultrazvukem. Nanočástice zlata/palladia byly připraveny stejným způsobem, jako byly připraveny monometalické částice.

### Růst zárodku nanočástice

Metoda růstu zárodku nanočástice je další populární technika užívaná po staletí. V současné době je možné připravit nanočástice s průměrem v rozsahu 5 až 40 nm (obvykle je relativní směrodatná odchylka průměrů částic od 10 do 15 %). Zvětšování nanočástic krok po kroku je účinnější než jednodívková metoda růstu zárodku nanočástice, protože se zabránilo sekundární nukleaci.

### Syntéza nanočástic oxidů

Kromě přípravy nanočástic kovů lze samozřejmě získat i nanočástice jejich oxidů, jejichž využití ale není tak široké, jako v případě samotných kovů. Syntézu je možné provádět buď ve vodných roztocích, ve kterých se jako redukční činidlo používá hydrázin nebo hydroxylamin. Za těchto podmínek byly připraveny nanočástice některých oxidů (například  $\text{VO}_2$ ,  $\text{Cr}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Mn}_2\text{O}_3$ ,  $\text{NiO}$  a  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ). Další možností je redukce v nevodném prostředí, která je však méně používaná.

### Stabilizace nanočástic

Jednou z hlavních charakteristik koloidních částic je jejich malá velikost. Bohužel jsou tyto kovové nanočástice nestálé z důvodu agregace, což vede ke vzniku hrudek. Ve většině případů má agregace za následek ztrátu vlastností spojovaných s koloidním stavem těchto nanočástic. Například koagulace během katalýzy vede k podstatné ztrátě katalytické aktivity. O stabilitě koloidů a

*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, vězte, že nemůžeme považovat za správné něco, co nelze přečíst.

V případě, že posíláte úlohy přes webový formulář, uložte každou úlohu do *samosvatného 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 naskenovanou 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 budujeme. 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<sup>3</sup> 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](mailto:jmeno-prijmeni@ksicht-natur.cuni.cz). Jestliže má úloha více autorů, pište prvním uvedenému.

## Výlet s KSICHTem

**Pozor, pozor!** Zakroužkujte si v kalendáři **víkend od 7. do 9. listopadu!** Bude se konat již jedenáctý víkendový výlet s KSICHTem. Tentokrát pojedeme do Chlumce nad Cidlinou. Prosíme potenciální zájemce, aby se zaregistrovali na stránkách KSICHTu<sup>4</sup> do 27. října. Zaregistrujte se však co nejdříve, počet míst je omezen! Jakékoli zvládnuté dotazy týkající se výletu pište Michalovi na e-mailovou adresu [michal.rezanka@ksicht-natur.cuni.cz](mailto:michal.rezanka@ksicht-natur.cuni.cz). Aktuální informace naleznete na webových stránkách KSICHTu.

## Termín odeslání 1. série

Série bude ukončena **3. listopadu 2008**. Vyřešené úlohy je třeba odeslat nejpozději v tento den (rozhoduje datum poštovního razítka či čas na serveru KSICHTu).

<sup>3</sup><http://ksicht.natur.cuni.cz>

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

## Úvodníček

Milí kšichtáci!

Prázdniny tradičně utekly rychleji než ether z kádinky a nyní nastává ona horsí část roku. Podzim, zima a jaro. Venku bude osklivé, nastanou inverzní situace, bude padat mlha, smog a občas i lidé na neposypaných chodnících. Ve dne bude tma. V noci taky. Jediním slovem ideální období pro pohodlné posezení u hrnku teplého čaje a čerstvé brožurky KSICHTu. Jako motivaci jsme pro vás navíc letos připravili novínku. Všichni pilní řešitelé KSICHTu, kteří se letos budou hlásit na vysokou školu, mají šanci od nás získat exkluzivní osvědčení o svědomitém řešení, díky němuž jim budou odpuštěny (letos znovu zavedené) přijímací zkoušky na vybrané obory na PřF UK. Chemie v přírodních vědách je samozřejmě jedním z nich. Až tedy budete někdy v budoucnu luštit chemickou osmisměrku a někdo vás bude napomínat, že máte dělat něco pořádného, můžete mu s klidem odpovědět, že se svědomitě připravujete na přijímací zkoušky. Jaké úlohy vás tedy čekají a neminou v této sérii?

Pro zahrnutí po letní pauze vás čeká jako první úloha s názvem Chemtris. Správný chemik musí vědět, kdy, co a v jakém pořadí má sypat do reakční směsi. Mohou mu k tomu být nápomocny kusy papíru, tužka, nůžky, bystrý mozek a v případě nouze i hasičí přístroj. Správný hráč Tetrisu je na tom velmi podobně. Proč to tedy nezkusit zkombinovat. Život však nejsou pouze hry. Občas je třeba zatnout zuby a napít se i kyselého vína. Důležité je však umět správně odhadnout situaci. Po naší úloze In vino veritas to bude brnkačka. Před uvedením třetí úlohy bych se chtěl omluvit všem barvoslepým řešitelům za smížený požitek z řešení. Tato úloha je totiž celá točí kolem barev. Dozvíte se v ní například, kolik rajčatového protlaku ukryvá jediná pilulka a k čemu bylo katolické církvi barvivo na marmelády. Z úlohy následující vám pak nejspíše zamrzne úsměv na rtech. Je totiž jedním slovem „cool“. I k fyzice nízkých teplot si lze totiž vybudovat vřelé city. Na závěr jsme si vás dovolili trošku potrápít koordinační chemií. Pokud si nejste zcela jisti, co že to přesně slovo koordinační znamená, budete mít příležitost to zjistit během zkoumání tajemství anorganických cytostatik. Tradičně je také zařazen seriál, letos na téma nanočástice, a kreslený zajíček chemik.

Zcela nakonec snad už jen popřát hodně trpělivosti s řešením a mnoho příjemných chvil s KSICHTem. A nezapomeňte se přihlásit na výlet, tentokrát se sejdem v Chlumci nad Cidlmou. Mějte se hezky. Za všechny autory

Honza Havlík

Jako redukční činidla se většinou používají  $H_2$ ,  $NaBH_4$ ,  $LiAlH_4$ ,  $LiBEt_3H$  a hydrazin a lze s nimi připravit nanočástice kovů (například Au, Co, Cu, Ni, Pb, Pd, Pt, Rh a Zn). Kromě toho lze připravit i nanočástice oxidů a sulfidů kovů.

## Fyzikální metody

Mnoho organokovových sloučenin je termicky rozložitelných na jejich nulemocné prvky. V literatuře jsou popsány například syntézy nanočástic zlata a platiny.

Fotochemická syntéza nanočástic může být provedena buď redukcí soli přechodného kovu redukčním činidlem produkovaným radiolyticky, nebo rozkladem organokovového komplexu radiolýzou. Během posledních dvaceti let byly první z uvedených možností připraveny nanočástice těchto kovů: Ag, Au, Ir, Pt, Pd a Cu.

Druhou uvedenou metodou byly připraveny nanočástice zlata, stříbra, platiny a palladia, přičemž bylo zjištěno, že UV-Vis záření poskytuje menší nanočástice s malou relativní směrodatnou odchylkou průměrů.

Velmi vysoké teploty ( $> 5000\text{ K}$ ), tlak ( $> 20\text{ MPa}$ ) a rychlost ochlazení ( $> 107\text{ K s}^{-1}$ ), které jsou dosaženy během působení ultrazvuku, dávají roztoku jedinečné vlastnosti. Tyto extrémní podmínky byly použity pro přípravu nanočástic zlata, železa a dalších.

Zahříváním některých sloučenin kovů mikrovlnným zářením lze získat nanočástice s malou relativní směrodatnou odchylkou průměrů částic. Tímto postupem byly získány například nanočástice stříbra, zlata a platiny.

Hydrotermální syntéza se provádí v prostředí superkritické kapaliny, která slouží jako rozpouštědlo. Zmíněnou metodou byly mimo jiné připraveny nanočástice niklu, kobaltu a železa.

## Příprava bimetalických kolloidů

Kromě běžných nanočástic lze připravit i bimetalické koloidy, které jsou složeny ze dvou různých kovů. Uvedené koloidy často vykazují lepší aktivitu a selektivitu ve srovnání s monometalickými částicemi, což je zřejmě způsobeno synergiem mezi dvěma kovy tvořícími nanočástici.

Jednou z možností přípravy bimetalických kolloidů je současná redukce kovových prekurzorů. Princip této syntetické metody je stejný jako ten, kterým jsou připravovány monometalické nanočástice. Kovové prekurzory jsou redukovány za přítomnosti stabilizujícího činidla, aby se předešlo agregaci, za vzniku částic. Pro přípravu bimetalických nanočástic bylo testováno mnoho synte-

Některé soli přechodných kovů mohou být redukovány ve vroucím ethanolu, v němž jsou přítomny stabilizační látky. Při tomto procesu je alkohol jak rozpouštědlem, tak redukčním činidlem. Většinou jsou používány primární nebo sekundární alkoholy. Během redukce je alkohol oxidován na odpovídající karboxylovou sloučeninu.

Další metodou přípravy nanočástic je **odstranění ligandů z organokovových sloučenin**. Některé nultocenné organokovové sloučeniny mohou být změněny na koloidní suspenzi kovů redukcí nebo odstraněním ligandů. Například redukce některých organických sloučenin platiny ( $\text{Pt}(\text{dba})_2$ ) a palladia ( $\text{Pd}(\text{dba})_2$ ) umožňuje připravit nanočástice těchto kovů o velikosti několika nanometrů. Kromě těchto nanočástic byly připraveny i nanočástice niklu, kobaltu, mědi a zlata.

Následující **elektrochemická metoda** byla vyvinuta v devadesátých letech minulého století a umožňuje připravit nanočástice požadované velikosti ve velkém měřítku.

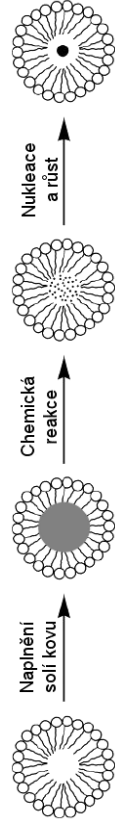
Mechanismus zahrnuje:

- i. rozpuštění anody za vzniku iontů kovu (například oxidace Pd na  $\text{Pd}^{2+}$ ),
- ii. migraci iontů kovu ke katodě,
- iii. redukci iontů kovu na povrchu katody,
- iv. agregaci částic stabilizovaných amonnými ionty okolo kovových jader,
- v. vysrážení nanočástic.

Výhoda elektrochemické redukce spočívá v zamezení tvorby nežádoucích vedlejších produktů, snadné izolace z roztoku a hlavně možnosti kontrolovat velikost vzniklých nanočástic.

Elektrochemické metody byly úspěšně aplikovány, čímž byly připraveny nanočástice některých kovů (například Pd, Ni, Co, Fe, Ti, Ag a Au) v množstvích stovek miligramů.

**Polymerní micely používané jako nanoreaktory** pro přípravu nanočástic mohou mít rozličný tvar, například kulový (viz obrázek 3) nebo tyčinkový.



Obrázek 3: Jednotlivé kroky při přípravě nanočástic uvnitř micelárního nanoreaktoru

## Zadání úloh 1. série 7. ročníku KSICHTU

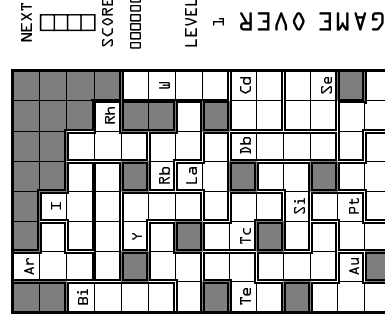
### Úloha č. 1: Chemtris

Autoři: Luděk Míka a Pavel Řezanka

6 bodů

*Každý musí znát hru Tetris, snad jen mimořádně spádnoušamu spadnušámu právě z Venuše nebudou dálky složené ze 4 kostiček nic říkat. Tato poměrně stará hra se dočkala mnoha předělávek, od vybuchujících kostiček až po zadívání Lemků. Chemické ztvárnění však na svět přichází až teď.*

V příloze máte výsledek prohrané hry jednoho neznámého chemika. Ač je to chemik velice šikovný, hraní her mu moc nejde. Však se na to podívejte, nepodařil se mu zkompletovat ani jeden řádek.



Pravidla chemtris jsou následovná: Hrací kameny (při hře je chemik otácel pouze v rovině papíru) jsou vytvořeny rozstříháním periodické tabulky, která neobsahovala lanthanoidy a aktinoidy a končila prvkem  ${}_{112}\text{Uub}$ .

1. Doplňte do každého políčka chemtris odpovídající prvek periodické tabulky.
2. Z hracích kamenů sestavte zpět periodickou tabulku, nalepte ji na papír a pošlete nám ji zpět.
3. Další kostička, která měla přijít, je zobrazena pod textem NEXT. Mohla by být také vystřížena z periodické tabulky, pokud bychom vzali do úvahy všechny v současnosti známé prvky, tzn. nejen ty s protonovým číslem do 112? Pokud ano, nakreslete tento hrací kámen pod sestavenou periodickou tabulku a doplňte do něj odpovídající prvky. Pokud existuje více řešení, uveďte je všechna.
4. Který ze současně známých prvků má nejvyšší protonové číslo?

## Úloha č. 2: In vino veritas

Autor: Jana Zikmundová



*Adam, Bořek a Cyril, spolubydlíci na koleji, začali oslavovat poslední složenou zkoušku semestru. Adam vytáhl zakoupenou láhev vína. „Nebyla zrovna nejlepší, ale přece nedáme pít krabičák, no ne?“ Všichni si nalili poctivou měru a napili se. Adam předvedl ukázkový škleb a Cyril se podezřívavě podíval na láhev. „Je to fakt polosuchý?“ Jen Bořek si pochvaloval příjemně výraznou kyselinku.*

Odolní jedinci (Bořek a Cyril) dopili láhev do dna. Do poslední sklenky ale spolu s vínem nalili i několik čirých krystalků. Znalec vín Bořek prohlásil, že je to neškodný vinný kámen.

1. Co je to vinný kámen a proč ho může obsahovat i víno vyrobené z čírého moštu?

Adam s nápisem „polosuché“ na etiketě rozhodně nesouhlasil, a proto se rozhodl své nedopité víno prozkoumat. Jak zjistil, je možné podle vyhlášky dělit vína podle obsahu cukrů na suchá, polosuchá... (viz tabulka 1).

víno	obsah cukru [mg ml <sup>-1</sup> ]
suché	< 4
polosuché	4–12
polosladké	12–45
sladké	> 45

Tabulka 1: Rozdělení vín podle obsahu zbytkového cukru

Při stanovení cukrů ve víně Adam postupoval podle staré normy, kterou našel v knihovně, a to následovně: 10,0 ml bílého vína nalil do 50ml odměrné baňky a doplnil destilovanou vodou. Z takto připraveného roztoku odebral pipetou 20,0 ml, přidal 20 ml roztoku síranu měďnatého a 20 ml alkalického roztoku vámanu draselného-sodného. Tmavě modrý roztok vařil přesně 3 minuty a pak ho prudce ochladil. Roztok při varu zesvětlal a vyloučilo se trochu rezatě sloučeniny. Tu dekantoval, promyl a rozpustil v dostatečném množství roztoku síranu železitého okyseleného kyselinou sírovou. Roztok titroval roztokem manganistanu draselného o koncentraci 0,019 mol dm<sup>-3</sup>.

Reakce probíhající při varu není stechiometrická, a proto je v normě i tabulka (její část je v tabulce 2) udávající závislost hmotnosti invertního cukru

Koloidní kovy jsou obecně popisované jako monodisperzní, pokud mají směrodatnou odchylku průměru částic menší než 15 % z průměrné hodnoty. Rozdělení průměrů s relativní směrodatnou odchylkou okolo 20 % je popisováno jako „rozdělení s malou variabilitou“. Pro přípravu nanočástic s požadovaným rozdělením se používá buď selektivní separace, nebo selektivní syntéza.

Separáční metody zahrnují například chromatografii a ultracentrifugaci a poskytují monodisperzní částice, ovšem pouze v řádech miligramů.

Při selektivní syntéze, kterou jako první popsal Turkevich, je důležitým faktorem ovlivňujícím velikost částic síla kovové vazby, molární poměr soli kovu, stabilizačního a redukčního činidla, stupeň konverze, reakční čas, teplota a případně i tlak.

Kromě toho lze také použít novější metody selektivní přípravy nanočástic, jako je elektrochemická redukce, termální rozklad a nebo rozklad ultrazvukem.

## Chemické metody

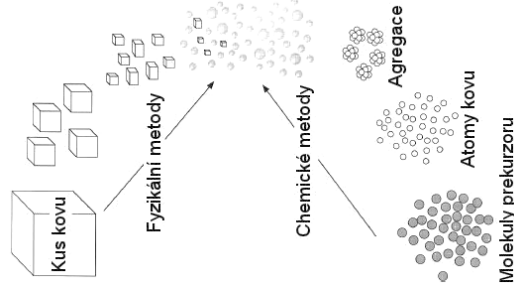
Mezi nepoužívanější metody přípravy nanočástic patří chemické metody, konkrétně redukce. Pomocí vhodných podmínek lze připravit nanočástice požadovaných tvarů a velikostí.

**Redukce solí přechodných kovů** v roztoku je nejvíce rozšířená metoda pro přípravu koloidních suspenzí kovů a je velmi jednoduchá na provedení. Vznikají při ní prakticky monodisperzní nanočástice v řádově gramových množstvích. Pro přípravu koloidních látek jsou používána různá redukční činidla, například hydridy a soli nebo dokonce oxidovatelná činidla jako jsou alkoholy.

Klasický Faradayův způsob je redukce tetrachlorozlatisanu citrátem sodným, kterým byly připraveny nanočástice o průměru asi 20 nm používané pro histologické aplikace. Turkevich tento postup použil pro tvorbu a studium nanočástic zlata. Pro svoji jednoduchost se stal oblíbeným i u ostatních nanotechnologií. Citrátový anion má ale tu nevýhodu, že během redukce vzniká acetondikarboxylová kyselina, která částečně znemožňuje tvorbu dobře definovaných částic.

Nejpoužívanější hydridy pro tvorbu nanočástic kovů jsou NaBH<sub>4</sub> a KBH<sub>4</sub>. Mezi další redukční činidla patří diboran, silany, hydrazin a jeho deriváty; organohlinité sloučeniny, vínan draselný, kyselina askorbová a další. Jako stabilizační činidla se používají detergenty nebo polymery rozpustné ve vodě. Touto metodou mohou být připraveny nanočástice kovů (například Cu, Pt, Pd, Ag a Au). Nedávno byly ke stabilizaci použity dendrimery, které umožňují stabilizovat všechny výše uvedené nanočástice a navíc vedou ke vzniku téměř monodisperzních částic. Kromě výše uvedených hydridů a stabilizačních činidel se používají mnohé další.





Obrázek 2: Schematická ilustrace preparativních metod kovových nanočástic

Metoda „zdola nahoru“ je mnohem obvyklejší možnost přípravy nanočástic, umožňující kontrolovat jejich velikost. V současné době jsou na nanočástice kladeny tyto požadavky:

- i. průměr od jednotek do desítek nanometrů,
- ii. dobře definované složení povrchu,
- iii. reprodukovatelná syntéza a vlastnosti,
- iv. izolovatelnost a možnost opětovného rozpustění.

V současné době se pro přípravu nanočástic metodou „zdola nahoru“ nejvíce využívá chemická nebo elektrochemická redukce solí kovů a kontrolovaný rozklad metastabilních organometalických sloučenin. Ke kontrole růstu nanočástic a k jejich ochraně před agregací je používáno velké množství stabilizátorů, například donorové ligandy, polymery a detergenty. První reprodukovatelný standardní návod pro přípravu koloidů kovů publikoval Turkevich, který také navrhl mechanismus pro tvorbu nanočástic založený na nukleaci, růstu a agregaci, jenž je stále platný.

V počátečním stavu nukleace je sůl kovu redukována za vzniku atomů kovu. Ty se srážají s dalšími ionty, atomy kovů nebo klastry a nevratně tvoří „zárodky“ stabilního kovového jádra. Průměr zárodků by měl být pod 1 nm v závislosti na síle kovových vazeb a velikosti redoxního potenciálu soli kovu a na použitém redukčním činidle.

$m$  ve 20,0 ml vína zředěného podle výše uvedeného postupu na spotřebě manganistanu draselného  $V_0$  o koncentraci  $0,020 \text{ mol dm}^{-3}$ :

$V_0$ [ml]	7,2	7,4	7,6	7,8	8,0	8,2
$m$ [mg]	22,7	23,4	24,1	24,7	25,5	26,1

Tabulka 2: Tabulka pro výpočet hmotnosti cukru

2. Napište chemický vzorec vyloučené sraženiny, rovnici její reakce se síranem železitým a rovnici titrační reakce.
3. Do jaké kategorie víno spadalo, když byla spotřebována 7,7 ml roztoku manganistanu?
4. Touto metodou se ale nestanoví sacharosa, která může ukazovat na příslování řepným cukrem. Proč? Jak se musí postupovat, aby se touto metodou sacharosa stanovila?
5. Jakou metodou lze stanovit zároveň glukosu, fruktosu i sacharosu?
6. Další důležitou vlastností vína je kyselost, která se stanovuje alkalimetrickou titrací. Lišil by se výsledek, kdyby Adam bod ekvivalence určoval fenolftaleinem a potenciometricky do pH 7? Pokud ano, jak?
7. Který ze způsobů určení bodu ekvivalence z otázky 6 je vhodný pro všechny druhy vína? Proč?

### Úloha č. 3: Barvy od A do C

Autoři: Kateřina Hečzková a Pavla Spáčilová



*Štěstí a duhu vidáme vždycky ne nad sebou, ale nad hlavami druhých (dánské přísloví). Duha lidí vždycky fasnouvala. Stejně tak změna barvy listů na podzim nebo blankytná barva nebe. Barvy. Jak by asi svět vypadal, kdybychom je neviděli. V této úloze nahlédneme do využití barev v analytické chemii i v umění a nakonec se třeba při dobrém pivu zamyslíme nad změnami barev, které se kolem nás vyskytují takřka běžně. Takže hurá letem světem do světa barev.*

#### Část A jako Analytika

V analytické chemii jsou barevnost sloučenin a změny barev při chemických reakcích velmi důležité. Barvy jsou využívány v kvalitativních analytických metodách, ale ani kvantitativní metody by se bez nich neobešly. Začneme analýzou volumetrickou, tedy titrací.

1. Ve volumetrické analýze často využíváme k určení bodu ekvivalence indikátory. Ke stanovení obsahu hydrogenuhličitanů v minerální vodě odměrným roztokem HCl můžeme využít například indikátor tashiro. Nakreslete jeho vzorec. K jakým barevným přechodům bude při titraci na tento indikátor docházet? Obecně popište, co způsobuje změnu barevnosti u acidobazických indikátorů.
2. Indikátory používáme také při komplexometrických titracích. Jako příklad můžeme uvést murexid. Chceme-li stanovit obsah vápnu v již zmíněné minerální vodě, můžeme postupovat následovně. Do titrační baňky odpipetujeme 15,00 ml vzorku a přidáme 3 ml roztoku NaOH ( $1 \text{ mol dm}^{-3}$ ) a murexid. Titrujeme roztokem chelatonu 3 ( $0,0100 \text{ mol dm}^{-3}$ ). Jak se změní barva roztoku v bodu ekvivalence? Proč se vůbec barva změní? Proč do roztoku přidáváme NaOH? Jaký je obsah  $\text{Ca}^{2+}$  v minerální vodě v  $\text{mg l}^{-1}$ , pokud spotřeby dvou titrací činily 8,93 a 8,97 ml?
3. Barvu má v názvu i jedna z dalších kvantitativních metod – kolorimetrie. Na jakém principu je kolorimetrie založena? Jaké dva přístupy k měření můžeme v kolorimetrii využít?
4. Některá přírodní barviva mohou mít blahodárné účinky na lidský organismus, především jako prevence různých onemocnění. Příkladem může být lykopen ( $\text{C}_{40}\text{H}_{56}$ ), červené barvivo rajčat. Představte si, že jste se

Chemická analýza pohárů ukázala, že sklo obsahuje 73 %  $\text{SiO}_2$ , 14 %  $\text{Na}_2\text{O}$  a 7 %  $\text{CaO}$ , tedy složení podobné moderním sklům. Sklo pohárů však obsahuje malé množství zlata (cca 40 ppm) a stříbra (cca 300 ppm). Tyto kovy se ve skle nacházejí ve formě nanokrystalů o rozměru cca 70 nm. Nanokrystaly jsou slutinou zlata a stříbra v poměru 3:7. Není známo, jakou technologii výroby těchto pohárů a podobných artefaktů římské sklárny používali.

V roce 1857 Faraday oznámil získání koloidního zlata redukcí vodného roztoku tetrachlorozlatitanu. Termín koloid (z francouzského *colle*) byl vytvořen Grahamem v roce 1861. V tomto období byly také připraveny další koloidní kovy.

Na rozkvět si ale oblast nanotechnologie, která je pokračováním koloidní chemie, musela počkat ještě jedno století. Z té doby pochází výrok laureáta Nobelovy ceny Richarda Feynmana: „There is plenty of room at the bottom,“ kterým navrhl směr pro rychle se rozvíjející vědeckou oblast nanotechnologie. Koncem 20. století už uměli vědci manipulovat s atomy, molekulami a klastry na povrchích. Miniaturizace struktur konvenční a elektronovou litografií dosahuje teoretického limitu kolem 50 nm. Pro další miniaturizaci musely být vyvinuty alternativní metody. A tak vědci následující Feynmanovu vizi použili atomy a molekuly jako stavební jednotky pro kompletní struktury v řádech nanometrů „zdola nahoru“. Unikátní elektrické vlastnosti těchto nanočástic, stejně jako jejich optické a fotofyzikální vlastnosti, jako je velikostí kontrolovaná plasmonová absorpce a fluorescence, umožňují částicím předávat elektronické a fotonové signály.

#### Příprava nanočástic kovů

Kovové nanočástice mohou být připraveny dvěma hlavními metodami (viz obrázek 2):

- i. mechanickým dělením kovových agregátů (fyzikální metoda) a
- ii. nukleací a růstem „zárodku“ (chemická metoda).

Fyzikální metody vedou k částicím, jejichž průměry mají velkou variabilitu. Takto připravené koloidní částice mají většinou průměr větší než 10 nm a nejsou reprodukovatelně připravitelné. Částice je možno připravit například mechanickým mletím hrudkových materiálů a stabilizací vzniklých nanočástic přidáním koloidních chránících činidel. Techniky odpařování kovu poskytovaly chemikům všestrannou možnost pro produkci širokého rozsahu koloidů kovu na preparativní laboratorní škále. Použití techniky odpařování kovu je ale omezeno, protože je obtížné získat částice požadované velikosti.

## Seriál – Nanočástice I

Autor: Pavel Řezanka

### Slovo úvodem

Termín nano je čím dál tím více skloňován a není proto divu, že se dostal i na stránky KSICHTU. Co tedy můžete od tohoto seriálu očekávat? V prvním dílu to bude příprava a stabilizace nanočástic. Ve druhém dílu si povíme o charakterizaci nanočástic. Třetí díl bude zaměřen na modifikaci nanočástic a ve čtvrtém dílu bude kromě tematicky zaměřené úlohy popsáno i využití nanočástic. A třetí částí na dotru bude možnost připravit si na závěrečném soustředění vlastní nanočástice!

### Historie

První zmínky o nanočásticích pocházejí z pátého nebo čtvrtého století před n. l. z Egypta a Číny. Tehdy bylo objeveno „rozpuštěné zlato“, které bylo používáno jak pro estetické (výroba rubínového skla, barvení keramiky), tak pro léčivé účely (srdeční a sexuální problémy, úplavice, epilepsie a nádory a pro diagnózu syfilis).

Známé jsou tzv. Lykurgovy poháry (viz obrázek 1) pocházející asi ze 4. století našeho letopočtu, které se nacházejí v Britském muzeu v Londýně.



Obrázek 1: Lykurgovy poháry

Poháry a jim podobné artefakty se vyrábely v období Římské říše. Jev, který nás zajímá, spočívá v neobvyklých barvách poháru. Je-li pozorován v odraženém světle, např. denním, je zelený (viz obrázek 1 vlevo). Je-li však zdroj světla umístěn dovnitř poháru, pohár je červený (viz obrázek 1 vpravo).

rozhodli spektrofotometricky zjistit, kolik lykopenu obsahuje rajský protlak. Odvážili jste proto 5,0 g protlaku, přidali k němu 10 ml acetonu, ve kterém se lykopen nerozpouští, a směs zfiltrovali. Filtrační koláč jste potom extrahovali hexanem a získaný extrakt (20 ml) jste vysušili chlořidem vápenatým. Vědomi si toho, že čistý lykopen se ve školní laboratoři běžně nepovaluje a navíc je to látka velmi drahá, rozhodli jste se jako standard použít kapsli lykopenu, která se prodává v lékárně jako potravinový doplněk. Taková kapsle dle výrobce obsahuje 167 mg lykopenu. Standardní roztok lykopenu jste připravili tak, že jste obsah kapsle připomínající mazut rozpustili v hexanu a vzniklý roztok (10,0 ml) zfiltrovali. Do zkumavky s 2,0 ml hexanu jste potom odpipetovali 1,0 ml roztoku připraveného z kapsle a vzniklý roztok  $100 \times$  zředili. Pak jste si připravili tři zkumavky, do kterých jste napipetovali roztoky podle následující tabulky.

Roztok č.	1	2	3
Roztok vzorku [ml]	2,0	2,0	2,0
Roztok standardu [ml]	0,0	0,1	0,3
Hexan [ml]	0,3	0,2	0,0

Pak už stačilo odpipetovat 0,5 ml příslušného roztoku do květy a změřit absorbanci na spektrofotometru Spekol při 502 nm. Výsledky shrnuje další tabulka. Kolik lykopenu obsahuje 1 kg rajčatového protlaku?

Roztok č.	1	2	3
Absorbance	0,160	0,266	0,478

### Část B jako Barvy, laky, aneb pojďme se ponořit do víru krásných látek a obrazů.

- V analytickém oddělu jsme se zmínili o murexidu. Jeho název souvisí s výrazem *Murex*, jenž se zase váže k jistému barvivu. Co je *Murex* a o jaké barvivo jde? Napište i jeho vzorec.
- Další zajímavé barvivo se v Evropě objevilo až po objevení Ameriky. Jeho největším odběratelem byla zprvu katolická církev, která toto barvivo využívala k barvení rouch svých hodnostářů. Dnes se toto barvivo používá v potravinářství k přibarvování např. jogurtů a marmelád. Zajímavé je, že takto obarvenou marmeládu odmítají konzumovat vegetariáni. O jaké přírodní barvivo se jedná a z čeho se získává?

7. Nejdražší barvou středověku byla modrá a nechat se vyvodbnit v modrém oděvu si mohli dovolit opravdu jen ti nejbohatší. Modř se získávala z materiálu zvaného *lapis lazuli*. Jaké má *lapis lazuli* chemické složení a jak se nazývá barva, která se z něj připravovala?
8. Malířští mistři minulých stoletích používali jako bílou barvu jistou nejmenovanou sloučeninu. Po několika stoletích se zdá, že barva zšedla. Proč? O kterou sloučeninu jde?

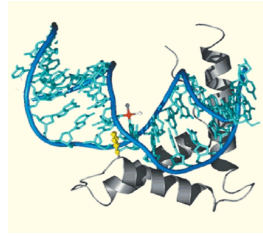
### Část C jako Co se jinam nevešlo, ale musíme se zeptat.

9. Co způsobuje, že je tmavé pivo tmavé? Ve které části výroby se liší od světlého piva?
10. Co způsobuje změnu barvy listů na podzim?
11. Při vylupování vlašských ořechů ze zelených skořápek nám zhnědnou koňčky prstů. Jaká látka způsobuje ono hnědnutí a jakým způsobem se dá tato nepříjemnost odstranit?

7. Napište strukturální vzorce meziproductů A až D a vyčíslíte rovnice probíhající ději.
8. Proč se při syntéze využívá jodid draselný a proč musí být v nadbytku?
9. Podobný protinádorový účinek jako naše látka má i tzv. karboplatina  $cis\text{-}[\text{Pt}(\text{NH}_3)_2(\text{CBDCA})]$  – (CBDCA = cyklobutan-1,1-dikarboxylová kyselina). Napište její strukturální vzorec a název a navrhněte její přípravu z  $cis\text{-}[\text{Pt}(\text{NH}_3)_2\text{Cl}_2]$ .
- Komplex  $cis\text{-}[\text{Pt}(\text{NH}_3)_2\text{Cl}_2]$  má podobný mechanismus účinku jako tzv. alkyláční cytostatika. V organismu částečně přechází na reaktivní aquakomplex, který se váže na guaninové zbytky DNA/RNA, jež spojí.
10. Napište vzorec reaktivního aquakomplexu, který v těle z  $cis\text{-}[\text{Pt}(\text{NH}_3)_2\text{Cl}_2]$  vzniká částečnou hydrolyzou, a poté napište strukturální vzorec jeho komplexu s dvěma guaninovými zbytky, které se váží přes N7.
11. Rovněž byly popsány i adukty s adeninem přes N7 a s cytosinem nebo uracilem přes N3. Napište i jejich vzorce.
12. Na základě výše vyřešených struktur popište celkový mechanismus účinku našeho cytostatika. Zejména se zaměřte na jeho působení na strukturu DNA/RNA.
13. Zdůvodněte, proč geometrický izomer látky  $cis\text{-}[\text{Pt}(\text{NH}_3)_2\text{Cl}_2]$  nemá stejný účinek.
- Jako každé léčivo má ale  $cis\text{-}[\text{Pt}(\text{NH}_3)_2\text{Cl}_2]$  i nežádoucí účinky – a je jich poměrně hodně. Tudiž se chemici snaží syntetizovat jiné, podobné látky ale s méně nežádoucími účinky.
14. Který orgán se nejvíce podílí na odbourávání  $cis\text{-}[\text{Pt}(\text{NH}_3)_2\text{Cl}_2]$  v těle?
15. Jaké jsou hlavní nežádoucí účinky  $cis\text{-}[\text{Pt}(\text{NH}_3)_2\text{Cl}_2]$ ? Uveďte alespoň dva.
16. Jednou z látek, která je daleko méně toxická, než  $cis\text{-}[\text{Pt}(\text{NH}_3)_2\text{Cl}_2]$  je již zmíněný  $cis\text{-}[\text{Pt}(\text{NH}_3)_2(\text{CBDCA})]$ . Zkuste přijít na to, proč tomu tak je.

## Úloha č. 5: Anorganické cytotstatikum

Autor: Radek Matuska

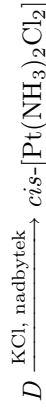


V šedesátých letech minulého století objevila skupina kolem Barnetta Rosenberga biologickou aktivitu sloučeniny, která zabráňovala dělení buněk bakterie *Escherichia coli*. Přestože bylo zjištěno, že buňka naroste zhruba do třicetnásošku své normální velikosti, její dělení selhává. Takový účinek se označuje jako *cytotostatický*. Byl to velký objev a v několika letech bylo vyvinuto velké množství analogů této sloučeniny, které měly protinádorovou aktivitu. Nebylo to však poprvé, co se vědci touto látkou zabývali. Už koncem 19. století se o ni z anorganického hlediska zajímal Alfred Werner, otec moderní koordinační chemie. A právě o této slavné, i když nepřilíš známé substanci bude následující úloha.

Naše slavná sloučenina je obvyčejný *cis*-diammin-dichloroplatnatý komplex. A už jenom k ní se vztahuje spousta otázek a zajímavostí.

1. Nakreslete strukturální vzorec této látky a jejího geometrického izomeru.
2. Jaký je geometrický tvar našeho komplexu a proč tomu tak je?
3.  $[\text{Pt}(\text{NH}_3)_2\text{Cl}_2]$  lze teoreticky připravit dvěma způsoby. Prvním je amoniakem z nějakého tetrachloroplatnatu a druhým reakce nějakého tetraamminplatnaté soli s chlorovodíkem. Pouze jedna z těchto reakcí však vede k *cis* derivátu. Která z nich to je a proč tomu tak je?
4. Pod jakým názvem se s *cis*- $[\text{Pt}(\text{NH}_3)_2\text{Cl}_2]$  nejčasteji setkáváme?
5. Je *cis*- $[\text{Pt}(\text{NH}_3)_2\text{Cl}_2]$  paramagnetický nebo diamagnetický komplex?
6. Ještě dřív než Wernerem byla naše látka připravena v roce 1845 jedním francouzským chemikem, po němž dostala dokonce původní triviální jméno. O kterého chemika se jedná a jak se *cis*- $[\text{Pt}(\text{NH}_3)_2\text{Cl}_2]$  jmenoval?

K syntéze našeho cytotstatika byl vyvinut postup, který ilustruje následující reakční schéma:

Úloha č. 4:  $\text{N}_2$  (1) reloaded – Kapalný dusík II

Autoři: Radek Matuska a Petra Havlíková

*Pamatujete si na Flagg a jeho studené představení, co jsme viděli minule? Jestli ano, jsem rád, a i kdyby ne, tak dnes bude taky na co koukat. Na programu je ledová mlha, létající míček a levitace.*

Ale skončíme s úvodem, protože za velkým předváděcím stolem se už vynořuje Flagg a v ruce má polystyrenovou nádobu s tekutým dusíkem. Postaví ji na stůl a z nádoby se vylije trochu kapaliny. Její kapičky běhají po stole a přestože má tekutý dusík teplotu varu za normálního tlaku kolem  $-196\text{ }^\circ\text{C}$ , neodpaří se okamžitě, ale ještě chvíli poletují po stole, než nám definitivně zmizí před očima. A Flagg se ptá:

1. Jak je možné, že se kapičky dusíku neodpaří, když se setkají se stolem, který je určitě o pár set stupňů teplejší, než je teplota varu dusíku? A já dodávám, abyste se pokusili tento jev vysvětlit a napsali jméno vědce, po kterém je pojmenován.
2. Z běžného života tento jev znáte určitě taky. Při jaké situaci jej lze pozorovat?
3. Bude tento jev intenzivnější, pokud dusík dopadne na studenější, nebo na teplejší podložku? Svou odpověď zdůvodněte.
4. Po bližším zkoumání třeba dospějeme k závěru, že se dusík vylil kvůli tomu, že lépe „teče“. Je to možné vysvětlení? Z hodnoty jaké veličiny tak budeme soudit?
5. Je nebezpečné se kolem nádoby s tekutým dusíkem pohybovat? Je možné se odpařujícím plynem udušit? Pokud ne, co bychom museli udělat, aby bylo udušení dusíkem reálné?

„Vzpomínáte si na pokus s plastovou lahví, který jsem předváděl minule?“ ptá se Flagg. „Pokud ano, mám pro vás připravené pokračování,“ říká a vytahuje plastovou láhev o objemu 1,5 l a nalije do ní docela dost tekutého dusíku, asi tak kolem 1300 ml. Láhev pevně uzavře, trochu přidrzle se usměje a rychle odhodí nádobu z nejbližšího okna do dvora (přičemž si dává záležet, aby doletěla co nejdál od jeho laboratoře). „A než se překvapení připraví, ukážeme si pokus, kterému se říká *Hrnečku vař*.“ Flagg vezme svou polystyrenovou nádobu s dusíkem, přesune se s ní k umyvadlu a napustí do něj trochu teplé vody a nechá vodu stále pomalu přikapávat. A potom do umyvadla začne přidávat

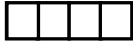


dusík a zajímavá část pokusu začíná – z umyvadla se zvedá hustá, místy skoro neprůhledná mlha, která se pomalu snáší k zemi a Flagg, který má z pokusu – jako vždy – až dětinskou radost, zahaluje skoro celého.

6. Zkuste vymyslet, jaké složení má ona mlha a vysvětlíte, proč to tak je.
7. Bude dýmu víc, pokud bude přikápávat voda studenější, nebo teplejší?  
Najednou se ze dvora ozve ohlušující rána. Flagg, který jen pobaveně sleduje vyděšené publikum, se už připravuje na další pokus a vytahuje z kapsy svého laboratorního pláště pingpongový míček, do kterého připínáčkem udělá malý otvor. Vezme jej do laboratorních kleští a ponoří do tekutého dusíku. Chvíli se nic neděje a pak Flagg vytahuje neporušený míček. Ale proti světlu je vidět, že je asi do 1/3 objemu plný tekutého dusíku. Pustí míček na stůl a ten najednou začne prudce rotovat a mírně se vzese nad stůl.
8. Rána na dvoře byla samozřejmě způsobena lahví, v níž byl dusík. Vypočítejte tlak, který takto v láhvi teoreticky vznikne, pokud se všechny dusík vypaří. Hustota kapalného dusíku je  $804 \text{ kg m}^{-3}$ . Teplotu v láhvi uvažujte kolem  $220 \text{ K}$ .
9. Láhev ale evidentně tlak nesnesla. Vypočítejte, při jakém objemu vliřtého tekutého dusíku už plastová láhev nevydrží a pukne. Mez pevnosti polyethylentereftalátu je  $\mu = 13 \text{ MPa}$ . Podmínky uvažujte stejné jako v předchozím případě.
10. Z jakého důvodu se míček naplní dusíkem, přestože je naplněn vzduchem a je v něm pouze miniaturní otvor?
11. Jaký je důvod rotace a vznesení míčku?  
„A nyní přijde zlatý hřeb dnešního představení – předvedu vám opravdovou *levitaci*“, oznamuje nám Flagg. A už si pokus připravuje. Do ploché polystyrenové misky si vlije tekutý dusík a do něj umístí jakýsi šedočerný kotouč. „Toto je vysokoteplotní supravodič“, upozorní nás. Nechá jej chvíli v tekutém dusíku a pak vezme do kleštíček neodrymový permanentní magnet a k úžasu všech diváků jej položí něco málo přes centimetr *nad supravodičový kotouč*. Dokonce do něj trochu strčí a magnet začne rotovat.
12. Jistě tušíte, že tento „zázrak“ má nějaké logické zdůvodnění. Jak se tedy jmenuje jev, který nám byl předveden?
13. Co je to vlastně supravodič a jaký význam má označení „vysokoteplotní“, když jej stejně máme v tekutém dusíku, který zrovna vysokou teplotu nemá?

14. Nakreslete přibližné grafy závislosti měrného odporu vysokoteplotního a nízkoteplotního supravodiče a vysvětlíte, který z nich je výhodnější co se týče celkové praktičnosti provozu a použití.
15. Jaký je v *současnosti* nejlépe dostupný vysokoteplotní supravodič? Uveďte vzorec této látky.
16. A nakonec se pokuste co nejstručněji vysvětlit podstatu tohoto jevu (co to vlastně drží onen magnet ve vzduchu). Fungoval by jev, i kdybychom magnet přiblížili z druhé strany supravodiče? Předpokládejte, že se pokus provádí se supravodičem zmíněným v předchozí otázce.
17. Všimli jsme si, že během pokusu Flagg stále přiléval tekutý dusík. Proč tak čínil?
18. A na závěr ještě otázka ekonomického charakteru. Pokuste se zjistit, kolik zaplatíme za jeden litr tekutého dusíku a srovnejte tuto hodnotu s cenou nějakého klasického nápoje.  
„A tím naše velká show s tekutým dusíkem končí a já doufám, že se vám líbila,“ povídá Flagg. Chrstne zbytek dusíku do umyvadla s vodou a zmizí v husté mlze.

NEXT



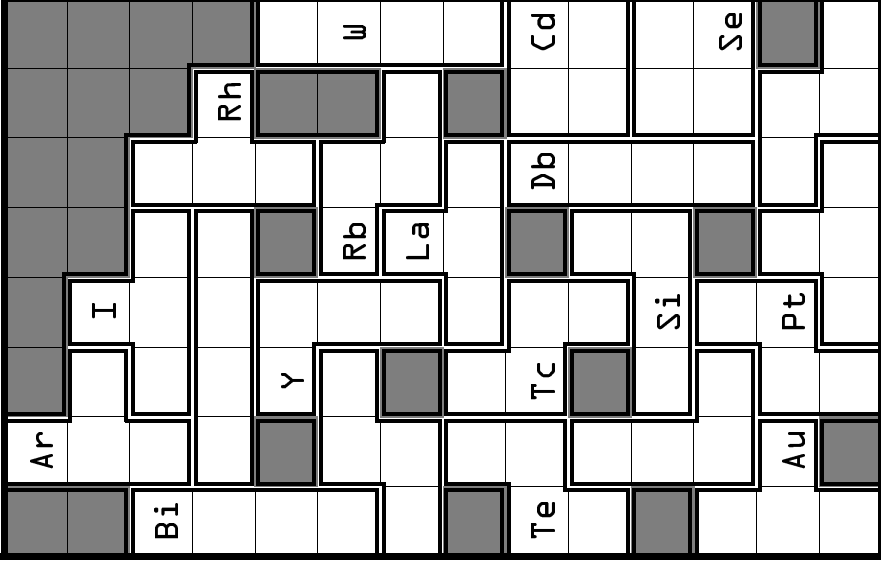
SCORE

000000

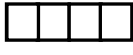
LEVEL

1

GAME OVER



NEXT



SCORE

000000

LEVEL

1

GAME OVER

