



57. ročník

2020/2021

ŠKOLNÍ KOLO

Kategorie C

Teoretická část – Zadání

20 bodů

TEORETICKÁ ČÁST**20 BODŮ****Autoři****Marie Grunová***Přírodovědecká fakulta, Masarykova univerzita***Filip Svěrák***Přírodovědecká fakulta, Lékařská fakulta, Masarykova univerzita***Bc. Lenka Karpíšková***Přírodovědecká fakulta, Masarykova univerzita***Rostislav Huňa***Fakulta chemicko-inženýrská, VŠCHT Praha***Recenze****RNDr. Valerie Richterová, Ph.D.***Gymnázium Brno, Křenová, p.o., PŘF MU***RNDr. Václav Kubát, Ph.D.***Gymnázium Tišnov, p.o., PŘF MU*

Milí řešitelé Chemické olympiády kategorie C,

v letošním ročníku se budete věnovat kovům, zaměříte se zejména na jejich vlastnosti, sloučeniny a získávání. Úlohy se budou týkat běžně používaných kovů, jako jsou Cu, Zn, Fe, Al, Ag, Sn, Pb, Mn, Hg. Budete se zabývat nejen kovy samotnými a jejich anorganickými sloučeninami, ale i biomolekulami, které jsou pro náš organismus nepostradatelné a obsahují ve své struktuře kov. A protože s kovy úzce souvisí elektrochemie, bude se část úloh věnovat také tomuto tématu. Teoreticky i prakticky v praktické části prostudujete, z čeho se skládají a jak fungují galvanické články.

Vybrali jsme pro vás několik témat, se kterými se během řešení úloh setkáte a měli byste jim věnovat pozornost:

- fyzikální a chemické vlastnosti kovů (se zaměřením na zmíněné běžně používané kovy), vlastnosti jejich běžných sloučenin (především solí)
- obecné principy výroby kovů (pražení sulfidických rud, redukce, aluminotermie, elektrolýza)
- Beketovova řada napětí kovů, redoxní potenciál
- základní přehled o biomolekulách obsahujících kov (konkrétně hemoglobin, cytochromy, kobalamin, chlorofyl)
- sestavování a vyčíslování redoxních rovnic, včetně iontového tvaru
- chemické výpočty – výpočty z chemického vzorce, výpočty z chemických rovnic, látkové množství, látková koncentrace, hmotnostní koncentrace, hmotnostní zlomek, objemový zlomek, procentuální výtěžek

Hodně úspěchů při řešení úloh přeji autoři.

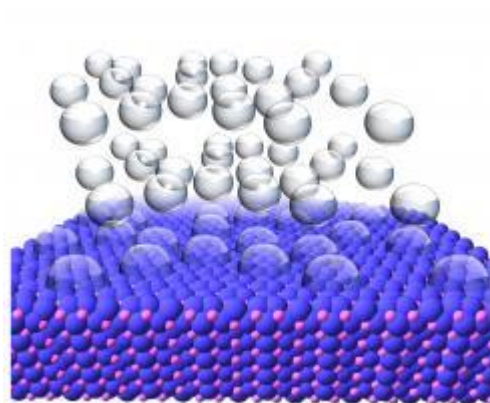
Doporučená literatura:

- 1) J. Honza, A. Mareček: Chemie pro čtyřletá gymnázia 2. díl, Nakladatelství Olomouc, s. r. o. reprint 2005, str. 11–26, 49–72
- 2) J. Honza, A. Mareček: Chemie pro čtyřletá gymnázia 1. díl, Nakladatelství Olomouc, s. r. o. 1998, str. 147–150, 162–165
- 3) M. Benešová, E. Pfeiferová, H. Satrapová: Odmaturuj z chemie, Nakladatelství Didaktis, s. r. o. 2014, str. 33–35, 75, 77–78, 85–91
- 4) P. Beneš, V. Pumpr, J. Banýr: Základy chemie 2, Nakladatelství Fortuna 2001, str. 10–17
- 5) N. N. Greenwood, A. Earnshaw: Chemie prvků, Informatorium Praha 1993, str. 262–268, 292–293, 1320–1325, 1329–1335, 1356–1362, 1455–1457, 1465, 1490–1492, 1498–1499

**Úloha 1 „A prdí taky kovy?!“****5 bodů**

Parafráze věty ze známé komedie S tebou mě baví svět vás uvádí k první úloze. Reakcí kovů s kyselinami lze laboratorně připravit některé plyny, vaším úkolem bude určit, které.

Reakcí koncentrované kyseliny dusičné s mědí vzniká rezavý plyn A (děj 1). Pokud místo koncentrované použijeme zředěnou kyselinu dusičnou, vzniká bezbarvý plyn B, v němž je dusík v nižším oxidačním stavu (děj 2). Pokud vyměníme měď za zinek, bude reakcí s velmi zředěnou kyselinou dusičnou unikat bezbarvý hořlavý plyn C (děj 3), ovšem pokud použijeme kyselinu dusičnou koncentrovanou, plyn se neuvolní. Vznikne roztok soli X (děj 4), která neobsahuje zinek a která se nechvalně proslavila v roce 2020 výbuchem v libanonském Bejrútu. Tato sůl se pak při velmi opatrném zahřátí rozkládá na nepříliš reaktivní plyn D (děj 5), který se dříve využíval v medicíně jako anestetikum a v současnosti se hojně využívá jako hnací plyn ve šlehačkách. Při prudkém zahřátí soli X dojde k exotermní reakci, při níž vzniknou hned tři plynné látky E, F a G (děj 6). Pokud sůl X necháme reagovat se silnou zásadou, jako je hydroxid sodný, uvolní se zapáchající plyn H (děj 7). S koncentrovanou kyselinou sírovou zinek reaguje za vzniku štiplavě zapáchajícího plynu I (děj 8).



https://www.osel.cz/popisek_old.php?popisek=22613&img=1371208982.jpg

- 1) **Napište vzorce a názvy plynů A až I.**
- 2) **Určete název a vzorec soli X.**
- 3) **Zapište a vyčíslete chemické rovnice dějů 1 až 8.**
- 4) **Jak se triviálně nazývá sůl, která vznikla společně s plynem H? K čemu se používá?**
- 5) **K čemu se v domácnosti využívá hydroxid sodný?**
- 6) **Kdybychom použili místo zinku železo, reakce s koncentrovanými kyselinami by neproběhla. Proč?**



Úloha 2 Kovy pana Beketova

2 body

Beketovova řada kovů obsahuje kovy seřazené podle jejich standardního redoxního potenciálu E° . Redoxní potenciál říká, jaké je elektrické napětí mezi elektrodou vyrobenou z tohoto kovu a vodíkovou elektrodou. Podle pozice, na které se vyskytují kovy v Beketovově řadě kovů, můžeme určit jejich vlastnosti.

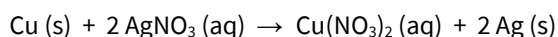
Beketovova řada napětí kovů: Redoxní pár / E° (V)

Li ⁺ /Li	Ca ²⁺ /Ca	Na ⁺ /Na	Mg ²⁺ /Mg	Al ³⁺ /Al	Mn ²⁺ /Mn	Zn ²⁺ /Zn	Fe ²⁺ /Fe	Co ²⁺ /Co	Ni ²⁺ /Ni	Sn ²⁺ /Sn	Pb ²⁺ /Pb	H ⁺ /H ₂	Cu ²⁺ /Cu	Ag ⁺ /Ag	Hg ²⁺ /Hg	Au ³⁺ /Au
-3,05	-2,87	-2,71	-2,36	-1,66	-1,18	-0,76	-0,44	-0,28	-0,23	-0,14	-0,13	0	0,34	0,80	0,86	1,40

- 1) **Doplňte do textu pojmy z nabídky** (některé pojmy jsou navíc): **vodou, méně, napravo, ušlechtilé, více, kyselinami, nalevo, jejich solemi, neušlechtilé.**

Kovy, které leží od vodíku (1) _____, označujeme jako ušlechtilé. Tyto kovy bývají (2) _____ reaktivní než kovy neušlechtilé. Rozdíly v chemických vlastnostech mezi ušlechtilými a neušlechtilými kovy můžeme vidět při reakcích s (3) _____, kdy (4) _____ kovy reagují podstatně ochotněji. (5) _____ kovy jsou taktéž odolnější vůči korozi.

Kovy s nižším redoxním potenciálem mohou vytěsnit z roztoku soli kov s vyšším redoxním potenciálem. Například měď je schopna vytěsnit stříbro z roztoku jeho soli:

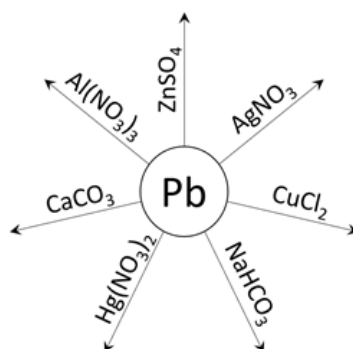


Nikolaj Nikolajevič Beketov

Tento pokus si můžete prohlédnout v následujícím videu:

https://www.youtube.com/watch?v=P5QlfMRvvF8&ab_channel=MrGrodskiChemistry.

Představte si, že do každého z roztoků vložíte kousek olova, jak naznačuje schéma.



- 2) **Napište vyčíslené chemické rovnice reakcí, při kterých dochází k vytěsnění kovu. Uvažujte vznik olova v oxidačním stavu +II.**
- 3) **Jeden z vyznačených roztoků je chyták, do tohoto roztoku není možné vložit kousek olova. O roztok které látky se jedná a proč do něj není možné olovo vložit?**

**Úloha 3 Cesta do hlubin Václavovy duše****3,5 bodu**

Kovy díky své pozici v Beketovově řadě kovů mají různé redoxní vlastnosti, reagují, nebo nereagují s některými kyselinami a též mezi sebou. Zmíněných vlastností budete v části úloh využívat, abyste analyzovali složení různých slitin kovů.

Zajímalo vás, co se skrývá pod povrchem sochy patrona České země a dalších slavných soch? Do ruky se vám teď dostala slitina kovu A a kovu B, ze které je odlita například

právě socha sv. Václava. Vzorek o hmotnosti 2,034 g jste rozpustili v koncentrované kyselině chlorovodíkové (reakce I). Rozpuštěním vznikla suspenze, kterou jste přefiltrovali a získali tak čistý kov B červenohnědé barvy.

Po vysušení vážil kov B 1,447 g. Ve filtrátu vám zbyl pouze chlorid kovu A (sloučenina X), který jste nechali vykristalizovat. Čistý chlorid, který krystaluje jako dihydrát, o hmotnosti 1,110 g jste následně rozpustili ve zředěné HCl a upravili pH do neutrální oblasti tak, aby nedošlo k hydrolyze a vysrážení chloridu kovu A. K vytěsnění samotného kovu jste poté použili hliníku (reakce II).



https://vikend.ihned.cz/c1-65391010-v-sest-pod-konem?fbclid=IwAR265FF9IQL3GWLJRSK1P0eHfAulAjg95fPfaTqi0SyGSHb_FRLnyk7fT0s

- 1) Na základě postupu dělení určete kov A a B, jestliže víte, že kromě hliníku mohlo být k vytěsnění kovu použito i železo, ale už ne olovo.
- 2) Jak se tato slitina nazývá? Jakou další slitinu kovu B znáte?
- 3) Vypočítejte složení slitiny v hmotnostních procentech s využitím hmotnosti dihydrátu chloridu 1,110 g.
- 4) Dává vám podíl kovu A a kovu B ve slitině její celou hmotnost, tedy 100 %? Pokud ne, čím by to mohlo být způsobeno?
- 5) Identifikujte sloučeninu X (vzorec a název) a napište vyčíslené rovnice reakcí I a II.

Památky tvořené analyzovanou slitinou časem dostávají nazelenalý vzhled, mimo již zmiňovaný památník sv. Václava si určitě všichni vzpomenete na sochu Svobody.

- 6) Jak se tento děj označuje a čím je způsoben? Jak se triviálně nazývá nazelenalá látka na povrchu a jaký má vzorec?



Úloha 4 Cítíte to napětí?

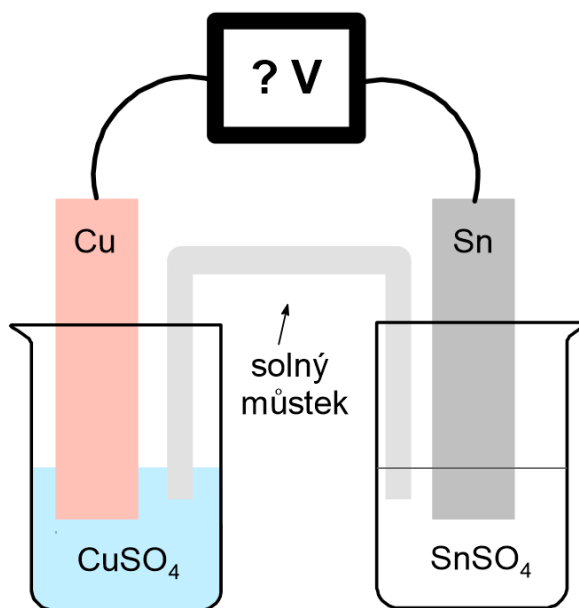
4 body

Bez ní by váš mobil nefungoval, z notebooku by se stal stolní počítač a ani auto byste nenastartovali. O čem je řeč? Samozřejmě o bateriích, nebo obecněji o galvanických článcích. Galvanické články představují zdroj elektrické energie. Každý článek se skládá ze dvou poločlánků, což může být kov (elektroda) ponořený do roztoku jeho soli (elektrolytu). Pokud poločlánky mezi sebou vodivě propojíme, soustavou prochází elektrický proud a můžeme naměřit elektrické napětí.

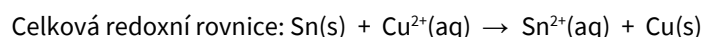


Freelimages.com/Vassilis Kokkinidis.

Na obrázku 1 je zobrazen článek vytvořený z měděného plíšku ponořeném v roztoku síranu měďnatého a z cínového plíšku v roztoku síranu cínatého. Oba roztoky jsou propojeny solným můstkem. Pod článkem je zapsán schematický zápis galvanického článku. Do tohoto zápisu se vždy udává, v jakém skupenství jsou jednotlivé látky (aq = vodný roztok, s = pevná látka, l = kapalina) a také jsou tu čarami označená rozhraní (| = rozhraní mezi látkami, || = solný můstek, diafragma apod.). Vlevo se zapisuje vždy anoda, vpravo katoda.



Obrázek 1: Galvanický článek



- 1) Určete, na které z elektrod (katoda/anoda) vždy probíhá oxidace a na které redukce.
- 2) Napište vyčíslené rovnice poloreakcí probíhajících na anodě a katodě článku znázorněného na obrázku 1.



Napětí galvanického článku se vypočítá jako standardní redoxní potenciál katody mínus standardní redoxní potenciál anody a je vždy kladné.

$$E^\circ(\text{článek}) = E^\circ(\text{katoda}) - E^\circ(\text{anoda})$$

- 3) **Vypočítejte napětí článku.**
- 4) **Jak se mění barva roztoku měďnaté soli v průběhu vybíjení článku? Uveďte i původní zbarvení roztoku.**

Uvažujme, že v článku vyměníme cínovou elektrodu za hliníkovou, která je ponořena v roztoku své soli.

- 5) **Vyjmenujte alespoň dvě soli hliníku, které mohou být použity jako elektrolyt.**
- 6) **Určete, která z uvedených elektrod bude katodou a která anodou. Která z elektrod se bude v tomto případě rozpouštět?**
- 7) **Napište vyčíslené rovnice obou poloreakcí včetně skupenství, které budou probíhat na anodě a katodě, a také celkovou redoxní rovnici v iontovém tvaru včetně skupenství.**
- 8) **Uveďte schématický zápis tohoto článku (ne obrázek).**
- 9) **Vypočítejte napětí článku a porovnejte jej s napětím původního článku, ve kterém byly použity cín a měď.**



Úloha 5 Kovy v průmyslu aneb není most jako most!

3 body

Kovy jsou všude kolem nás. Najdeme je v našem každodenním životě od propisek a příborů po konstrukce mostů nebo železnic. Protože se ale kovy pro naše potřeby nachází v přírodě ryzí jen zřídka, obvykle je těžíme z jejich rud. K nejvíce vyráběným kovům patří měď, hliník nebo zinek, ale rozhodně na prvním místě je železo. K jeho výrobě se využívá řada rud železa. Může to být například limonit, siderit nebo pyrit, ale nejčastěji se používají magnetit (Fe_3O_4) a hematit (Fe_2O_3), které obsahují tohoto kovu nejvíc.

1) Pojmenujte podle systematického názvosloví magnetit a hematit. Kolik hmotnostních procent železa tyto oxidy obsahují?

Železo se vyrábí pomocí zařízení jménem vysoká pec. Celý proces funguje tak, že se do vrchní části vsype železná ruda (směs magnetitu a hematitu), koks a vápenec. Tyto složky klesají pecí dolů a přitom se zvyšuje teplota v peci. Celý proces je složitější, ale my si můžeme představit, že ve vrchní části dochází k částečné redukci Fe_2O_3 na Fe_3O_4 pomocí oxidu uhelnatého. Fe_3O_4 je dále redukován stejným plynem na FeO a ten nakonec přechází na železo reakcí s uhlíkem z koksu. Výsledné surové železo je nakonec vypuštěno z peci v její dolní části a dále zpracováno.

To, jak taková výroba železa probíhá v praxi, můžete shlédnout například zde: <https://www.youtube.com/watch?v=b3BOMfH7Dbc>

2) Napiš a vyčíslí tři popsané reakce, které ve vysoké peci probíhají.

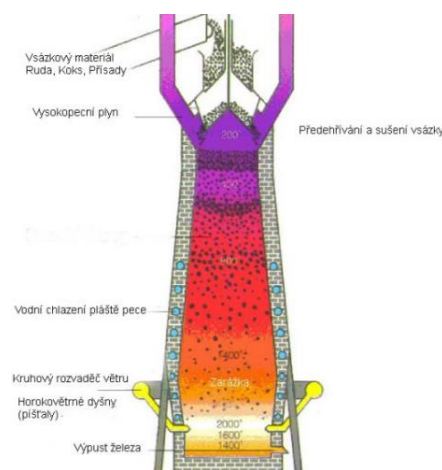
Byla nachystána navážka pro pec. Celkem váží 4,2 t a tvoří ji 1,2 t železných rud, 2 t koksu a 1 t vápence. V navážce je směs hematitu a magnetitu v poměru 9:1 a obě rudy obsahují 5 % příměsí neobsahujících železo.

3) Kolik železa můžeme teoreticky získat z této navážky? A jaký je procentuální výtěžek procesu, pokud bylo získáno 0,56 t surového železa?

Železo je bezkonkurenčně nejrozšířenějším konstrukčním materiálem na světě. Ovšem při jeho styku s kyslíkem a vzdušnou vlhkostí dochází k jeho oxidaci na oxid železitý. Jde o proces na povrchu materiálu a v případě železa je destruktivní, protože vzniklý oxid nechrání před další oxidací a koroze proniká dále do materiálu. Proto se železné konstrukce opatřují ochrannou vrstvou, aby ke korozi nedocházelo. Pojďme nyní zkusit odhadnout rozsah koroze Golden Gate Bridge, pokud by nebyl ošetřován charakteristickým červeným nátěrem.

Železnou konstrukci mostu můžeme aproximovat pomocí tří kvádrů, jeden pro samotnou silnici a dva pro věže. Silnici budeme uvažovat jako kvádr se stranami o délce 2740 m, 5 m a 27 m (šířka silnice), ovšem jedna ze širších stran je pokrytá silnicí a na obou koncích je most upevněn do země. Věže aproximujeme jako kvádry o rozměrech 230 m, 5 m a 35 m. V přímořském prostředí koroze probíhá rychlostí 19 g na m^2 za rok. Golden Gate Bridge obsahuje 88 000 kg oceli.

4) Vypočítejte, kolik procent oceli by se za rok změnilo korozí, kdyby most nebyl ošetřován.



https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Schema_kopie.jpg?fbclid=IwAR1WEIL0fSdu4TegQZKVKoZt3c4wwGmaGTOhxMMYuMdsFBfqmtiJ4o4Eka0



<https://www.prevention.com/life/a32800452/golden-gate-bridge-singing-video/>



Úloha 6 Kovy v biosystémech aneb je libo šampaňské?

2,5 bodu

Kovy nejsou důležité jen v průmyslu, ale mnohé z nich plní nezbytně nutné funkce pro živé organismy.

- 1) Vyhledejte, jak se jmenuje základní organická struktura, do které se váže železo v hemoglobinu a v cytochromech, kobalt v kobalaminu nebo hořčík v chlorofylu. Jaký typ vazby se zde uplatňuje mezi kovem a strukturou?
- 2) Jaká oxidační čísla mají kovy za fyziologických podmínek ve výše uvedených komplexech?

Nyní se blíže podíváme na kobalamin.

- 3) Jak se jmenuje kobalamin jako vitamín? Při vynechání jedné složky potravy může člověk mít deficit kobalaminu. O jakou složku se jedná?

Nejčastější formou kobalaminu je kyanokobalamin ($M = 1355 \text{ g mol}^{-1}$). Jeho doporučená denní dávka činí 2,5 μg . Uvažujte člověka, který vynechává přírodní zdroj kobalaminu (viz ot. 3) a přijímá jej pouze v doplňcích stravy (tabletách). Kolik kyanokobalaminu musí obsahovat tableta, která má pokrýt denní příjem? Uvažujte, že kyanokobalamin se špatně vstřebává v trávicím traktu, účinnost vstřebávání je jen 2 %. Hmotnostní zlomek kyanokobalaminu v takové tabletě je 0,0002.

- 4) Vypočítejte hmotnost tablety v mg.

- 5) Jiný druh kobalaminu, hydroxykobalamin (kyanokobalamin má CN skupinu, hydroxykobalamin OH skupinu), se používá jako protijed při otravě kyanidy. Podstatou tohoto procesu je nahrazení hydroxyskupiny za kyanoskupinu a vznik kyanokobalaminu.

- a) Spočítejte molární hmotnost hydroxykobalaminu, pokud molární hmotnost kyanokobalaminu je 1355 g mol^{-1} .
- b) Jaký je poměr látkových množství pro hydroxykobalamin a CN^- , pokud se v jedné molekule hydroxykobalaminu nahradí právě jedna hydroxy skupina přesně jednou kyanoskupinou?
- c) V povídce Žlutý iris od Agathy Christie vyšetřuje Hercule Poirot vraždu Iris Russellové. K té došlo tak, že oběť byla otrávena kyanidem draselným v šampaňském při slavnostní večeři. O dva roky později pořádá její manžel vzpomínkovou večeři a pozve na ni stejné účastníky. Při druhé večeři je otrávena Irisina sestra Pauline. K pokusu o vraždu došlo tak, že si vrah připravil dvě 0,7l lahve šampaňského, jednu čistou a druhou s 1,6 g cyankáli. Sklenice na šampaňské má objem 200 ml, Pauline vypila ale jen polovinu. Kolik g hydroxykobalaminu musí detektiv Poirot ženě podat, aby ji zachránil?

