



60. ročník

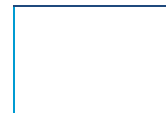
2023/2024

ŠKOLNÍ KOLO

Kategorie B

Teoretická část – Zadání

20 bodů

**ANORGANICKÁ CHEMIE****10 BODŮ****Autor****RNDr. Tereza Krchová, Ph.D.**
*Gymnázium, Praha 5, Na Zatlance 11***Recenze****prof. RNDr. Jan Kotek, Ph.D.**
*Katedra anorganické chemie, Přírodovědecká fakulta Univerzity Karlovy, Praha***doc. RNDr. Ing. Petr Distler, Ph.D. et Ph.D.**
Katedra jaderné chemie, Fakulta jaderná a fyzikálně inženýrská, ČVUT v Praze
Katedra didaktiky a učitelství chemie, Přírodovědecká fakulta Univerzity Karlovy, Praha
Gymnázium ALTIS, Praha 10

Milí soutěžící,

kyselina sírová je bezesporu chemikálií, bez které by se (nejen) chemický průmysl těžko obešel. Pro mnoho lidí je navíc tato kyselina (a především její vzorec H_2SO_4) symbolem chemie jako takové. V úlohách letošního ročníku chemické olympiády kategorie B se proto zaměříme především na tuto sloučeninu. Podíváme se na starší a současné způsoby výroby kyseliny sírové a zamíříme na jedno místo, které je s výrobou této kyseliny spjaté.

V rámci přípravy na řešení testu školního, krajského a národního kola si nastudujte kapitoly týkající se vlastností a reaktivity kyseliny sírové, solí této kyseliny a oxidů síry v doporučené literatuře. Seznamte se s teorií kyselin a zásad, hydrolyzou solí a doplňte si znalosti o analytickém stanovení síranových iontů. Vaši pozornost si jistě zaslouží také Le Chatelierův princip a psaní strukturních vzorců. Úspěšnému řešení určitě pomůže, když se podíváte na soli železa, které souvisí se staršími způsoby výroby kyseliny sírové, a zaměříte se na chování a reakce Fe^{2+} a Fe^{3+} ve vodných roztocích. Zopakujte si také názvosloví a reakce koordinačních sloučenin. Samozřejmě bude třeba zvládnout stechiometrické výpočty (z rovnice a vzorce) či výpočty s využitím rovnice ideálního plynu.

Hodně zdaru při řešení přeje

Autorka

Doporučená literatura:

- 1) C. E. Housecroft, A. G. Shape: Anorganická chemie, VŠCHT Praha 2014, str. 212–213, 396, 559–569, 730–733 a všechny další kapitoly, které potřebujete k pochopení problematiky
- 2) N. N. Greenwood, A. Earnshaw: Chemie prvků, 2. díl, Informatorium Praha 1993, str. 856–860, 864–878, 1333–1335, 1344–1347 a všechny další kapitoly, které potřebujete k pochopení problematiky
- 3) M. Horáková a kol: Analytika vody, VŠCHT Praha 2003, str. 226–231, dostupné online: https://vydavatelstvi.vscht.cz/katalog/publikace?uid=uid_isbn-978-80-7080-520-6
- 4) Životopis Járy Cimrmana, dostupný online: <https://www.cimrman.at/>
- 5) Důvěryhodné webové stránky (materiály z vysokých škol apod.) zabývající se tématy uvedenými v úvodu

**Úloha 1 Hromnické jezírko a výroba olea****4 body**

Nedaleko obce Hromnice v Plzeňském kraji se nachází přírodní památka, která je pozůstatkem těžby starohorních břidlic s grafitickou příměsí a s příměsí **kyzu železného**. Břidlice se zde těžila nejprve ve štolách, později se začala těžit pomocí odstřelů. Po ukončení těžby koncem 19. století vzniklo po zatopení lomu tzv. Hromnické (Červené) jezírko (Obrázek 1).

První zprávy o těžbě břidlice v hromnické oblasti pochází z konce 16. století, kdy byla tato břidlice využívána k výrobě **kamence** (v této souvislosti se proto zdrojové břidlice označovaly jako kamenečné/kamencové). Vzhledem k nízkému obsahu kaolinitických minerálů ale nebyla výroba kamence příliš ekonomicky výhodná. V 19. století se pak vytěžená břidlice začala využívat k výrobě vitriolového kamene (proto název vitriolová břidlice), který sloužil jako vstupní surovina v procesu výroby tzv. „české“ **dýmavé kyseliny sírové (olea)**. Ta byla v 19. století celosvětově známým pojmem a významným exportním artiklem. Firma podnikatele Johanna Davida Starcka, které patřil také břidlicový důl u Hromnic, tvořila až do poloviny 19. století dokonce většinový podíl z celkové světové produkce koncentrované kyseliny sírové.



Obrázek 1: Hromnické (Červené) jezírko.

- 1) **V předchozím textu byl zmíněn tzv. kyz železný. O jakou sloučeninu se jedná? Uveďte název minerálu, který je takto označován. Zapište jeho chemické složení vzorcem a systematickým názvem. Doplňte oxidační čísla.**
- 2) **Uveďte obecný vzorec kamence a doplňte oxidační stavy kationtů. K čemu se kamence využívají/využívaly? Uveďte alespoň 3 způsoby využití.**
- 3) **Zapište, jaké je složení dýmavé kyseliny sírové (olea).**

Výroba vitriolového kamene nebyla jednoduchá. Nejprve bylo nutné vytěženou břidlici obsahující kyz železný nadrtit a navršit na hromady – tzv. haldy. Podloží hald bylo vymazané jilem a bylo tedy nepropustné. Tyto haldy byly ponechány několik let na pospas povětrnostním podmínkám. *Při tom docházelo ve vodném prostředí k postupné oxidaci kyzu železného až na síran železnatý (reakce 1)*. Ten byl z haldy nakonec vylouhován kropením vodou.

Takto získaný louh byl čištěn a zahušťován. Postupně docházelo k další oxidaci síranu železnatého na síran železitý a nakonec byla vzniklá hustá tekutina vylita na podlahu varny a ponechána ztuhnout v surový vitriolový kámen. Ten byl nakonec ještě pálen v pecích, aby byl zbaven přebytečné vlhkosti (zároveň došlo k oxidaci zbylého síranu železnatého na síran železitý). V tzv. olejních byl bezvodý vitriolový kámen dále zpracován.

*V tzv. galejní peci probíhal rozklad vitriolového kamene za vzniku oxidu sírového (reakce 2) a ten byl zaváděn do absorpční kapaliny, kterou mohla být voda či kyselina sírová. Jako zbytek po rozkladu vitriolového kamene zůstal červený prášek obsahující Fe_2O_3 , který se pod názvem *caput mortuum* prodával jako pigment.*

- 4) **Zapište chemickými rovnicemi reakce 1 a 2 (v textu vyznačené kurzívou). U reakce 2 předpokládejte, že vitriolový kámen obsahuje pouze síran železitý.**



Hromnické jezíčko je značně kyselé a prakticky bez života. Srážková voda, která stále prosakuje do zvětralých hald břidlice obsahujících kys. železný, vymývá do jezírka síran železnatý a kyselinu sírovou (s touto reakcí jste se již seznámili v předchozí otázce). Zároveň dochází v kyselém prostředí k oxidaci železnatých iontů vzdušným kyslíkem za vzniku iontů železitých (**reakce 3**). Vzniklé kationty Fe^{3+} mohou ve vodném prostředí oxidovat další pyrit za vzniku kyseliny sírové a redukovat se na ionty Fe^{2+} (**reakce 4**).

- 5) **Popište iontovými rovnicemi reakce 3 a 4 (v textu opět vyznačené kurzívou). Doplňte skupenství jednotlivých látek.**
- 6) **Pokud k roztoku železité soli přidáme zásadu, dojde k vyloučení hnědočervené (gelovité) sraženiny. Zapište vzorec této sloučeniny.**
- 7) **Kationty Fe^{2+} a Fe^{3+} je možné kvalitativně dokázat reakcemi s tzv. žlutou a červenou krevní solí.**
 - a) Zapište vzorce žluté a červené krevní soli a pojmenujte je systematickým názvem.
 - b) Zapište vzorec modrého produktu, který vzniká reakcí kationtu Fe^{3+} se žlutou krevní solí, a uveďte jeho systematický název.

Po dešti byl u břehu Hromnického jezírka odebrán vzorek vody. V laboratoři bylo 10,00 ml toho vzorku zředěno destilovanou vodou na objem 200 ml a standardizovaným postupem bylo provedeno vázkové (gravimetrické) stanovení koncentrace síranů ve vzorku pomocí roztoku BaCl_2 . Princip metody je založen na tvorbě bílé, málo rozpustné sraženiny **X**. Sraženina **X** byla odfiltrována, společně s filtračním papírem spálena v porcelánovém kelímku a poté vyžihána v peci do konstantní hmotnosti. Hmotnost takto získané sraženiny **X** byla 18,9 mg (uvažujeme kvantitativní vyloučení SO_4^{2-}).

Voda Hromnického jezírka obsahuje velké množství kationtů a aniontů. Pro následující výpočty předpokládejte, že analyzovaný vzorek byl upraven tak, aby stanovení koncentrace SO_4^{2-} nebylo rušeno přítomností dalších iontů.

- 8) **Zapište iontovou rovnici vzniku sraženiny X.**
- 9) **Vypočítejte:**
 - a) Molární koncentraci SO_4^{2-} ve vzorku vody odebrané z Hromnického jezírka (v jednotkách mol dm^{-3}).
 - b) Hmotnostní koncentraci SO_4^{2-} ve vzorku odebrané vody z Hromnického jezírka (v jednotkách mg dm^{-3}).

Úloha 2 Kyselina sírová včera a dnes

2,6 bodu

Výrobu kyseliny sírové zmiňuje i Jules Verne ve své knize Tajuplný ostrov. Postava důstojníka Smithe v tomto románu vydaném v roce 1875 vyzdvihuje dokonce termický způsob výroby kyseliny sírové využívaný v Čechách:

Tajuplný ostrov, díl první – Nešťastní vzduchoplavci (kapitola XVII):

*...V průmyslové výrobě si vyžadují práce na získání kyseliny sírové značných nákladů. Nutno budovat velké továrny, speciální zařízení, platinové přístroje a olověné komory, na něž kyselina nepůsobí a v nichž dochází k chemickým přeměnám. Inženýr neměl po ruce nic takového, ale věděl, že v Čechách se vyrábí kyselina sírová mnohem jednodušším způsobem, který má tu výhodu, že dává kyselinu ve značné koncentraci. Tak se vyrábí kyselina známá pod jménem nordhauská kyselina. K výrobě kyseliny sírové potřeboval Cyrus Smith provést jediný proces: **žíhat v uzavřené nádobě krystalky síranu železnatého tak, aby se kyselina sírová v párách uvolnila...***

- 1) **Zapište rovnici tepelného rozkladu síranu železnatého tak, jak ji plánoval provést Cyrus Smith. Vyjděte z předpokladu, že Smith žíhal bezvodý síran železnatý a při reakci vznikla pevná látka a dva plyny, které oba obsahují síru (plyn A – lehčí, plyn B – těžší).**



Smith si vybral k testování tepelného rozkladu síranu železnatého nádobu o objemu 2,00 dm³. Do nádoby nasypal 10,0 g pevného FeSO₄ a nádobu uzavřel.

- 2) **Spočítejte hmotnost vzduchu v takto připravené nádobě při teplotě 20 °C. Objem pevného FeSO₄ zanedbejte a pro zjednodušení vycházejte z předpokladu, že vzduch obsahuje pouze dusík, kyslík a argon v molárním poměru 78:21:1. Tlak v nádobě je 101325 Pa. Předpokládejte platnost stavové rovnice ideálního plynu.**

Poté Smith provedl tepelný rozklad FeSO₄ (rozklad proběhl kvantitativně a nedošlo k úniku plynu z nádoby).

- 3) **Vypočítejte hmotnost vzniklého plynu A a plynu B v nádobě.**
4) **Vypočítejte celkový tlak v nádobě po provedení reakce a vychladnutí nádoby na teplotu 50 °C.**

Výroba kyseliny sírové termickým rozkladem síranů byla od 18. století postupně vytlačována postupem nitrózním (komorovým), který využíval oxidu dusičitého k oxidaci oxidu siřičitého. V současné době se k výrobě kyseliny sírové užívá tzv. kontaktní způsob. Prvním krokem tohoto výrobního procesu je výroba SO₂.

- 5) **Popište třemi rovnicemi postup výroby kyseliny sírové kontaktním způsobem. V prvním reakčním kroku vycházejte z elementární síry a třetí krok запиšte jako zavádění plynu do vody.**

Druhá reakce při výrobě kyseliny sírové (oxidace SO₂) je reakce rovnovážná, exotermická a s pouze atmosférickým kyslíkem probíhá velmi pomalu. K jejímu ekonomicky výhodnému průmyslovému provedení je třeba využít kontaktu reagujících látek s katalyzátorem (odtud také název „kontaktní“ výroba). Dříve byl v tomto reakčním kroku využíván platinový katalyzátor, o kterém píše také Jules Verne v citovaném textu. Platinový katalyzátor byl ale později nahrazen.

- 6) **Z jakého důvodu byl platinový katalyzátor nahrazen? Jaký katalyzátor se v tomto reakčním kroku nyní nejčastěji využívá?**
7) **Vysvětlete, jakým způsobem ovlivní tuto rovnovážnou reakci zvýšení:**
a) teploty
b) tlaku

Reakce oxidu sírového s vodou se v průmyslové výrobě H₂SO₄ ve skutečnosti nevyužívá. Používá se jiný způsob, při kterém je oxid sírový zaváděn do koncentrované kyseliny sírové a vzniká oleum, které je následně ředěno vodou.

- 8) **Vysvětlete, proč se reakce SO₃ s vodou v průmyslu nevyužívá.**

Úloha 3 Reakce, vlastnosti a soli kyseliny sírové

3,4 bodu

Koncentrovaná kyselina sírová je viskózní bezbarvá kapalina. Je silně hygroskopická, čehož se využívá například při sušení plynů. Jako silná kyselina je schopna rozložit celou řadu minerálních látek a její role například při výrobě hnojiv je zcela zásadní. Kyselina sírová je kyselina dvojsytná a poskytuje tak dvě řady solí – sírany a hydrogensírany.

- 1) **Zapište rovnice disociace (deprotonace) kyseliny sírové do všech stupňů. Vyznačte konjugované páry.**
2) **Vyberte jedno správné tvrzení:**
a) Kyselina sírová disociuje ve vodě zcela zanedbatelně.
b) Kyselina sírová je silná kyselina, proto je při všech koncentracích ve vodě zcela disociována na anion SO₄²⁻ a kation H₃O⁺.



- c) V roztoku kyseliny sírové s koncentrací, se kterou se setkáme např. v olověném akumulátoru, se vyskytuje více částic HSO_4^- než SO_4^{2-} .
- d) Ve vodném roztoku kyseliny sírové dochází ke vzniku kationtu H_3SO_4^+ .

3) Do následující tabulky doplňte triviální názvy, vzorce a systematické názvy solí kyseliny sírové.

Triviální název	Vzorec	Systematický název
Mohrova sůl		
	$\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$	
		heptahydrát síranu hořečnatého
zelená skalice		
	$\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	

Vzorek hydratovaného síranu sodného ($\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot x\text{H}_2\text{O}$) o hmotnosti 1,352 g byl podroben vážkové analýze. Vzorek byl rozpuštěn ve vodě a síranové ionty byly vysráženy pomocí roztoku BaCl_2 . Sraženina byla odfiltrována, společně s filtračním papírem spálena v porcelánovém kelímku a poté vyžhána v peci do konstantní hmotnosti (uvažujte kvantitativní vysrážení síranových aniontů). Hmotnost takto získané sraženiny byla 1,177 g.

- 4) **Vypočítejte, kolik molekul vody (x) se v tomto hydrátu váže na jednu molekulu Na_2SO_4 .**
- 5) **Nakreslete strukturní elektronový vzorec síranového aniontu.**
- 6) **Ve vodném roztoku čistého síranu sodného při teplotě 25 °C (doplňte jedno správné tvrzení):**
- a) dochází k hydrolyze síranového aniontu a sodného kationtu a pH roztoku je neutrální.
- b) dochází k hydrolyze síranového aniontu a pH roztoku je zásadité.
- c) dochází k hydrolyze sodného kationtu a pH roztoku je kyselé.
- d) nedochází k hydrolyze iontů soli a pH roztoku je neutrální.
- 7) **Zapište rovnice následujících reakcí:**
- a) Reakce horkého roztoku síranu železnatého s kyselinou sírovou a peroxidem vodíku.
- b) Reakce zinku se zředěnou kyselinou sírovou.
- c) Reakce zinku s horkou koncentrovanou kyselinou sírovou.
- d) Reakce uhličitanu vápenatého se zředěnou kyselinou sírovou.

Smícháním koncentrované kyseliny sírové s peroxidem vodíku lze v laboratoři připravit roztok další kyseliny, který ocení každý správný organický chemik při umývání laboratorního skla.

8) Zapište příslušnou rovnici vzniku této kyseliny. Uveďte její název.

Tuto kyselinu v roce 1898 poprvé objevil a popsal chemik Heinrich Caro a její vzorec se dokonce objevil v úvodní „závěrečné besedě“ k divadelní hře Lijavec českého génia Jára Cimrmana.

9) Kolik let bylo Cimrmanovi v době objevení této látky?

**ORGANICKÁ CHEMIE****10 BODŮ****Autor****Mgr. et Mgr. Pavla Perlíková, Ph.D.**
*Ústav organické chemie, VŠCHT Praha***Recenze****Ing. Ondřej Šimůnek, Ph.D.**
*Ústav učitelství a humanitních věd, VŠCHT Praha
Gymnázium, Praha 2, Botičská 1*

V letošním ročníku chemické olympiády se budeme věnovat zejména izomerii. Měli byste se seznámit s následujícími pojmy: izomer; typy izomerů: konstituční, konfigurační, konformační; geometrické izomery na kruzích a dvojných vazbách; předpony *cis/trans*; stupeň nenasycenosti; konformační analýza cykloalkanů; stereoizomery; optická aktivita; chiralita; stereogenní centrum; enantiomer; diastereomer; mesoforma. Zároveň není potřeba umět přiřadit stereodeskriptory *E/Z* nebo *R/S*. Dále se v úlohách setkáte s reakcemi alkanů, cykloalkanů, alkenů a dienů. Zde by pozornosti neměly uniknout tyto pojmy: radikálová substituce alkanů; elektrofilní adice na alkeny a dieny, její regiosektivita a stereosektivita; kinetické a termodynamické řízení reakce; adice vody, halogenů (v aprotických rozpouštědlech a ve vodě) a halogenovodíků; radikálová adice; epoxidace a cyklopropanace dvojných vazeb; syntéza vicinálních diolů; oxidační štěpení dvojných vazeb manganistanem draselným; ozonolýza a Dielsova–Alderova reakce.

Doporučená literatura:

- 1) Středoškolské učebnice chemie, např. J. Honza, A. Mareček: Chemie pro čtyřletá gymnázia 2. díl, Proton 2014; A. Mareček, J. Honza: Chemie pro čtyřletá gymnázia 3. díl, Proton 2014.
- 2) J. McMurry: Organická chemie, VUTIUM 2015, str. 16–19, 61–77, 91–108, 119–126, 131–138, 168–172, 189–196, 201–207, 225–231, 235–245, 250–254, 295–299, 427–437.

**Úloha 1 Izomery****2,4 bodu**

Fakt, že uhlíkaté molekuly mohou tvořit izomery, dává organickým chemikům velkou možnost tvořit nové a nové molekuly. Vždyť už pro dekan existuje celkem 75 konstitučních isomerů. My se v této úloze zaměříme na uhlovodíky se sumárním vzorcem C_5H_{10} . Existuje celkem 9 konstitučních izomerů s tímto sumárním vzorcem.

- 1) **Určete stupeň nenasycenosti uhlovodíku o sumárním vzorci C_5H_{10} .**
- 2) **První skupinu izomerů C_5H_{10} tvoří látky X1-X5, které reagují s vodíkem za přítomnosti palladia na aktivním uhlí za vzniku látek se sumárním vzorcem C_5H_{12} .**
 - a) Jak se nazývá skupina uhlovodíků, do které patří tyto látky?
 - b) S využitím informací z tabulky níže nakreslete vzorce látek **X1-X5**.

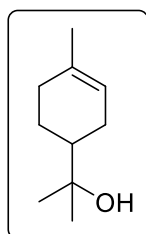
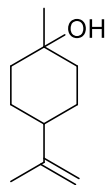
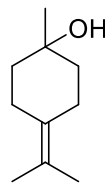
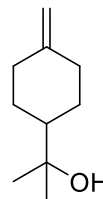
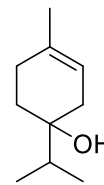
Látka	Vlastnosti
X1	Tvoří izomery <i>cis</i> a <i>trans</i> .
X2	Obsahuje atom uhlíku, na který jsou navázány další tři uhlíkové atomy a jeden atom vodíku.
X3	Jedním z produktů její ozonolýzy je aceton.
X4	Je to polohový izomer látky X1 .
X5	Hydrogenací X2 a X5 vzniká stejná látka.

- 3) **Druhou skupinu izomerů C_5H_{10} tvoří látky X6-X9, které s vodíkem za přítomnosti palladia na aktivním uhlí nereagují, radikálovou chlorací však poskytují produkty se sumárním vzorcem C_5H_9Cl .**
 - a) Jak se nazývá skupina uhlovodíků, do které patří tyto látky?
 - b) S využitím informací z tabulky níže nakreslete vzorce látek **X6-X9**.

Látka	Vlastnosti
X6	Tvoří izomery <i>cis</i> a <i>trans</i> .
X7	Radikálová chlorace této látky může teoreticky poskytnout jediný produkt.
X8	Radikálová chlorace této látky může teoreticky poskytnout dva produkty.
X9	Radikálová chlorace této látky může teoreticky poskytnout čtyři produkty.

Úloha 2 Terpeneol**3,8 bodu**

Monoterpeny jsou přírodní látky, které ve své struktuře obsahují deset atomů uhlíku. Jsou to látky vonné a přirozeně se vyskytují v mnohých aromatických potravinách. Pro α -terpineol, jehož struktura je uvedena níže, je typický výskyt v dobromysli obecné (oregano) nebo v hroznech tramínu červeného. V přírodě se běžně vyskytuje celkem pět izomerů terpineolu.

 α -terpineol β -terpineol γ -terpineol δ -terpineol

4-terpineol

- 1) Jaké víno se vyrábí z odrůdy tramín červený? Bílé, nebo červené?
- 2) α -Terpineol může tvořit několik stereoisomerů.
 - a) Označte v molekule α -terpineolu hvězdičkou všechna stereogenní centra.
 - b) Pomocí prostorových konfiguračních (klínkových) vzorců nakreslete všechny stereoisomery α -terpineolu
- 3) Který/které z výše uvedených čtyř polohových izomerů α -terpineolu je/jsou chirální?

Chemici monoterpeny využívají jako základní kameny pro syntézu složitějších molekul. Jednou z výhod tohoto postupu je fakt, že se dají izolovat jako čisté enantiomery a dají se z nich proto připravit opticky čisté produkty. V následujících reakcích ale stereochemii uvažovat nebudeme. Regioselektivitu reakcí ale v úvahu vzít musíme.

- 4) Napište, jak se jmenuje pravidlo, podle kterého se řídí regioselektivita elektrofilní adice na násobné vazby a jak toto pravidlo zní.
- 5) Nakreslete struktury majoritních produktů reakce α -terpineolu s následujícími činidly
 - a) s bromem v diethyletheru za laboratorní teploty
 - b) s bromovodíkem v dichlormethanu
 - c) s manganistanem draselným v přítomnosti hydroxidu sodného při 10 °C
 - d) se zředěnou kyselinou sírovou
 - e) s bromem ve vodě
 - f) 3-chlorperoxybenzoovou kyselinou (mCPBA)
 - g) bromoformem v přítomnosti hydroxidu sodného

Úloha 3 Více dvojných vazeb

3,8 bodu

Reaktivita alkenů je oproti alkanům mnohem různorodější. Při určování struktury neznámé organické sloučeniny je možné toho využít. K průkazu přítomnosti dvojných vazeb v molekule se používá reakce s bromovou vodou, se kterou alkyly nereagují.



A



B



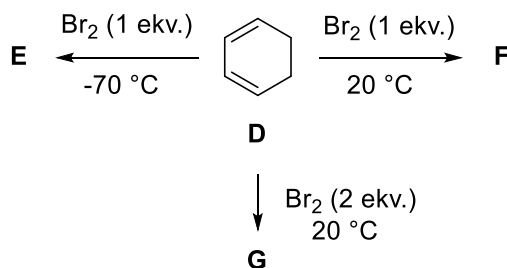
C

- 1) Popište, na základě jakého pozorování při reakci s bromovou vodou určíte, že sloučenina obsahuje dvojnou vazbu.



- 2) Rozdělte látky A–C na ty, u kterých dojde k reakci s bromovou vodou, a ty, které reagovat nebudou. Vysvětlete.

Sloučenina **D** patří mezi dieny. Její reakcí s bromem můžeme připravit hned tři různé sloučeniny **E–G**. V následujícím schématu jsou vyznačeny reakční podmínky, za kterých se tyto sloučeniny tvoří jako hlavní produkt reakce. Zkratka ekv. znamená ekvivalent.



- 3) Nakreslete strukturální vzorce látek E–G. Neuvažujte stereochemii.
- 4) Vznik různých produktů v závislosti na teplotě je pro adice na konjugované dieny typický. Doplňte do tabulky slova "vyšší" a "nižší" tak, abyste vystihli reakční podmínky a charakteristiky reakcí, při kterých jednotlivé produkty vznikají.

Produkt	Teplota	Stabilita produktu	Aktivační energie
termodynamický			
kinetický			

Adice bromu na dvojnou vazbu je stereospecifická reakce. Nevzniká tedy směs všech možných stereoizomerů, ale pouze některé z nich.

- 5) Kolik stereoizomerů může teoreticky tvořit látka **E**?
- 6) Nakreslete libovolný jeden stereoizomer látky **E**, který vzniká ze sloučeniny **D** reakcí, která je uvedena výše.
- 7) Látka **F** může teoreticky tvořit několik stereoizomerů. Jeden z nich není chirální, přestože obsahuje stereogenní centra. Nakreslete jeho strukturu.

Dielsova–Alderova reakce je další běžná reakce dienů. Zdaleka ne všechny dieny jsou schopny reagovat ve smyslu této reakce. Reakce probíhá mezi vhodným dienem a tzv. dienofilem za vzniku šestičlenného kruhu.

- 8)
- a) Akrylonitril ($\text{CH}_2=\text{CH}-\text{CN}$) je dienofil vhodný pro provedení Dielsovy–Alderovy reakce. Rozhodněte, který z dienů **B** a **D** bude s akrylonitrilem poskytovat produkt Dielsovy–Alderovy reakce a který nikoli. Vysvětlete.
- b) Nakreslete strukturu produktu **H**, který vzniká reakcí akrylonitrilu a nejjednoduššího vhodného acyklického dienu (tj. majícího co nejmenší počet uhlíků ve struktuře dienu).