

UNIVERZITA PAVLA JOZEFA ŠAFÁRIKA V KOŠICIACH
PRÍRODOVEDECKÁ FAKULTA
ÚSTAV CHEMICKÝCH VIED
KATEDRA ORGANICKEJ CHÉMIE



ŠPECIÁLNE PRAKTIKUM ŠKOLSKÝCH POKUSOV Z ORGANICKEJ
CHÉMIE

JANA ŠPAKOVÁ RASCHMANOVÁ A KOL.

Košice 2025

Vysokoškolský učebný text Špeciálne praktikum školských pokusov z organickej chémie vznikol vďaka finančnej podpore Vnútroškolného vedeckého grantového systému UPJŠ VVGS UPJS – IPEL č. VVGS-2022-2409.

Špeciálne praktikum školských pokusov z organickej chémie

Vysokoškolský učebný text

Autori:

RNDr. Jana Špaková Raschmanová, PhD.

Prírodovedecká fakulta UPJŠ v Košiciach, Ústav chemických vied, Katedra organickej chémie

RNDr. Zuzana Kudličková, PhD.

Prírodovedecká fakulta UPJŠ v Košiciach, Ústav chemických vied, Laboratórium NMR spektroskopie

RNDr. Kvetoslava Stanková, PhD.

Prírodovedecká fakulta UPJŠ v Košiciach, Ústav chemických vied, Katedra organickej chémie

Recenzenti:

doc. RNDr. Alena Fedoročková, PhD.

Technická univerzita v Košiciach, Fakulta materiálov, metalurgie a recyklácie, Inštitút materiálov

RNDr. Aneta Salayová, PhD.

Univerzita veterinárskeho lekárstva a farmácie v Košiciach, Katedra chémie, biochémie a biofyziky



Tento text je publikovaný pod licenciou CC BY NC ND Creative Commons Attribution-NonCommercial-No-derivates 4.0 („Uveďte pôvod – Nepoužívajte komerčne - Nespracováajte“)

Za odbornú a jazykovú stránku tejto publikácie zodpovedajú autori. Rukopis neprešiel redakčnou ani jazykovou úpravou.

Umiestnenie: www.unibook.upjs.sk

Dostupné od: 25.03.2025

ISBN 978-80-574-0394-4 (e-publikácia)

OBSAH

Zoznam obrázkov	5
Predslov 7	
1 Globálny harmonizovaný systém (GHS) označenia obalov chemikálií	8
2 Praktické cvičenie č. 1	9
2.1 Kvalitatívna organická analýza	9
2.1.1 Dôkaz uhlíka zuhoľnatením	9
2.1.2 Dôkaz uhlíka – oxidácia sacharózy	10
2.1.3 Dôkaz uhlíka a vodíka v organickej zlúčenine zahrievaním s oxidom meďnatým	10
2.1.4 Dôkaz halogénov pomocou AgNO_3	11
2.1.5 Dôkaz halogénov podľa Beilsteina	13
2.1.6 Dôkaz dusíka	14
2.1.6.1 Dôkaz dusíka v močovine	14
2.1.6.2 Dôkaz dusíka v kazeíne	14
3 Praktické cvičenie č. 2	16
3.1 Alkány	16
3.1.1 Príprava metánu redukciou chloroformu práškovým zinkom	17
3.2 Alkény	18
3.2.1 Príprava eténu	18
3.2.2 Dôkaz eténu adičnými reakciami	19
3.2.3 Odfarbenie karoténu - dôkaz dvojitých väzieb	20
3.3 Alkíny	21
3.3.1 Príprava acetylénu	22
3.3.2 Dôkaz acetylénu adičnými reakciami	22
3.3.3 Príprava acetylidu strieborného	23
4 Praktické cvičenie č. 3	26
4.1 Aromatické uhľovodíky a ich deriváty	26
4.1.1 Príprava benzénu	26
4.1.2 Príprava nitrotoluénu – nitácia toluénu ($\text{S}_{\text{E}}\text{Ar}$)	27
4.1.3 Bromácia toluénu v postrannom reťazci (S_{R}) a dôkaz brómu v molekule	28
4.1.3.1 Bromácia toluénu	28
4.1.3.2 Dôkaz brómu v benzylbromide	29
4.1.4 Nitrácia naftalénu ($\text{S}_{\text{E}}\text{Ar}$)	30
4.2 Halogénderiváty uhľovodíkov	31
4.2.1 Príprava chlórétanu (etylchloridu)	32
4.2.2 Príprava trijódmetánu – jodoformu	33
5 Praktické cvičenie č. 4	35
5.1 Kyslíkaté deriváty organických zlúčenín	35
5.1.1 Hydroxyderiváty organických zlúčenín	35
5.1.1.1 Alkoholy	36
5.1.1.2 Alkoholáty	39
5.1.1.3 Fenoly	40
5.1.2 Étery	44
5.1.2.1 Vlastnosti dietyléteru	44
6 Praktické cvičenie č. 5	47

6.1	Karboonylové zlúčeniny.....	47
6.1.1	Príprava formaldehydu (metanálu) a acetaldehydu (etanálu).....	47
6.1.2	Dôkazové reakcie aldehydov a ketónov	48
6.1.2.1	Reakcia so Schiffovým činidlom.....	48
6.1.2.2	Fehlingovo činidlo.....	49
6.1.2.3	Dôkaz aldehydov a ketónov 2,4-dinitrofenylhydrazínom – Bradyho test.....	51
6.1.2.4	Jodoformová reakcia	52
6.1.3	Oxidácia D-glukózy	53
6.1.4	Manganistanový chameleón – redoxná reakcia.....	53
7	Praktické cvičenie č. 6	57
7.1	Karboxylové kyseliny a ich deriváty.....	57
7.1.1	Esterifikácia – príprava vonných esencií.....	57
7.1.2	Reakcia karboxylových kyselín s horčíkom.....	59
7.1.3	Alkalická hydrolýza tukov – zmydelňovanie	59
7.1.3.1	Príprava mydla	61
7.1.3.2	Vlastnosti mydla.....	61
8	Praktické cvičenie č.7	63
8.1	Prírodné látky	63
8.1.1	Sacharidy.....	63
8.1.1.1	Coleov test – dôkaz glukózy.....	64
8.1.1.2	Farebné reakcie D-glukózy	64
8.1.1.3	Redukcia metylénovej modrej - oxidácia glukózy vzdušným kyslíkom.....	65
8.1.1.4	Selivanova reakcia sacharidov	66
8.1.1.5	Molischova reakcia sacharidov	68
8.1.2	Bielkoviny (proteíny)	69
8.1.2.1	Biuretova reakcia.....	69
8.1.2.2	Xantoproteínová reakcia.....	70
8.1.3	Lipidy	72
8.1.3.1	Dôkaz glycerolu v tukoch – akroleínový test	72
8.1.3.2	Dôkaz cholesterolu – Liebermannov-Burchardov test	73
8.1.3.3	Dôkaz nenasýtenosti tukov.....	74
9	Praktické cvičenie č. 8	76
9.1	Rastlinné farbivá ako univerzálny indikátor.....	76
9.1.1	Červená kapusta a pH.....	76
9.1.1.1	Zmena pH vodného roztoku amoniaku	77
9.1.1.2	Dúhové stĺpce	78
9.1.1.3	Farebná šumienka.....	80
9.1.1.4	Červená kapusta a chemické jojo	81
10	Praktické cvičenie č. 9	84
10.1	Plasty	84
10.1.1	Fenolformaldehydové živice	84
10.1.2	Tvorba fenoplastu z fenolu a hexametyléntetraamínu (urotropínu).....	84
10.1.3	Zrážanie gummy z latexu	85
10.1.4	Príprava anilínformaldehydovej živice.....	86
11	Praktické cvičenie č. 10	89
11.1	Izolácia vonných látok destiláciou s vodnou parou.....	89

12	Praktické cvičenie č. 11	92
12.1	Farbivá.....	92
12.1.1	Chromatografia farbív špenátu.....	92
12.1.2	Redukcia a oxidácia indiga.....	92
12.2	Luminiscenčné reakcie	94
12.2.1	Syntéza fluoresceínu.....	95
12.3	Chémia každodenného života – chémia v kuchyni	96
12.3.1	Reakcia medu s Fehlingovým činidlom	96
12.3.2	Dôkaz síry vo vaječnom bielku	97
12.3.3	Dôkaz škrobu v plátku zemiaka	97
12.3.4	Dôkaz látok prítomných vo vode, v ktorej sa varila ryža.....	98
12.3.5	Dôkaz kazeínu a laktózy v mlieku.....	99
12.3.6	Prítomnosť kyseliny askorbovej (vitamínu C) v uvarenej zemiakovej vode.....	100
13	Zásady bezpečnosti pri práci v chemickom laboratóriu	103
14	Zásady prvej pomoci.....	106
14.1	Prvá pomoc pri bezvedomí.....	106
14.2	Prvá pomoc pri dusení	106
14.3	Prvá pomoc pri vdýchnutí chemickej látky	106
14.4	Prvá pomoc pri požití chemickej látky	106
14.5	Prvá pomoc pri poliatí sa chemickou látkou	107
14.6	Prvá pomoc pri popálení a požiari.....	107
14.7	Prvá pomoc pri porezaní.....	107
	Použitá literatúra.....	108

ZOZNAM OBRÁZKOV

Obrázok 1.	Dôkaz uhlíka – oxidácia sacharózy	10
Obrázok 2.	Dôkaz chlóru v dichlórmetáne – vznik bielej zrazeniny AgCl.....	12
Obrázok 3.	Dôkaz chlóru v dichlórmetáne – Beilsteinov test	13
Obrázok 4.	Odfarbenie paradajkového pretlaku v prítomnosti Sava (A) a brómovej vody (B).....	21
Obrázok 5.	Príprava acetylénu (A), odfarbenie Bayerovho činidla (B) a odfarbenie brómovej vody (C).....	23
Obrázok 6.	Príprava acetylidu strieborného – prebublávanie amoniakálneho roztoku striebra acetylénom a postupný vznik chumáčov acetylidu strieborného.....	24
Obrázok 7.	Nitrácia toluénu (A) a vznik olejovitého produktu – zmesi <i>o</i> - a <i>p</i> -nitrotoluénu (B).....	27
Obrázok 8.	Dôkaz brómu v benzylbromide: vznik zrazeniny AgBr (A) a Beilsteinova skúška (B).	29
Obrázok 9.	Nitrácia naftalénu (A) a vznik žltých kryštálikov produktu 1-nitronaftalénu (B)	30
Obrázok 10.	Vznik žltých kryštálikov jodoformu pri jodoformovej reakcii etanolu	33
Obrázok 11.	Oxidácia etanolu s KMnO ₄ (Blesky pod vodou)	37
Obrázok 12.	Plameňová skúška na rozlíšenie metanolu (A) a etanolu (B) cez tvorbu triesterov s kyselinou boritou H ₃ BO ₃	39
Obrázok 13.	Emulzia fenolu v destilovanej vode (A), ktorá sa po pridaní roztoku NaOH vyčíri (B) a tento číry roztok sa po pridaní roztoku HCl opäť zakalí (C)	41
Obrázok 14.	Biela zrazenina 2,4,6-tribrómfenolu – produktu bromácie fenolu.....	42
Obrázok 15.	Farebné zmeny roztokov fenolov a naftolov po pridaní roztoku FeCl ₃ : fenol (A), pyrokatechol (B), rezorcinol (C), hydrochinón (D), kyselina salicylová (E), α -naftol (F) a β -naftol (G)	43
Obrázok 16.	Farebné zmeny pozorované v skúmavke po pridaní bezfarebného Schiffovho činidla k formaldehydu (A) a acetónu (B).....	48
Obrázok 17.	Farebné zmeny pozorované v skúmavkách s roztokmi D-glukózy (A), D-fruktózy (B), sacharózy (C) a formaldehydu (D) po reakcii s Fehlingovým činidlom.....	50
Obrázok 18.	Vznik žltej zrazeniny fenyhydrazónu po pridaní Bradyho činidla k roztoku formaldehydu.....	51
Obrázok 19.	Manganistanový chameleón – farebné zmeny roztoku KMnO ₄ pri jeho redukcii D-glukózou	54
Obrázok 20.	Vodné roztoky jednotlivých iónov (vľavo) a vznik zrazenín (vpravo) po pridaní roztoku mydla k roztokom solí Ca ²⁺ (A), Cu ²⁺ (B), Mg ²⁺ (C), Fe ²⁺ (D), Fe ³⁺ (E), k roztoku kyseliny octovej (F) a k roztoku NaCl (G)	60
Obrázok 21.	Dôkaz D-glukózy pomocou Coleovho testu v priebehu času	64
Obrázok 22.	Farebné reakcie D-glukózy v priebehu času	65
Obrázok 23.	Redukcia metylénovej modrej – oxidácia glukózy vzdušným kyslíkom.....	66
Obrázok 24.	Selivanov test na rozlíšenie aldóz (D-glukóza – A) od ketóz (D-fruktóza – B) a disacharidov (sacharóza – C)	67
Obrázok 25.	Biuretova reakcia – dôkaz prítomnosti peptidov vo vaječnom bielku (A) a mlieku (B)	70
Obrázok 26.	Xantoproteínová reakcia – roztok vaječného bielka (A), roztok vaječného bielka po pridaní HNO ₃ a zahriatí (B) a zmena sfarbenia roztoku po prídavku NH ₄ OH (C).....	71
Obrázok 27.	Zmena zafarbenia roztokov antokyanínov v závislosti od pH – od pH = 1 až po pH = 14 (zľava doprava).....	76
Obrázok 28.	Demonštračný pokus „Dúhové stĺpce“	80
Obrázok 29.	Demonštračný pokus „Chemické jojo“	82

Obrázok 30. Zmes fenolu a urotropínu v skúmavke (A), zmes fenolu a urotropínu s prídavkom NaOH po zahriatí – vznik fenoplastu (B) a zmes fenolu a urotropínu s prídavkom HCl po zahriatí (C).....	85
Obrázok 31. Štruktúra prírodného kaučuku so <i>Z</i> -usporiadaním násobných väzieb.	86
Obrázok 32. Štruktúra gutaperče s <i>E</i> -usporiadaním násobných väzieb.	86
Obrázok 33. Aparatúra pre izoláciu vonných látok destiláciou s vodnou parou.	89
Obrázok 34. Štruktúrne vzorce vybraných prírodných vonných látok.....	90
Obrázok 35. Príprava indiga a farbenie bavlny – reakčná zmes indiga a NaOH v horúcej vode (A); reakčná zmes po prídavku Na ₂ S ₂ O ₄ (B); reakčná zmes vyliata na bielu tkaninu (C); tkanina čerstvo vybratá z roztoku <i>leuko</i> -indiga (D); látka vysušená na vzduchu (E).....	93
Obrázok 36. Príprava fluoresceínu – reakčná zmes ftalanhydridu, rezorcinolu a H ₂ SO ₄ (A), zahrievanie reakčnej zmesi nad plameňom kahana (B), vznik červenej taveniny (C), fluoresceín vyliaty do vody po prídavku NaOH (D) a zriedenie vodou (E).....	95
Obrázok 37. Demonštračný pokus – dôkaz redukujúcich sacharidov v mede pomocou Fehlingovho činidla - priebeh dôkazovej reakcie v čase	96
Obrázok 38. Demonštračný pokus – dôkaz síry vo vaječnom bielku prostredníctvom Cu ²⁺ kationov za vzniku čiernej zrazeniny CuS	97
Obrázok 39. Dôkaz laktózy v mlieku pomocou Fehlingovho činidla – priebeh v čase	99
Obrázok 40. Dôkaz kazeínu v mlieku pomocou Fehlingovho činidla.....	99

PREDSLOV

Organická chémia hrá kľúčovú úlohu v našom živote, od farmaceutického priemyslu až po výrobu plastov či potravinárske prídavné látky. Okrem toho je nevyhnutná aj v biochémií, pretože sa zaoberá základnými stavebnými jednotkami živých organizmov, ako sú sacharidy, lipidy, bielkoviny a nukleové kyseliny.

Vykonávanie školských experimentov je efektívny spôsob, ako zvýšiť záujem žiakov o organickú chémiu. Praktické aktivity umožňujú študentom skúmať konkrétne témy a chemické procesy, čím lepšie pochopia učivo. Tieto experimenty rozvíjajú pozorovacie a analytické schopnosti, podporujú riešenie problémov a motivujú k objavovaniu nových poznatkov. Demonštračné pokusy zároveň ukazujú aplikácie organickej chémie v každodennom živote a vo vedeckých oblastiach ako medicína, biológia, inžinierstvo a ekológia.

Napríklad výroba mydla z rastlinného oleja a hydroxidu sodného ilustruje proces zmydelnenia, teda hydrolýzu esterov v zásaditom prostredí. Tento proces je kľúčový nielen pri výrobe mydla, ale aj pri výrobe bionafty, ktorá predstavuje ekologické a obnoviteľné palivo.

Extrakcia vonných silíc z prírodných zdrojov demonštruje techniku extrakcie kvapalina-kvapalina, ktorá slúži na oddelenie rozpustenej látky zo zmesi dvoch navzájom nemiešateľných kvapalín. Táto separačná metóda je široko využívaná vo farmaceutickom priemysle pri izolácii a čistení účinných látok z prírodných surovín.

Dôkazové reakcie aldehydov pomocou Fehlingovho činidla, založené na oxidácii aldehydov na karboxylové kyseliny, reprezentujú oblasť redoxných reakcií, ktoré majú zásadný význam v biologických procesoch, ako sú bunkové dýchanie, fotosyntéza a metabolizmus.

Keďže existuje mnoho zaujímavých demonštračných experimentov v organickej chémii, tento študijný materiál obsahuje iba vybrané príklady. Veríme, že pomôžu študentom – budúcim učiteľom – lepšie sa zorientovať v tejto problematike a neskôr ich využijú aj vo svojej pedagogickej praxi. Text skript je doplnený aj obrazovým materiálom, ktorý študentom umožní overiť si výsledky experimentov a lepšie pochopiť jednotlivé postupy. Na konci každého celku sú navyše otázky, ktoré pomáhajú preveriť získané vedomosti a podporujú hlbšie porozumenie realizovaným experimentom.

Autori

GLOBALNÝ HARMONIZOVANÝ SYSTÉM (GHS) OZNAČENIA OBALOV CHEMIKÁLIÍ

V zmysle „Nariadenia Európskeho parlamentu a Rady (ES) č. 1272/2008 o klasifikácii, označovaní a balení látok a zmesí a o zmene, doplnení a zrušení niektorých zákonov“ je pre jednotlivé chemické látky zaužívané, na základe ich klasifikácie, ich označenie príslušnými piktogramami:



Akútna toxicita kategórie 1, 2, 3



Dráždiace pokožku, oči alebo dýchacie cesty. Akútna toxicita kategórie 4.



Karcinogénne alebo dýchacie cesty senzibilizujúce.



Korozívne a žieravé.



Plyny pod tlakom.



Oxidujúce.



Horľavé.



Explozívne.



Nebezpečné pre životné prostredie.

PRAKTICKÉ CVIČENIE Č. 1

Kvalitatívna organická analýza



Cieľom kvalitatívnej analýzy je určiť prvkové, iónové a molekulové zloženie vzorky, pričom sa nezameriava na kvantitatívne určenie množstva týchto zložiek v skúmanej látke.

Medzi najrozšírenejšie prírodné látky patria sacharidy, aminokyseliny, enzýmy, močovina a jej deriváty. Preto sa v organických zlúčeninách najčastejšie dokazuje prítomnosť uhlíka, vodíka, dusíka, síry a atómov halogénov.

1.1.1 Dôkaz uhlíka zuhoľnatením

Princíp: Najjednoduchšou skúškou na rozlíšenie anorganickej látky od organickej je spálenie látky v plameni. Organická látka pri žíhaní sa môže najskôr roztaviť, vyžíhať bezo zvyšku, prípadne černieť, uhoľnatieť, niekedy zväčšovať objem a zanechať väčšie množstvo čierneho zvyšku. Koncentrovaná kyselina sírová je silné dehydratačné a oxidačné činidlo a s organickými molekulami môže, na základe ich štruktúry, reagovať sulfatáciou alebo depolymerizáciou. Pôsobením kyseliny sírovej na sacharidy dochádza k odštiepeniu molekúl vody z ich štruktúry, pričom vzniká čierna hmota obsahujúca uhlík.

Chemikálie:

- koncentrovaná kyselina sírová (H_2SO_4 , w = 98%) 
- zriedená kyselina sírová (H_2SO_4 , w = 0,5%) 
- D-glukóza
- suchý kazeín

Pomôcky: nôž, porcelánová miska, filtračný papier, liehový kahan

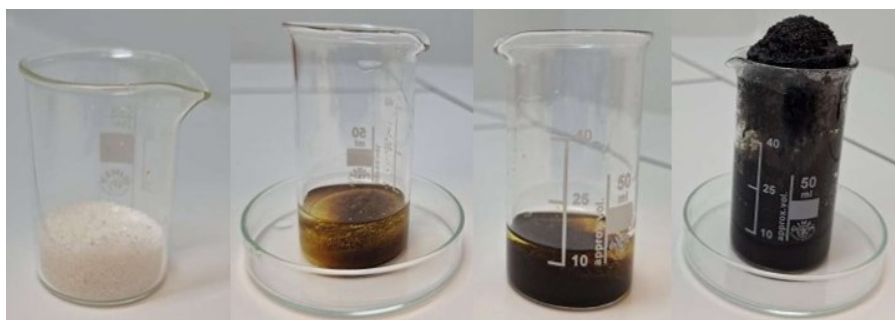
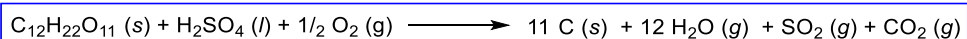
Postup:

- Na špičku noža si naberte malé množstvo glukózy a opatrne ju zahrievajte nad plameňom kahana. Popíšte a vysvetlite pozorované zmeny.
- Na špičku noža si naberte malé množstvo suchého kazeínu a opatrne ho zahrievajte nad plameňom kahana. Popíšte priebeh zahrievania kazeínu. Čo Vám pripomínal uvoľňujúci sa zápach?
- Do porcelánovej misky nasypťte malé množstvo glukózy (100 mg) a pokvapkajte ju koncentrovanou kyselinou sírovou (10 kvapiek). Popíšte pozorované zmeny.
- Na kúsok filtračného papiera kvapnite 0,5%-ný vodný roztok kyseliny sírovej, filtračný papier nechajte voľne vysušiť na vzduchu a po vyschnutí tú časť filtračného papiera,

ktorá bola pokvapkaná zriedenou kyselinou sírovou, opatrne zahrievajte nad plameňom kahana. Čo ste pozorovali?


1.1.2 Dôkaz uhlíka – oxidácia sacharózy

Princíp: Pôsobením koncentrovanej kyseliny sírovej na sacharózu dochádza k jej dehydratácii. Sacharóza žltne, hnedne, pričom dochádza k uvoľňovaniu vodnej pary, oxidu uhličitého a štipľavo zápachajúceho oxidu siričitého. Celý proces je sprevádzaný uvoľnením tepla. Po prebehnutí reakcie zostáva v kadičke prítomný čierny hríb tvorený čistým uhlíkom:



Obrázok 1. Dôkaz uhlíka – oxidácia sacharózy

Chemikálie:

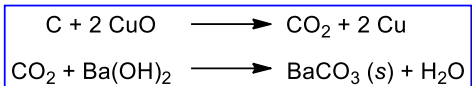
- koncentrovaná kyselina sírová (H_2SO_4 , w = 98%) 
- sacharóza

Pomôcky: malá kadička (50 ml), laboratórna lyžička, odmerný valec

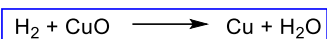
Postup: Do 50 ml kadičky navážte 5 g sacharózy a opatrne pridajte 8 ml koncentrovanej kyseliny sírovej (H_2SO_4) tak, aby sa celé množstvo naváženej sacharózy nachádzalo pod hladinou kyseliny. Reakčnú zmes nechajte stáť v digestore a reagovať po dobu cca 10–15 minút. Popíšte pozorované deje.

1.1.3 Dôkaz uhlíka a vodíka v organickej zlúčenine zahrievaním s oxidom meďnatým





Princíp: Uhlík prítomný v organickej zlúčenine sa účinkom oxidu meďnatého oxiduje na oxid uhličitý, ktorý sa dá jednoducho dokázať jeho zavádzaním do roztoku hydroxidu vápenatého alebo bárnateho, pričom sa roztok zakalí a vylúči sa biela zrazenina uhličitanu vápenatého resp. bárnateho:



Vodík sa v skúmanej organickej látke dokazuje jej zahrievaním v prítomnosti oxidu meďnatého, pričom dochádza k uvoľňovaniu vody. Vznikajúce vodné pary na stenách skúmavky kondenzujú a bezvodý síran meďnatý, ktorý je biely resp. svetlomodrý, sa ich vplyvom mení na modro sfarbený pentahydrát ($\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$). Obsah skúmavky tiež mení sfarbenie, pretože pôvodne čierny oxid meďnatý sa redukuje na červenohnedú meď:



Chemikálie:

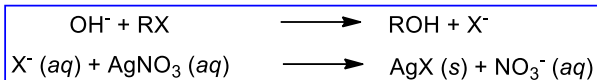
- D-glukóza (bezvodá, čerstvo presušená)
- nasýtený roztok hydroxidu bárnateho ($\text{Ba}(\text{OH})_2$) 
- oxid meďnatý (CuO , čerstvo žiháný) 
- bezvodý síran meďnatý (CuSO_4 , čerstvo žiháný)  

Pomôcky: tenkostenná skúmavka, hrubostenná skúmavka, zátka s odvodnou trubičkou, držiak na skúmavky, sklená tyčinka, laboratórna lyžička, vata, liehový kahan

Postup: Do tenkostennej skúmavky si nalejte také množstvo nasýteného roztoku hydroxidu bárnateho, aby odvodná trubička siahala tesne pod jeho hladinu. Do suchej hrubostennej skúmavky, uchytenej v držiaku na skúmavky, nasypťte ½ lyžičky glukózy, 1 lyžičku oxidu meďnatého a zmes v skúmavke poriadne premiešajte sklenenou tyčinkou. Asi do 1/3 skúmavky vložte malý kúsok vaty, na ktorú lyžičkou nasypťte trochu bezvodého síranu meďnatého. Skúmavku uzatvorte zátkou s odvodnou trubičkou, ktorá sa nachádza tesne pod hladinou nasýteného roztoku hydroxidu bárnateho v druhej skúmavke a obsah hrubostennej skúmavky opatrne zahrievajte nad plameňom kahana. Pozorujte prebiehajúce chemické deje a vyjadrite ich chemickými rovnicami.

1.1.4 Dôkaz halogénov pomocou AgNO_3

Princíp: Dôkaz halogénov pomocou dusičnanu strieborného, v prípade kovalentne viazaného halogénu v skúmanej organickej látke, je založený na vytesnení atómu halogénu zo skúmanej látky vo forme halogenidového aniónu nukleofilnou substitúciou za použitia hydroxidových alebo alkoxidových aniónov ako vhodných nukleofilov a následnej reakcii tohto halogenidového aniónu so strieborným kationom z použitého dôkazového činidla (AgNO_3):



Pri tejto dôkazovej reakcii nie je nevyhnuté, aby reakcia prebehla kvantitatívne, pretože reakčná zmes sa na záver okyslí pridaním kyseliny dusičnej, čím sa zabráni reakcii nezreagovaných hydroxidových iónov s iónmi striebra.

Test na dôkaz halogénov pomocou AgNO_3 je dostatočne citlivý na to, aby detegoval už pomerne malé koncentrácie halogenidových aniónov. Reakcia medzi striebornými a halogenidovými iónmi vedie ku vzniku zrazeniny halogenidu strieborného, ktorej farba závisí od prítomného halogénu vo východiskovom analyte: AgCl – biela zrazenina; AgBr – zrazenina svetlej krémovej farby; AgI – zrazenina svetložltej farby. Dusičnan strieborný ale nezráža vodné roztoky fluoridov, pretože AgF je vo vode rozpustný.



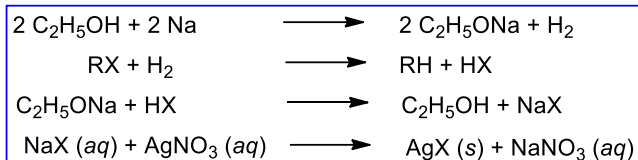
Obrázok 2. Dôkaz chlóru v dichlórmetáne – vznik bielej zrazeniny AgCl

Chemikálie:

- kovový sodík
- etanol (w = 96%)
- koncentrovaná kyselina dusičná (HNO_3 , w = 65%)
- vodný roztok dusičnanu strieborného (AgNO_3 , w = 0,5%)
- dichlórmetán (CH_2Cl_2)

Pomôcky: skúmavka

Postup: Do skúmavky nalejte 3 ml dichlórmetánu, pridajte 3 ml etanolu a **malý kúsok!** kovového sodíka, ktorý začne s etanolom pomaly reagovať za vzniku etoxidu sodného a vodíka. Až keď je celé množstvo sodíka doreagované (ak nie je, tak sa pridá ďalší podiel etanolu) a prestane unikať vodík, pridajte k obsahu skúmavky 1 ml koncentrovanej HNO_3 a 1 ml 0,5%-ného vodného roztoku AgNO_3 . V skúmavke sa objaví biely zákal, ktorý je dôkazom prítomnosti chlóru v dichlórmetáne:



POZOR! Sodík nesmie prísť do kontaktu s vodou a vlhkosťou, pretože hrozí jeho zapálenie!!! Preto skôr, ako k reakčnej zmesi v skúmavke pridáme kyselinu dusičnú a vodný roztok AgNO_3 , presvedčíme sa, či celé množstvo sodíka prítomného v skúmavke zreagovalo. Ak nie, do skúmavky pridáme ďalší objem etanolu a v pokuse pokračujeme až po kompletnom zreagovaní celého množstva sodíka!!!

1.1.5 Dôkaz halogénov podľa Beilsteina

Princíp: *Beilsteinov test* je jednoduchý kvalitatívny test na dôkaz organických halogénderivátov. Vyvinul ho chemik Friedrich Konrad Beilstein. Princíp testu spočíva v tom, že sa medený drôtik alebo pliešok zahrieva v oxidačnom plameni Bunsenovho kahanu, až kým sa nepokryje vrstvičkou oxidu meďnatého (CuO). Potom sa tento drôtik ponorí do skúmanej organickej vzorky a opäť sa vloží do plameňa. Sfarbenie plameňa na zeleno prchavým halogenidom meďnatým, je dôkazom prítomnosti halogénderivátov v skúmanej vzorke.



Obrázok 3. Dôkaz chlóru v dichlórmétáne – Beilsteinov test

Chemikálie:

- dichlórmétán (CH_2Cl_2)

Pomôcky: medený drôtik, skúmavka, liehový kahan

Postup: Medený drôtik vyžihajte v oxidačnom plameni Bunsenovho kahanu, až kým sa nepokryje vrstvičkou oxidu meďnatého (CuO). Takto vyžihaný a vychladnutý medený drôtik ponorte do vopred pripravenej skúmavky s 1 ml dichlórmétánu a následne drôtik opäť vložte do plameňa a pozorujte jeho sfarbenie.

1.1.6 Dôkaz dusíka

Princíp: Dusík sa v niektorých organických zlúčeninách (napr. močovina) dokazuje ich zahriatím, čo spôsobuje uvoľnenie amoniaku zo skúmanej látky. Ten sa následne môže dokázať rôznymi spôsobmi, a to čuchom (neprivoniavame však priamo ku skúmavke), roztokom fenolftaleínu alebo lakmusovým papierikom.

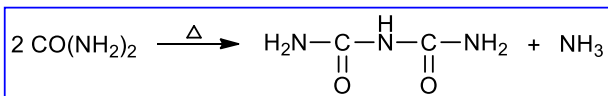
1.1.6.1 Dôkaz dusíka v močovine

Chemikálie:

- močovina
- etanolový roztok fenolftaleínu (w = 10%) 

Pomôcky: laboratórna lyžička, hrubostenná skúmavka, zátka s odvodnou trubičkou, držiak na skúmavky, lakmusový papierik, liehový kahan

Postup: Do suchej hrubostennej skúmavky nasypete malé množstvo močoviny, skúmavku uzatvorte zátkou s odvodnou trubičkou a mierne ju zahrejte nad plameňom kahana. Počas zahrievania močoviny dochádza ku vzniku biuretu a uvoľneniu amoniaku:





Amoniak uvoľňujúci sa z reakčnej zmesi dokážte:

- A) Roztokom fenolftaleínu** – unikajúci amoniak zaveďte pomocou odvodnej trubičky do skúmavky s vodou obsahujúcou pár kvapiek etanolového roztoku fenolftaleínu. Ako sa zmenila farba roztoku fenolftaleínu po zavedení amoniaku a prečo?
- B) Čuchom** – neprivoniavajte priamo k ústiu skúmavky, ale opatrne privádzajte plyn rukou od ústia skúmavky k nosu. Pocítite charakteristický amoniakálny zápach.
- C) Lakmusovým papierikom** – pri ústí skúmavky podržte vodou navlhčený indikátorový papierik. Ako sa zmenila jeho farba a prečo?

1.1.6.2 Dôkaz dusíka v kazeíne

Princíp: Účinkom koncentrovanej kyseliny sírovej (H_2SO_4) sa časť dusíka viazaného v bielkovinách uvoľňuje v podobe amoniaku. Ten je však málo rozpustný v zásaditých roztokoch, a preto po zahriatí uniká ako plyn, ktorý je možné dokázať zásaditou reakciou pomocou indikátorového papierika.

Chemikálie:

- kazeín
- koncentrovaná kyselina sírová (H_2SO_4) 
- vodný roztok hydroxidu sodného (NaOH , $w = 20\%$) 

Pomôcky: hrubostenná skúmavka, držiak na skúmavky, špachtľa, indikátorový pH papierik (lakmus), liehový kahan

Postup: Ku malému množstvu kazeínu (na špičke špachtle) v suchej hrubostennej skúmavke pridajte pár kvapiek koncentrovanej kyseliny sírovej a obsah skúmavky opatrne zahrievajte 1–2 minúty nad plameňom kahana. Po ochladiení skúmavky na laboratórnu teplotu pridajte k zmesi v skúmavke postupne asi 2 ml vodného roztoku hydroxidu sodného (výsledná reakcia reakčnej zmesi v skúmavke musí byť na lakmus zásaditá) a skúmavku opäť zahrejte nad plameňom kahana. Počas zahrievania pridržite pri jej ústí navlhčený indikátorový papierik a pozorujte zmenu jeho zafarbenia.

Otázky a úlohy:

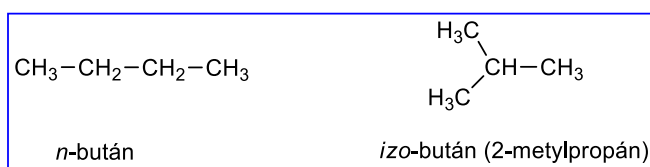
1. Napíšte vzorec D-glukózy vo Fischerovej projekcii. Ako bude vyzerat' vzorec L-glukózy vo Fischerovej projekcii? Ako sa nazýva dvojica takýchto látok?
2. Čo je kazeín? Kde sa vyskytuje?
3. Čo je celulóza?
4. Čo je sacharóza? Nakreslite jej vzorec.
5. Čo je vápenná voda a aké je jej využitie v kvalitatívnej analýze?
6. Aký je princíp Beilsteinovej skúšky pre dôkaz halogénov v analyzovanej vzorke?
7. Aký je princíp dôkazu halogénov v analyzovanej vzorke pomocou AgNO_3 ?

PRAKTICKÉ CVIČENIE Č. 2

Alkány

Alkány sú nasýtené uhľovodíky, t. j. vo svojej molekule obsahujú iba jednoduché väzby uhlík–uhlík a vytvárajú *homologický rad*, v ktorom sa každý vyšší alkán líši od predchádzajúceho o prírastok $-\text{CH}_2-$ skupiny. Ich sumárny vzorec je $\text{C}_n\text{H}_{2n+2}$.

Pre alkány so štyrmi a viacerými atómami uhlíka v molekule je charakteristická tzv. *polohová konštitučná izoméria*. *Konštitučné izoméry* obsahujú v molekule rovnaký počet a druh atómov, ale líšia sa spôsobom, akým sú tieto atómy v molekule usporiadané resp. pospájané, napr:



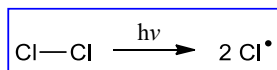
Všetky alkány sú vo vode nerozpustné, sú bezfarebné a majú hustotu nižšiu ako voda.

Prvé štyri alkány v homologickom rade sú plyny, alkány C_5-C_{15} kvapaliny a alkány od C_{16} pevné látky.

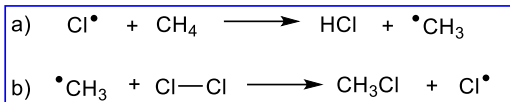
Alkány sú chemicky pomerne stále a málo reaktívne – ich charakteristickými reakciami sú *substitučné radikálové reakcie* (S_R).

Substitučné reakcie sú také reakcie, v ktorých si dva reaktanty vymenia svoje časti za vzniku dvoch nových produktov. *Radikálové reakcie* sú reakcie, v ktorých sa väzby štiepia alebo tvoria symetricky. *Radikál* je neutrálna chemická častica, avšak veľmi reaktívna, pretože obsahuje atóm, ktorý vo valenčnej sfére obsahuje nepárny počet elektrónov (obvykle sedem). *Substitučné radikálové reakcie* bežne pozostávajú z troch krokov: iniciácie, propagácie a terminácie.

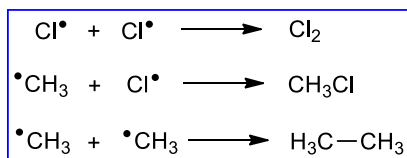
Iniciácia – začiatok reakcie, dochádza k vytvoreniu malého počtu reaktívnych radikálov:



Propagácia – reaktívny radikál chlóru sa zrazí s molekulou metánu a odtrhne z nej atóm vodíka za vzniku HCl a metylového radikálu $\bullet\text{CH}_3$. Vzniknutý $\bullet\text{CH}_3$ reaguje s ďalšou molekulou chlóru za vzniku chlórmetánu a nového radikálu chlóru $\bullet\text{Cl}$, ktorý sa vracia späť do kroku a). Kroky a) a b) sa neustále opakujú a celý proces sa stáva reťazovou reakciou:



Terminácia – dva radikály sa môžu náhodne zraziť a zreagovať spolu na stabilný produkt:

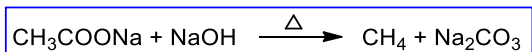


Metán je prvým členom alkánov. Je to bezfarebný, horľavý plyn bez zápachu, ktorý je súčasťou zemného plynu a so vzduchom tvorí výbušnú zmes.

1.1.7 Príprava metánu redukciou chloroformu práškovým zinkom


Princíp: Častým spôsobom laboratórnej prípravy najjednoduchších alkánov je dekarboxylácia alkalických solí karboxylových kyselín alkalickým hydroxidom. Vo všeobecnosti platí, že produktom takejto reakcie je alkán s uhl'ovodíkovým reťazcom o jeden atóm uhlíka kratším, ako mala východisková soľ karboxylovej kyseliny.

Metán sa v laboratóriu veľmi jednoducho pripravuje zahrievaním zmesi čerstvo vyžihaného octanu sodného s hydroxidom sodným:



Čistý metán horí po zapálení modrým plameňom, avšak v tomto prípade farbu plameňa ovplyvnia aj prítomné sodné katióny, a preto bude mať plameň žlté sfarbenie. Po svojom objaviteľovi Jean-Baptistovi Dumasovi sa táto reakcia zvykne označovať ako „Dumasova reakcia.“

Chemikálie:

- bezvodý octan sodný (čerstvo vyžiháný, CH_3COONa)
- hydroxid sodný (NaOH) 

Pomôcky: laboratórna lyžička, trecia miska s tľčíkom, hrubostenná skúmavka na zahrievanie, zátka s odvodnou trubičkou, držiak na skúmavky, sklenená tyčinka, liehový kahan

Postup: V trecej miske rozotrite zmes 0,1 g vyžihaného octanu sodného s 0,25 g hydroxidu sodného a následne ju presypte do hrubostennej skúmavky. Skúmavku uzatvorte zátkou

s odvodnou trubičkou a jej obsah opatrne zahrievajte nad plameňom kahana. Vznikajúci metán dokážete zapálením jeho pár unikajúcich z odvodnej trubičky.

Alkény

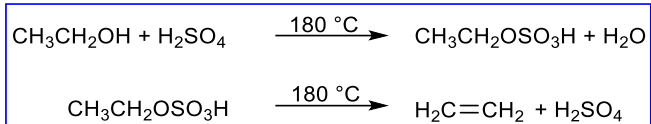
Alkény sú nenasýtené uhľovodíky s jednou dvojitou väzbou v molekule. Ich všeobecný sumárny vzorec je C_nH_{2n} . Keďže okolo dvojitej väzby nie je možná voľná rotácia, substituované alkény preto môžu existovať ako *konfiguračné izoméry*. Ak sa substituenty s najvyššou prioritou na základe sekvenčných pravidiel Cahna, Ingolda a Preloga (CIP pravidiel) nachádzajú na rovnakej strane dvojitej väzby, konfigurácia sa označuje ako (Z)- (z nemeckého *zusammen* - spolu), ak sa tieto skupiny nachádzajú na opačných stranách dvojitej väzby, hovoríme o konfigurácii (E)- (z nemeckého *entgegen* - proti sebe). V prípade disubstituovaných alkénov, keď substituenty na dvojitej väzbe sú rovnakého typu, sa poloha substituentov na rovnakej strane dvojitej väzby označuje ako *cis-*, na opačnej strane ako *trans-*.

Fyzikálne vlastnosti majú alkény podobné ako príslušné alkány, no líšia sa chemickými vlastnosťami. Alkény sú v porovnaní s alkánmi viac reaktívne a ich charakteristickými reakciami sú *adičné elektrofilné reakcie* (Ad_E), ktoré prebiehajú podľa *Markovnikovho pravidla*, t. j. elektrofil (kladná časť činidla, napr. H^+) sa aduje na ten uhlík násobnej väzby, ktorý nesie viac vodíkov, resp. menej alkylových substituentov a záporná časť činidla, teda nukleofil (napr. Br^-), sa naviaže na uhlík s nižším počtom atómov vodíka. Za určitých podmienok môžu alkény vstupovať aj do *adičných radikálových reakcií* (Ad_R), ktoré však prebiehajú proti Markovnikovmu pravidlu, t. j. objemnejší radikál ide na ten uhlík násobnej väzby, ktorý nesie viac vodíkov. Za vysokej teploty a tlaku v prítomnosti katalyzátora môžu alkény polymerizovať.



Etén je najjednoduchším alkénom. Je to bezfarebný sladkastý plyn, ktorý horí svietivým plameňom. Získava sa pri spracovaní ropy a slúži aj ako rastlinný hormón – urýchľuje dozrievanie ovocia.

1.1.8 Príprava eténu

Princíp: V laboratóriu sa etén pripravuje dehydratáciou etanolu s koncentrovanou kyselinou sírovou. Prvým krokom tejto reakcie je protonizácia kyslíkového atómu etanolu, odštiepenie vody a naviazanie zvyšku kyseliny sírovej. Vzniknutý etylester kyseliny sírovej je nestabilný a zahrievaním na teplotu vyššiu ako $140\text{ }^\circ\text{C}$ sa rozkladá na etén a kyselinu sírovú. Pri teplote $140\text{ }^\circ\text{C}$ vzniká dietyléter:



Chemikálie:

- etanol (w = 96%) 
- koncentrovaná kyselina sírová (H₂SO₄, w = 98%) 

Pomôcky: hrubostenná skúmavka na zahrievanie, zátka s odvodnou trubičkou, držiak na skúmavky, liehový kahan

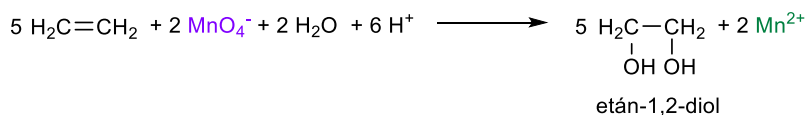
Postup: Do skúmavky nalejte 2 ml etanolu, postavte ju do kadičky so studenou vodou a opatrne k etanolu pridajte 3,4 ml koncentrovanej kyseliny sírovej. Skúmavku s reakčnou zmesou uzatvorte zátkou s odvodnou trubičkou, vyberte ju z vodného kúpeľa, osušte a opatrne zahrievajte nad plameňom kahana (pre priebeh reakcie je potrebná teplota 180 °C). Vznikajúci etén dokážte ho zapálením jeho pár pri ústí trubičky. Čo pozorujete?

1.1.9 Dôkaz eténu adičnými reakciami

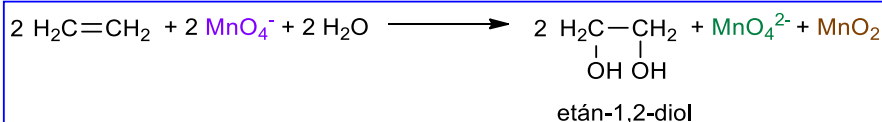
Princíp: Dôkazové reakcie alkénov súvisia s reaktivitou dvojitej väzby prítomnej v ich molekule a pre ňu charakteristickými reakciami.

Alkény reagujú s roztokom manganistanu draselného (KMn^{VII}O₄) a zmena farby purpurového roztoku závisí od toho, či sa manganistan draselný používa v kyslých alebo zásaditých podmienkach.

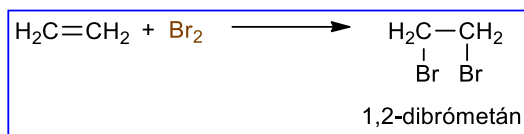
Ak sa roztok manganistanu draselného okyslí zriedenou kyselinou sírovou, pôvodne fialový roztok sa po reakcii s alkénmi stane bezfarebným a mangán v oxidačnom stupni VII (Mn^{VII}) sa redukuje na mangán v oxidačnom stupni II (Mn^{II}):






Ak sa roztok manganistanu draselného mierne zalkalizuje (v našom prípade pridaním uhličitanu sodného), počas reakcie s alkénmi sa pôvodne fialový roztok najskôr zmení na tmavozelený (ióny Mn^{VI}O₄²⁻), a potom vytvorí tmavohnedú zrazeninu oxidu manganičitého MnO₂. V priebehu reakcie dochádza zároveň k oxidácii eténu na etán-1,2-diol (etylénglykol):



Dôkazová reakcia s brómovou vodou je založená na elektrofilnej adícii brómu na násobnú väzbu eténu. Bróm stráca svoju pôvodnú červenohnedú farbu a vzniká bezfarebná kvapalina, v našom prípade 1,2-dibrómetán:



Chemikálie:

- etén pripravený v pokuse 3.2.1 
- Bayerovo činidlo (10%-ný vodný roztok Na₂CO₃ s prídavkom KMnO₄) 
- brómová voda (roztok brómu vo vode, c = 0,1–1 mol.dm⁻³) 

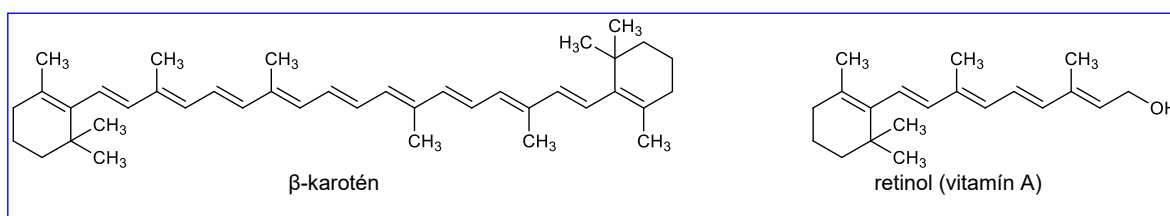
Pomôcky: aparátúra na prípravu eténu z pokusu 3.2.1, dve hodinové sklíčka

Postup:

- A)** Zahrievanie skúmavky so zmesou etanolu a koncentrovanej kyseliny sírovej (H₂SO₄) z pokusu 3.2.1 nepreerušujte. Na hodinové sklíčko kvapnite pár kvapiek brómovej vody, ponorte do nej koniec odvodnej trubičky a pozorujte zmeny.
- B)** Na druhé hodinové sklíčko kvapnite pár kvapiek Bayerovho činidla, ponorte doňho koniec odvodnej trubičky a pozorujte zmeny.

1.1.10 Odfarbenie karoténu - dôkaz dvojítých väzieb

β-Karotén je prírodné žlté farbivo nachádzajúce sa predovšetkým v mrkve, paradajkách, paprike, ale aj v špenáte či petržlene. V molekule β-karoténu je prítomný dlhý uhl'ovodíkový reťazec s jedenástimi konjugovanými násobnými väzbami. β-Karotén predstavuje provitamín vitamínu A, pričom z jednej molekuly β-karoténu je štiepením teoreticky možné získať až dve molekuly vitamínu A (retinolu). Prakticky je však v organizme na vitamín A premenená iba časť prijatého β-karoténu, zvyšok sa skladuje v tukových tkanivách (koža, pečeň).



Princíp: Adíciou atómov halogénov na dvojité väzby prítomné v molekule β -karoténu dochádza k porušeniu konjugovaného systému dvojitých väzieb, čo sa vizuálne prejaví farebnou zmenou.

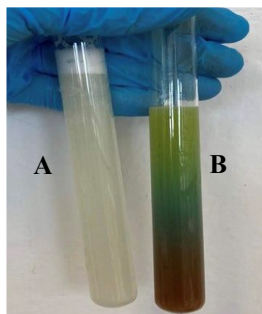
Chemikálie:

- kečup alebo paradajkový pretlak zriedený vodou v pomere 1:1
- Savo (ako zdroj chlóru)
- brómová voda (roztok brómu vo vode, $c = 0,1-1 \text{ mol.dm}^{-3}$)

Pomôcky: dve vysoké tenkostenné skúmavky, stojan na skúmavky, dve sklené tyčinky alebo špilky, odmerný valec

Postup:

- A)** Prvú vysokú tenkostennú skúmavku naplňte asi do polovice kečupom (pretlakom) a prilejte k nemu 6 ml Sava. Zmes v skúmavke opatrne premiešajte v celom objeme sklenenou tyčinkou (špilkou). Popíšte pozorované zmeny.
- B)** Druhú vysokú skúmavku naplňte asi do polovice kečupom (pretlakom) a prilejte k nemu 6 ml brómovej vody. Zmes v skúmavke opatrne premiešajte v celom objeme sklenenou tyčinkou (špilkou). Popíšte pozorované zmeny.



Obrázok 4. Odfarbenie paradajkového pretlaku v prítomnosti Sava (A) a brómovej vody (B)

Alkíny

Alkíny sú nenasýtené uhľovodíky s jednou trojitou väzbou medzi atómami uhlíka v molekule. Ich všeobecný sumárny vzorec je C_nH_{2n-2} .

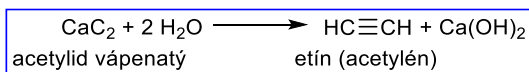
Fyzikálne vlastnosti majú alkíny podobné ako alkény.

Alkíny vstupujú do *adičných reakcií s rôznymi elektrofilnými činidlami (Ad_E)*. Jednoduché alkíny sa však v prírode nevyskytujú a získavajú sa len synteticky.

Najjednoduchším alkínom je *etin* (acetylén). Je to bezfarebný plyn, so vzduchom výbušný. Technický acetylén sa vyznačuje nepríjemným zápachom, ktorý spôsobujú rôzne nečistoty.


1.1.11 Príprava acetylénu

Princíp: V laboratóriu sa *etín* pripravuje rozkladom acetylidu vápenatého (karbidu vápenatého) vodou:



Spaľovanie je často nedokonalé, a preto vzniká i oxid uhoľnatý a sadze. Neprijemný zápach, ktorý sprevádza uvedenú reakciu, nie je spôsobený etínom, ale inými zlúčeninami, ktoré vznikajú z dôvodu znečistenia acetylidu vápenatého.

Chemikálie:

- karbid vápenatý (CaC_2) 
- destilovaná voda

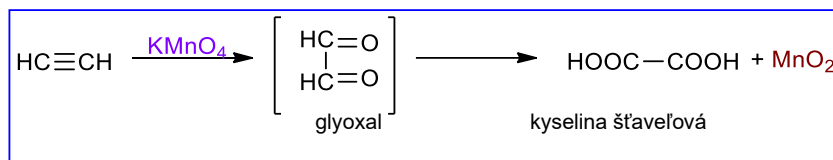
Pomôcky: centrifugačná skúmavka, zátka s odvodnou trubičkou

Postup: Do skúmavky nalejte 2 ml destilovanej vody, vhoďte do nej malý kúsok acetylidu vápenatého o veľkosti hrášku a následne skúmavku rýchlo uzavrite zátkou s odvodnou trubičkou. Pozorujte, ako prudko prebieha vo vnútri skúmavky chemická reakcia. O vzniku acetylénu (etínu) sa presvedčte priložením zapálenej zápalky k ústiu odvodnej trubičky. Akým plameňom horí acetylén?

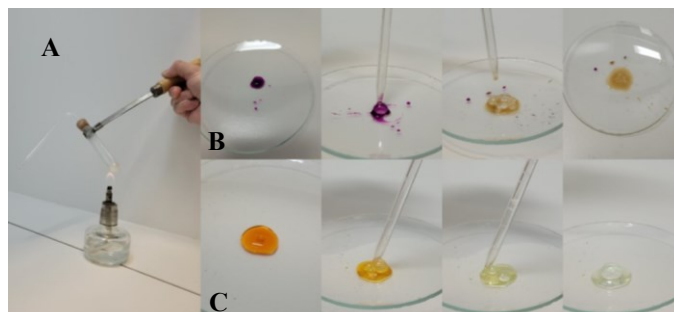
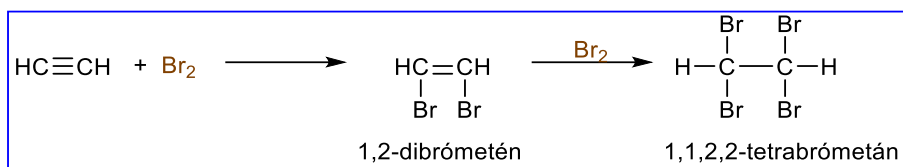
1.1.12 Dôkaz acetylénu adičnými reakciami

Princíp: Dôkazové reakcie alkínov súvisia s reaktivitou trojitej väzby prítomnej v ich molekule a pre ňu charakteristickými reakciami.

Ak sa roztok manganistanu draselného mierne zalkalizuje (v našom prípade pridaním uhličitanu sodného), počas reakcie s alkínmi z pôvodne fialového roztoku vypadne tmavohnedá zrazenina oxidu manganičitého MnO_2 . V priebehu reakcie dochádza zároveň k oxidácii etínu na kyselinu šťaveľovú cez glyoxalový intermediát:



Dôkazová reakcia s brómovou vodou je založená na elektrofilnej adícii brómu na násobnú väzbu etínu. Bróm stráca svoju pôvodnú červenohnedú farbu a vzniká bezfarebná kvapalina, v našom prípade 1,1,2,2-tetrabrometán:



Obrázok 5. Príprava acetylénu (A), odfarbenie Bayerovho činidla (B) a odfarbenie brómovej vody (C)

Chemikálie:

- acetylén pripravený v pokuse 3.3.1
- Bayerovo činidlo (10%-ný vodný roztok Na₂CO₃ s prídavkom KMnO₄)
- brómová voda (roztok brómu vo vode, $c = 0,1-1 \text{ mol}\cdot\text{dm}^{-3}$)

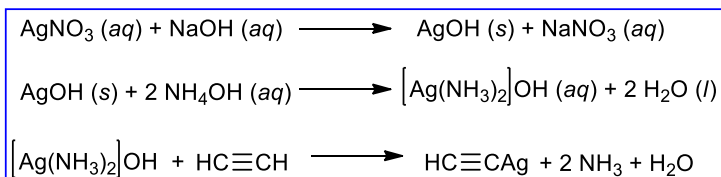
Pomôcky: aparátúra na prípravu acetylénu z pokusu 3.3.1, dve hodinové sklíčka

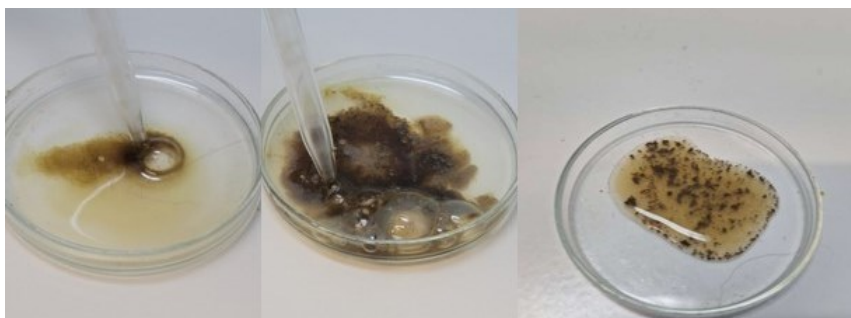
Postup:

- A)** Na hodinové sklíčko kvapnite pár kvapiek brómovej vody. Acetylén si pripravte podľa postupu uvedeného v úlohe 3.3.1, pričom koniec odvodnej trubičky ponorte do brómovej vody a pozorujte farebné zmeny.
- B)** Na hodinové sklíčko kvapnite pár kvapiek Bayerovho činidla. Acetylén si pripravte podľa postupu uvedeného v úlohe 3.3.1, pričom koniec odvodnej trubičky ponorte do fialového roztoku KMnO₄ a pozorujte farebné zmeny.

1.1.13 Príprava acetylidu strieborného







Princíp: Acetylén reakciou s ťažkými kovmi poskytuje príslušné acetylidy. Atóm ťažkého kovu vytlačí kyslý protón z acetylénu a nahradí ho – ide o substitučnú reakciu:





Obrázok 6. Príprava acetylidu strieborného – prebublávanie amoniakálneho roztoku striebra acetylénom a postupný vznik chumáčov acetylidu strieborného.

Chemikálie:

- acetylén pripravený v pokuse 3.3.1 
- vodný roztok dusičnanu strieborného (AgNO_3 , w = 5%) 
- koncentrovaný roztok amoniaku (NH_4OH , w = 26%)  
- vodný roztok hydroxidu sodného (NaOH , w = 0,1%)  

Pomôcky: aparátúra na prípravu acetylénu z pokusu 3.3.1, skúmavka

Postup: K 0,5 ml roztoku dusičnanu strieborného v skúmavke pridajte 0,5 ml roztoku hydroxidu sodného a po kvapkách pridávajte roztok amoniaku, aby sa vzniknutá zrazenina rozpustila. Do získaného roztoku zavádzajte sklenenou trubičkou acetylén, pripravený podľa postupu v úlohe 3.3.1 a pozorujte zmeny prebiehajúce v danom reakčnom systéme. Akej farby je pripravený acetylid strieborný?

Otázky a úlohy:

1. Čo ste pozorovali pri zavádzaní eténu do roztoku brómovej vody a čo pri zavádzaní do roztoku KMnO_4 ? Prebiehajúce deje vyjadrite chemickou rovnicou.
2. Pri dôkaze dvojitych väzieb v β -karoténe ste použili Savo ako zdroj chlóru. Vyjadrite túto skutočnosť pomocou chemickej rovnice.
3. Čo ste pozorovali v miestach, kde došlo k premiešaniu kečupu so Savom a čo pri premiešaní s brómovou vodou? Vysvetlite a zapíšte chemickou rovnicou.

4. Čo môžete povedať na základe experimentu o rýchlosti adície chlóru a adície brómu na násobné väzby?
5. Čo ste pozorovali pri zavádzaní acetylénu do roztoku brómovej vody a čo pri jeho zavádzaní do roztoku KMnO_4 ? Prebiehajúce deje vyjadrite chemickou rovnicou.
6. Po pridaní roztoku NaOH k roztoku AgNO_3 v experimente 3.3.3 vznikla zrazenina, ktorá sa po pridaní NH_4OH rozpustila. Prebiehajúce reakcie vyjadrite reakčnou schémou.

PRAKTICKÉ CVIČENIE Č. 3

Aromatické uhľovodíky a ich deriváty

Hlavným predstaviteľom aromatických uhľovodíkov je *benzén*. Vo svojej molekule obsahuje šesť sp^2 hybridizovaných atómov uhlíka, a preto je planárny. Všetkých šesť väzieb medzi atómami uhlíka v benzéne je si rovnocenných v dôsledku dokonalej konjugácie, ich dĺžka je medzi jednoduchou a dvojitou väzbou.

Benzén sa vyznačuje mimoriadnou energetickou a chemickou stabilitou. Na rozdiel od alkénov, pre benzén a jeho deriváty nie sú typické adičné reakcie, ale *substitučné elektrofilné reakcie* (S_EAr), kedy s benzénovým jadrom reaguje elektrofil a dochádza k substitúcii aromatického vodíka, pričom aromatický kruh zostáva zachovaný. Elektrofilnými substitučnými reakciami je možné na aromatickom jadre uskutočniť halogenáciu (substitúcia halogénom), nitráciu (substitúcia nitroskupinou $-NO_2$), sulfonáciu (substitúcia sulfoskupinou $-SO_3H$), alkyláciu (substitúcia alkylovou skupinou $-R$) alebo acyláciu (substitúcia acylovou skupinou $-COR$). Mechanizmus týchto reakcií je viackrokový a pre ich priebeh je nevyhnutná prítomnosť katalyzátora, ktorý generuje príslušnú elektrofilnú časticu.

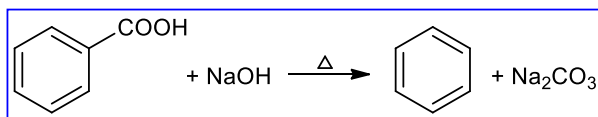
Benzén je bezfarebná kvapalina sladkastej vône, ktorá sa vo vode len veľmi slabo rozpúšťa, ale je výborne rozpustný v organických rozpúšťadlách. Je jedovatý, poškodzuje obličky, pečeň a kostnú dreň.

Toluén je bezfarebná, vo vode nerozpustná kvapalina, so známym riedidlovým zápachom. Reaktivitou je podobný benzénu – poskytuje paletu S_EAr reakcií a v dôsledku prítomnosti metylovej $-CH_3$ skupiny vstupuje navyše aj do klasických substitučných reakcií, ktoré prebiehajú práve na tejto skupine.



Naftalén je biela kryštalická látka, ktorá je horľavá, toxická a vyznačuje sa slabým narkotickým účinkom. Najznámejším priemyselným využitím naftalénu je jeho použitie ako hlavnej prísady do tabliet proti moliam (naftalín). Jeho molekulu tvoria dve spojené benzénové jadrá, avšak na rozdiel od benzénu nemajú všetky jeho väzby rovnakú dĺžku. Podobne ako pre benzén, aj pre naftalén sú charakteristickými reakciami S_EAr .

1.1.14 Príprava benzénu

Princíp: Laboratórna príprava benzénu je založená na dekarboxylácii kyseliny benzoovej alebo jej sodnej soli použitím dekarboxylačného činidla (NaOH alebo nátronové vápno):



Chemikálie:

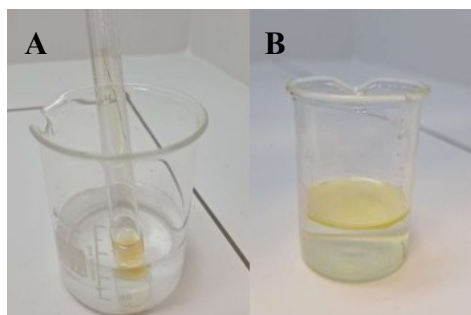
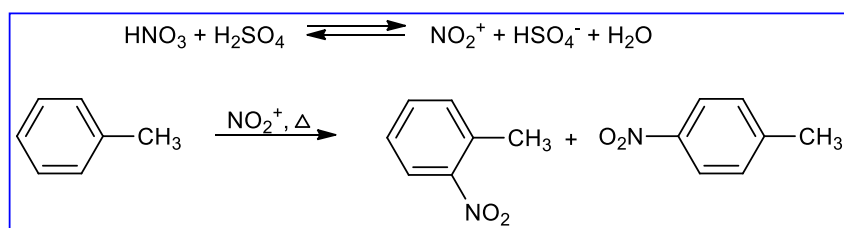
- kyselina benzoová 
- hydroxid sodný (NaOH) 

Pomôcky: hrubostenná skúmavka na zahrievanie, zátka s odvodnou trubičkou, držiak na skúmavky, kahan, trecia miska

Postup: Do trecej misky nasypete na špičke noža kyselinu benzoovú a ekvivalentné množstvo pevného hydroxidu sodného. Zmes rozotrite na jemný prášok, a ten následne opatrne presypete do suchej hrubostennej skúmavky. Skúmavku uzatvorte zátkou s odvodnou trubičkou a jej obsah opatrne zahrievajte nad plameňom kahana. Vznikajúci benzén dokážte zapálením jeho pár pri ústí odvodnej trubičky. Ihneď ako benzén dohorí, pokus ukončíte.




1.1.15 Príprava nitrotoluénu – nitácia toluénu (S_{EAr})

Princíp: Nitrácia toluénu prebieha ako aromatická elektrofilná substitučná reakcia (S_{EAr}). Pri tejto reakcii dochádza k substitúcii vodíkového atómu z aromatického jadra $-\text{NO}_2$ skupinou. Prítomnosť $-\text{CH}_3$ skupiny na aromatickom jadre určuje orientáciu elektrofilnej častice NO_2^+ predovšetkým do polohy 2- (*o*-) a 4- (*p*-), a teda produktom danej reakcie je zmes 2- a 4-nitrotoluénu:



Obrázok 7. Nitrácia toluénu (A) a vznik olejovitého produktu – zmesi *o*- a *p*-nitrotoluénu (B)

Chemikálie:

- toluén 
- koncentrovaná kyselina sírová (H₂SO₄, w = 98%) 
- koncentrovaná kyselina dusičná (HNO₃, w = 65%) 
- destilovaná voda

Pomôcky: vysoká hrubostenná skúmavka, držiak na skúmavky, tri pipety, sklená tyčinka, dve kadičky, magnetické miešadlo, miešadielko

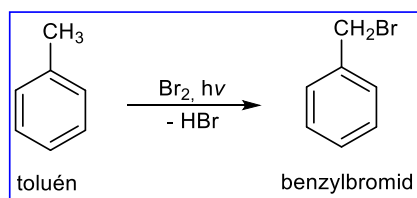
Postup: K 1 ml koncentrovanej kyseliny dusičnej vo vysokej hrubostennej skúmavke umiestnenej v kadičke s ľadovou vodou opatrne pridajte za stáleho miešania 1 ml koncentrovanej kyseliny sírovej. Po pridaní celého množstva kyseliny sírovej pridajte k nitračnej zmesi v skúmavke po kvapkách 1 ml toluénu v priebehu 5 minút. Po pridaní celého množstva toluénu nechajte reakčnú zmes pozvoľna sa otepliť na laboratórnu teplotu a následne ju miešajte ešte 5 minút pri laboratórnej teplote. Po ukončení reakcie reakčnú zmes zo skúmavky vylejte do kadičky s 10 ml studenej vody. Čo pozorujete?

POZOR! Reakčná zmes môže prskať, pracovať je preto nevyhnutné s použitím ochranných prostriedkov (plášť a okuliare) a ústie skúmavky nesmie smerovať k tvári!



1.1.16 Bromácia toluénu v postrannom reťazci (S_R) a dôkaz brómu v molekule

1.1.16.1 Bromácia toluénu

Princíp: Reakcia toluénu s brómom, ktorej produktom je benzylbromid, prebieha ako substitučná radikálová reakcia (S_R) a je katalyzovaná slnečným žiarením:



Chemikálie:

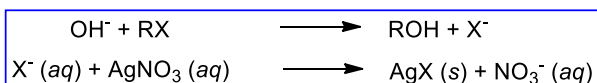
- toluén 
- brómová voda (roztok brómu vo vode, c = 0,1–1 mol.dm⁻³) 

Pomôcky: vysoká skúmavka, stojan na skúmavky, gumená zátka, indikátorový papierik, pipeta

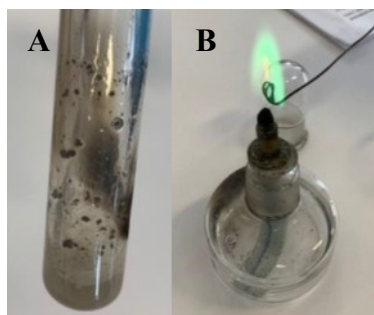
Postup: K 3 ml toluénu v skúmavke pridajte 15 kvapiek brómovej vody, skúmavku uzatvorte gumenou zátkou a jej obsah pretrepte. Následne do hrdla skúmavky vložte kúsok navlhčeného indikátorového papierika, ktorý prichytíte gumenou zátkou, ktorou skúmavku uzatvoríte. Skúmavku s reakčnou zmesou postavte do stojana na skúmavky a nechajte stáť na svetle cca 15–20 minút. Aké zmeny v skúmavke pozorujete?

1.1.16.2 Dôkaz brómu v benzylbromide

Princíp: Na dôkaz halogénov prítomných v skúmanej organickej látke sa používa dôkazová reakcia pomocou dusičnanu strieborného (viď. Kapitola 2.1.4), založená na vytesnení atómu halogénu zo skúmanej látky vo forme halogenidového aniónu nukleofilnou substitúciou za použitia hydroxidových alebo alkoxidových aniónov ako vhodných nukleofilov a následnej reakcii tohto halogenidového aniónu so strieborným kationom z použitého dôkazového činidla AgNO_3 :



Druhý spôsob ako dokázať prítomnosti halogénov v organickej vzorke je uskutočnenie **Beilsteinovho testu** (viď. Kapitola 2.1.5), ktorého princíp spočíva v tom, že sa medený drôтик pokrytý vrstvičkou oxidu meďnatého (CuO) ponorí do skúmanej organickej vzorky a vloží sa do plameňa kahana, ktorý sa v dôsledku prítomnosti prchavých meďnatých halogenidov sfarbí na zeleno.



Obrázok 8. Dôkaz brómu v benzylbromide: vznik zrazeniny AgBr (A) a Beilsteinova skúška (B)

Chemikálie:

- benzylbromid pripravený v časti 4.1.3.1
- vodný roztok hydroxidu sodného (NaOH , w = 1%)
- vodný roztok dusičnanu strieborného (AgNO_3 , w = 5%)
- vodný roztok kyseliny dusičnej (HNO_3 , w = 5%)

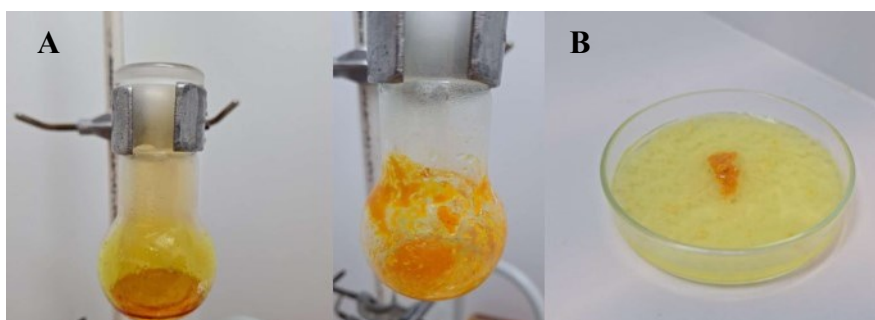
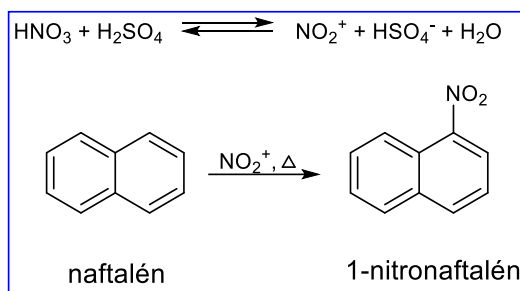
Pomôcky: hrubostenná skúmavka, držiak na skúmavky, pipeta, medený drôтик, kahan

Postup:

- A)** Do hrubostennej skúmavky nalejte cca 2 ml roztoku benzylbromidu pripraveného v časti 4.1.3.1, pridajte k nemu 0,5 ml vodného roztoku hydroxidu sodného a obsah skúmavky mierne zahrejte nad plameňom kahana. Následne k roztoku v skúmavke pridajte zopár kvapiek 5%-ného vodného roztoku kyseliny dusičnej a na záver prilejte cca 1 ml vodného roztoku dusičnanu strieborného. Aké zmeny ste v priebehu experimentu pozorovali?
- B)** Medený drôтик vyžihajte v oxidačnom plameni Bunsenovho kahana, až kým sa nepokryje vrstvičkou oxidu meďnatého (CuO). Takto vyžiháný a vychladnutý medený drôтик ponorte do skúmavky s roztokom benzylbromidu z pokusu 4.1.3.1 a následne drôтик opäť vložte do plameňa kahana. Pozorujte zmenu sfarbenia plameňa kahana.




1.1.17 Nitrácia naftalénu (*S_EAr*)

Princíp: Nitrácia naftalénu prebieha jednoduchšie ako nitrácia benzénu a za uvedených reakčných podmienok je jediným produktom reakcie 1-nitronaftalén:



Obrázok 9. Nitrácia naftalénu (A) a vznik žltých kryštálikov produktu 1-nitronaftalénu (B)

Chemikálie:

- naftalén 
- koncentrovaná kyselina sírová (H₂SO₄, w = 98%) 
- koncentrovaná kyselina dusičná (HNO₃, w = 65%) 
- destilovaná voda

Pomôcky: vysoká hrubostenná skúmavka, 50 ml banka s okrúhlym dnom, držiak na skúmavky, dve pipety, teplomer, dve kadičky

Postup:

V skúmavke, umiestnenej v kadičke s ľadovou vodou, si pripravte nitračnú zmes zmiešaním 2 ml koncentrovanej kyseliny sírovej a 1,5 ml koncentrovanej kyseliny dusičnej a nalejte ju k 2 g naftalénu naváženému v 50 ml banke s okrúhlym dnom. Reakčnú zmes opatrne premiešavajte teplomerom a teplotu reakčnej zmesi udržiajte na 40 °C chladením studenou vodou. Počas reakcie sa uvoľňuje hnedý dym. Po 10 minútach reakčnú zmes vylejte do kadičky so studenou vodou (10 ml) a popíšte pozorované zmeny.

POZOR! Reakčná zmes môže prskať, pracovať je preto nevyhnutné s použitím ochranných prostriedkov (plášť a okuliare) a ústie skúmavky nesmie smerovať k tvári!

Halogénderiváty uhl'ovodíkov

Halogénderiváty uhl'ovodíkov sú zlúčeniny, v ktorých je jeden alebo viacero atómov vodíka v molekule uhl'ovodíka nahradených atómom resp. atómami halogénu.

Halogénderiváty majú vyššiu molekulovú hmotnosť a teplotu varu ako príslušné uhl'ovodíky. Halogénderiváty sú aj napriek svojej polarite nerozpustné vo vode, no dobre sú rozpustné v uhl'ovodíkoch, alkoholoch a éteri. Aj niektoré halogénderiváty sú dobré a v praxi často využívané rozpúšťadlá.

Reaktivita halogénderivátov je rozdielna a podľa reaktivity rozlišujeme tri skupiny halogénderivátov:

a) *halogénderiváty s normálnou reaktivitou* – primárne a sekundárne halogénalkány, halogéncykloalkány a také halogénalkény a halogénarény, v ktorých je uhlík s naviazaným halogénom (α -uhlík) oddelený od násobnej väzby alebo aromatického jadra aspoň dvoma jednoduchými väzbami;

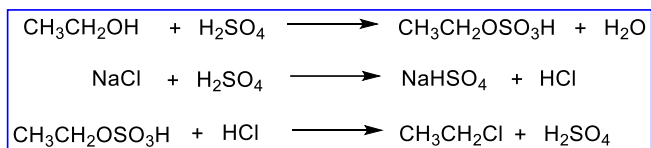
b) *halogénderiváty so zvýšenou reaktivitou* – terciárne halogénalkány, halogénarény, halogénalkény a halogénalkíny, v ktorých je α -uhlík oddelený od násobnej väzby jednou jednoduchou väzbou;

c) *halogénderiváty so zníženou reaktivitou* – zlúčeniny s atómom halogénu naviazaným priamo na sp^2 -uhlíku, teda na uhlíku, z ktorého vychádza dvojité väzba alebo na uhlíku aromatického jadra.




Hlavným typom reakcií halogénderivátov sú *nukleofilné substitúcie* – monomolekulové (S_N1) alebo bimolekulové (S_N2) a *elimináčné reakcie* – monomolekulové (E1) alebo bimolekulové (E2).

1.1.18 Príprava chlórétanu (etylchloridu)

Princíp: Alkylchloridy a alkylbromidy sa v laboratóriu obvykle pripravujú substitučnou nukleofilnou bimolekulovou reakciou (S_N2) primárnych alkoholov s príslušnými halogénvodíkmi, ktoré sú často generované priamo v reakčnej zmesi *in situ* reakciou halogenidu alkalického kovu s koncentrovanou kyselinou sírovou:



Chemikálie:

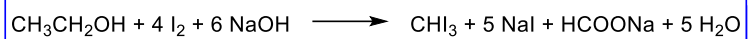
- koncentrovaná kyselina sírová (H_2SO_4 , w = 98%) 
- etanol (w = 96%)  
- chlorid sodný (NaCl)

Pomôcky: vysoká hrubostenná skúmavka na zahrievanie, zátka s odvodnou trubičkou, držiak na skúmavky, kadička, dve pipety, kahan

Postup: Do vysokej hrubostennej skúmavky odmerajte 1 ml etanolu a opatrne, za chladenia skúmavky v kadičke so studenou vodou, pridajte 1,2 ml koncentrovanej kyseliny sírovej. Následne do skúmavky nasypete cca 1 g NaCl, skúmavku uzatvorte zátkou s odvodnou trubičkou a reakčnú zmes začnite opatrne zahrievať nad plameňom kahanu do varu. Po chvíli unikajúce pary vznikajúceho etylchloridu zapáľte pri konci odvodnej trubičky. Akým plameňom horí etylchlorid?

1.1.19 Príprava trijódmetánu – jodoformu

Princíp: V laboratóriu sa jodoform pripravuje reakciou etanolu s jódom v bázičkom prostredí (NaOH):







Táto reakcia sa nazýva *Liebenova jodoformová reakcia* a v praxi sa používa na dôkaz prítomnosti etanolu.

Jodoform je žltá kryštalická látka, vôňou pripomínajúca vôňu šafranu. Jodoform má dezinfekčné účinky.



Obrázok 10. Vznik žltých kryštálikov jodoformu pri jodoformovej reakcii etanolu

Chemikálie:

- vodný roztok hydroxidu sodného (NaOH, w = 10%) 
- Lugolov roztok (roztok jódu v KI, príprava vid' Praktické cvičenie č. 5) 
- etanol (w = 96%)  

Pomôcky: vysoká skúmavka

Postup: Do skúmavky nalejte 1 ml etanolu, pridajte k nemu 2 ml Lugolovho roztoku (roztok jódu v jodide draselnom) a na záver k zmesi v skúmavke opatrne prikvapkávajte 10%-ný vodný roztok hydroxidu sodného a pozorujte vizuálne zmeny.

Otázky a úlohy:

1. Napíšte rovnicu prípravy benzénu z kyseliny benzoovej. Namiesto NaOH môžeme ako dekarboxylačné činidlo pri príprave benzénu použiť nátronové vápno. Čo je to?
2. Ako ste vedeli v experimente 4.1.3.1, že príprava benzylbromidu z toluénu je už ukončená? Ako sa sfarbil indikátorový papierik v hrdle skúmavky a prečo?
3. Vyjadrite reakčnou schémou reakcie prebiehajúcej v skúmavke v prípade prvej dôkazovej skúšky prítomnosti brómu v benzylbromide (experiment 4.1.3.2, postup A). Čo ste pozorovali po pridaní roztoku AgNO_3 ? Vysvetlite.
4. Ako sa volá plameňová skúška na dôkaz brómu v benzylbromide resp. iných halogénov v molekule organickej zlúčeniny a aký je jej princíp?
5. Pri nitrácii naftalénu sa z reakčnej zmesi uvoľňoval hnedý dym. Aký?
6. Napíšte všeobecný mechanizmus $\text{S}_{\text{E}}\text{Ar}$ pre benzén.
7. Pokúste sa vysvetliť pomocou rezonančných štruktúr, prečo je produktom nitrácie naftalénu iba jeden produkt, a to 1-nitronaftalén?
8. Napíšte rovnicu prípravy chlórétanu (etylchloridu) z etanolu. Aký je to typ reakcie z hľadiska mechanizmu?

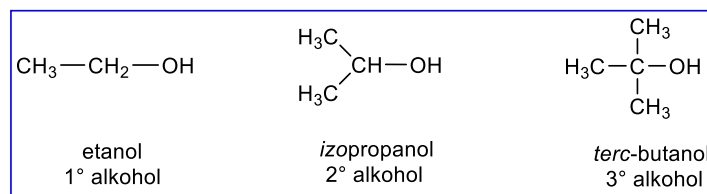
PRAKTICKÉ CVIČENIE Č. 4

Kyslíkaté deriváty organických zlúčenín

1.1.20 Hydroxyderiváty organických zlúčenín

Hydroxyderiváty sú zlúčeniny, ktoré majú v molekule jednu alebo viac hydroxylových funkčných skupín –OH priamo naviazaných na atóm uhlíka. Hydroxylová skupina môže byť naviazaná na alifatickom alebo alicyklickom uhlíku, a vtedy sa príslušné deriváty nazývajú *alkoholy*. Ak je hydroxylová funkčná skupina naviazaná priamo na atóm uhlíka aromatického jadra, príslušné hydroxyderiváty sa nazývajú *fenoly*.

Podľa toho, na akom atóme uhlíka (primárny, sekundárny, terciárny) je hydroxylová skupina naviazaná, rozoznávame alkoholy *primárne* (1°), *sekundárne* (2°) a *terciárne* (3°). Výnimku predstavuje metanol (CH₃OH), ktorý má nulárny atóm uhlíka.



Podľa počtu hydroxylových skupín rozoznávame alkoholy *jednosýtné* (jedna –OH) a *viacsýtné* (dve a viac –OH).

Alkoholy a fenoly sa od uhľovodíkov a halogénderivátov výrazne odlišujú svojou reaktivitou aj fyzikálnymi vlastnosťami. Napr. teploty varu alkoholov a fenolov sú výrazne vyššie ako teploty varu zodpovedajúcich uhľovodíkov alebo halogénderivátov. Je to spôsobené tým, že podobne ako molekuly vody, aj alkoholy a fenoly vytvárajú v kvapalnom stave vodíkové väzby, a tie je potrebné pri prechode z kvapalného stavu do plynného prekonať.

Základnou reakciou alkoholov je *substitúcia* ich hydroxylovej –OH skupiny. Čo sa týka *oxidačných reakcií* alkoholov, kým ich úplná oxidácia (spaľovanie) vedie k rozpadu celej molekuly alkoholu, postupnou oxidáciou vznikajú z alkoholov karbonylové a karboxylové zlúčeniny.

Typickou vlastnosťou alkoholov je ich *amfotérny charakter*, t. j. reagujú aj s kyselinami, aj so zásadami.

Fenoly sú omnoho kyslejšie ($pK_a \approx 10$) ako alkoholy, pretože ich anióny, fenoxidové ióny, sú stabilizované delokalizáciou záporného náboja v aromatickom kruhu. Substituenty

s elektrónakceptorným efektom kyslost' fenolov zvyšujú, kým elektrónodonorné substituenty ju znižujú.

1.1.20.1 Alkoholy

Alkoholy sú v prírode veľmi rozšírené a majú rozsiahle priemyselné a farmaceutické využitie.

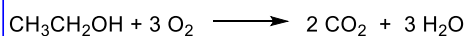
Metanol je pre človeka toxický. Požitie už malého množstva (15 ml) vedie k oslepnutiu, požitie väčšieho množstva (100-250 ml) má smrteľné následky. V priemysle sa metanol používa ako rozpúšťadlo a ako východisková látka pre výrobu formaldehydu, kyseliny octovej a *tert*-butyl(metyl)éteru, ktorý slúži ako antidetonačná prísada do benzínu pre spaľovacie motory.

Etanol je jednou z prvých pripravených a čistených organických zlúčenín. Už tisícročia sa vyrába kvasením obilnín a sacharidov a jeho čistenie destiláciou je dokázané už v 12. storočí pred n. l. Pre nepotravinárske účely sa etanol vyrába kyslo katalyzovanou hydratáciou eténu.

Z lekárskeho hľadiska etanol spôsobuje útlm centrálného nervového systému. Ak je v krvi prítomný etanol v množstve 1-3 promile, je porušená motorická koordinácia, pri 3-4 promile dochádza k nevoľnosti a strate vedomia. Nad 6 promile môžu poruchy spontánneho dýchania a kardiovaskulárnej regulácie spôsobiť smrť. LD₅₀ etanolu je 10,6 g.kg⁻¹. Metabolizmus etanolu sa odohráva v pečeni a spočíva v jeho dvojkrokovej oxidácii, najprv na acetaldehyd (CH₃CHO) a potom na kyselinu octovú (CH₃COOH). Trvalá prítomnosť etanolu a acetaldehydu v tele chronického alkoholika je toxická a vedie k telesnej devastácii a postupným poruchám metabolizmu, pričom najviac postihnutým orgánom v tele alkoholika býva pečeň.

1.1.20.1.1 Úplná oxidácia etanolu (spaľovanie)


Princíp: Etanol sa používa ako horľavé palivo. Na jeho spaľovanie je potrebný kyslík a produktami úplnej oxidácie etanolu sú oxid uhličitý a vodná para:



Aj keď CO₂ produkovaný pri tomto procese napokon absorbujú rastliny, určitý čas zostáva prítomný v atmosfére.

Keďže pri spaľovaní etanolu dochádza k uvoľneniu tepelnej energie, je táto reakcia príkladom *exotermickej reakcie*. Uvedená reakcia sa vyznačuje aj zápornou hodnotou zmeny entalpie (ΔH).

Chemikálie:

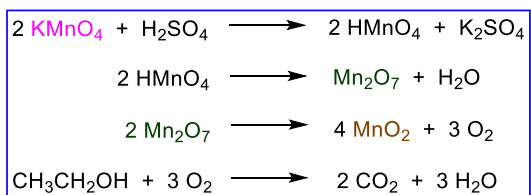
- etanol (w = 96%) 

Pomôcky: porcelánová miska

Postup: Do porcelánovej misky nalejte trochu etanolu, zapáľte ho a pozorujte farbu plameňa.




1.1.20.1.2 Oxidácia etanolu s $KMnO_4$ (Blesky pod vodou)

Princíp: Reakciou manganistanu draselného $KMnO_4$ s koncentrovanou kyselinou sírovou vzniká oxid manganistý Mn_2O_7 (tmavozelený) resp. silnejšia kyselina sírová vytesní kyselinu manganistú, z ktorej dehydratáciou vzniká oxid manganistý Mn_2O_7 . Tento oxid je nestabilný a ihneď sa rozkladá na hnedý oxid manganičitý MnO_2 a kyslík, presnejšie kyslík v stave zrodu (atomárny kyslík) a uvoľňuje sa veľké množstvo tepla. Atomárny kyslík následne oxiduje etanol, čo sa prejaví iskrením na rozhraní kvapalín:



Obrázok 11. Oxidácia etanolu s $KMnO_4$ (Blesky pod vodou)

Chemikálie:

- etanol (w = 96%) 
- manganistan draselný ($KMnO_4$) 
- koncentrovaná kyselina sírová, (H_2SO_4 , w = 98%) 

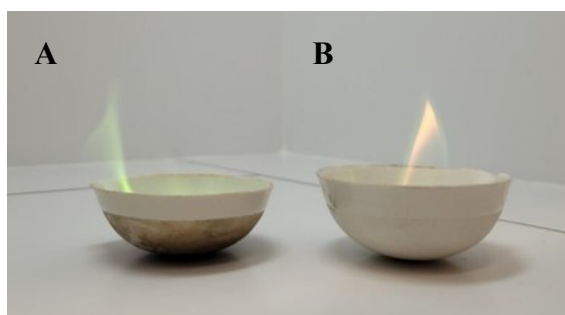
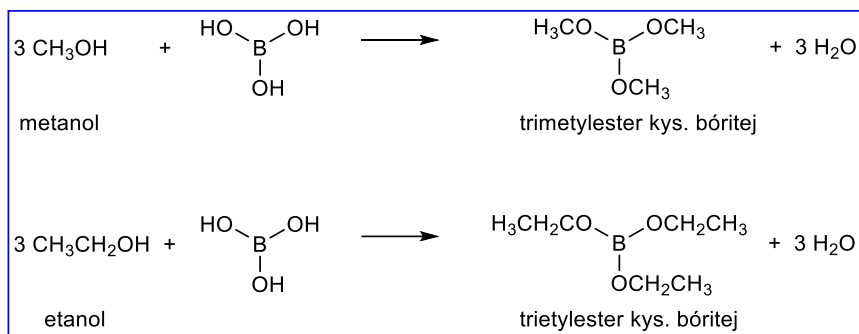
Pomôcky: vysoká hrubostenná skúmavka, dve pipety, stojan na skúmavky

Postup: Do suchej skúmavky umiestnenej v stojane na skúmavky pomocou pipety opatrne, aby ste nezmáčali steny skúmavky, odmerajte 1,5 ml koncentrovanej kyseliny sírovej. Na kyselinu sírovú navrstvite rovnaký objem etanolu, pričom dbajte na to, aby sa tieto kvapaliny nepremiešali. Tieto dve kvapaliny sa nemiešajú a ich rozhranie je dobre viditeľné. Na záver nasypete do skúmavky pár kryštálikov (5–6) pevného manganistanu draselného. Po chvíli môžete pozorovať na rozhraní kvapalín iskrenie.

POZOR! Naozaj stačí päť až šesť kryštálikov manganistanu draselného, pretože pri väčšom množstve hrozí vystrieknutie reakčnej zmesi zo skúmavky!




1.1.20.1.3 Rozlíšenie etanolu a metanolu pomocou tvorby esterov s H_3BO_3 – plameňová skúška

Princíp: Esterifikácia patrí medzi dôležité reakcie v organickej chémii. Je to rovnovážna reakcia alkoholov s kyselinami (organickými aj anorganickými), ktorej produktami sú príslušný ester a voda. Významnou vlastnosťou esterov je okrem ich vône (využívajú sa ako vonné esencie) aj ich prchavosť. Práve táto vlastnosť umožňuje rozlíšiť od seba dva najjednoduchšie alkoholy – metanol a etanol. Reakciou s kyselinou boritou poskytujú tieto prvé dva základné hydroxyderiváty príslušné estery, ktorých pary po zapálení horia rôzne sfarbenými plameňmi:



Obrázok 12. Plameňová skúška na rozlíšenie metanolu (A) a etanolu (B) cez tvorbu triesterov s kyselinou boritou H_3BO_3

Chemikálie:

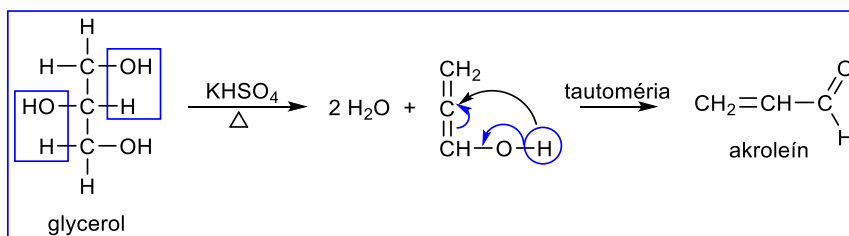
- etanol (w = 96%) 
- metanol 
- kyselina boritá (H_3BO_3) 

Pomôcky: dve porcelánové misky, laboratórna lyžička, odmerný valec, špilka


Postup: Na stôl si pripravte dve porcelánové misky. Do jednej nalejte trochu metanolu (cca 2–3 ml) a do druhej trochu etanolu (2–3 ml). K obom alkoholom v porcelánových miskách pridajte lyžičkou pár kryštálikov kyseliny boritej a reakčné zmesi v oboch miskách opatrne premiešajte, aby mohli jednotlivé reagenty spolu zreagovať. Po chvíli obsah oboch misiek zapáľte horiacou špilkou a pozorujte sfarbenie plameňa.

1.1.20.1.4 Dôkaz glycerolu

Princíp: Dôkazová reakcia glycerolu je založená na jeho dehydratácii zahrievaním v prítomnosti dehydratačných činidiel. Produktom tejto dehydratácie je nenasýtený aldehyd *akroleín*, ktorý je charakteristický svojím štiplavým zápachom, pripomínajúcim vôňu spáleného tuku (oleja):



Chemikálie:

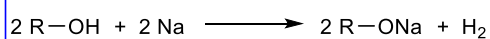
- glycerol
- hydrogénsíran draselný (KHSO_4) 

Pomôcky: hrubostenná skúmavka, držiak na skúmavky, laboratórna lyžička, pipeta, kahan

Postup: Do hrubostennej skúmavky pridajte pipetou 0,5 ml glycerolu a následne nasypete 1 g KHSO_4 . Obsah skúmavky opatrne zahrievajte nad plameňom kahana, až kým neucítite charakteristickú a dráždivú vôňu. Experiment uskutočňujte v digestore!



1.1.20.2 Alkoholáty

Princíp: Alkoholy reagujú so sodíkom za vzniku príslušných nátrium-alkoholátov. Rýchlosť spomínanej reakcie klesá so vzrastajúcim počtom hydroxylových –OH skupín v molekule alkoholu, t. j. najrýchlejšie reagujú alkoholy s jednou hydroxylovou skupinou v molekule a najpomalšie alkoholy s tromi hydroxylovými –OH skupinami v molekule:



1.1.20.2.1 Príprava etoxidu sodného

Chemikálie:

- bezvodý etanol 
- kovový sodík 

Pomôcky: skalpel, pinzeta, filtračný papier, hrubostenná skúmavka, zátka s odvodnou trubičkou, stojan na skúmavky

Postup: Do stojana na skúmavky si pripravte suchú hrubostennú skúmavku, do ktorej nalejte 2 ml bezvodého etanolu (možno pridať aj pár kvapiek fenolftaleínu), ku ktorému pridajte malý kúsok kovového sodíka osušeného filtračným papierom. Pozorujte rýchlosť reakcie. O priebehu reakcie svedčí uvoľňovanie vodíka, ktorého vznik dokážte tak, že skúmavku uzatvorte zátkou s odvodnou trubičkou a k ústiu odvodnej trubičky priložte zapálenú zápalku. Unikajúci vodík po zapálení horí.

POZOR! Sodík nesmie prísť do kontaktu s vodou a vlhkosťou, pretože hrozí jeho zapálenie!!!

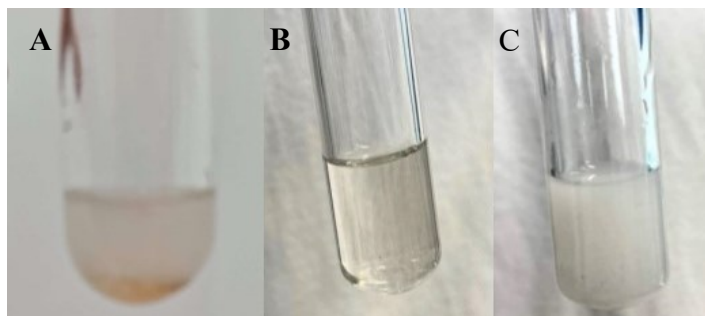
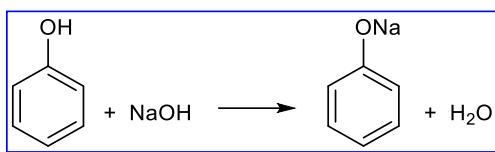
1.1.20.3 Fenoly

Fenoly sú v prírode široko zastúpené a využívajú sa ako medziprodukty v priemyselnej výrobe širokého spektra látok, od dezinfekčných prostriedkov až po lepidlá.

Fenol sám má dezinfekčné účinky a nachádza sa v čiernouhoľnom dechte. Počas prvej svetovej vojny sa začal priemyselne vyrábať vo veľkých množstvách ako prekurzor pre výrobu kyseliny pikrovej (2,4,6-trinitrofenol) používanej ako výbušnina. Fenol sa využíva ďalej pri výrobe plastov a lepidiel, pri syntéze chlórovaných fenolov a potravinárskych antioxidantov označovaných ako BHT (2,6-di-*terc*-butyl-4-metylfenol) a BHA (zmes 2-*terc*-butyl-4-metoxifenolu a 3-*terc*-butyl-4-metoxifenolu).




1.1.20.3.1 Príprava fenoxidu sodného

V laboratóriu sa fenoxid sodný pripravuje priamo reakciou hydroxidu sodného s fenolom:



Obrázok 13. Emulzia fenolu v destilovanej vode (A), ktorá sa po pridaní roztoku NaOH vyčíri (B) a tento číry roztok sa po pridaní roztoku HCl opäť zakalí (C)

Chemikálie:

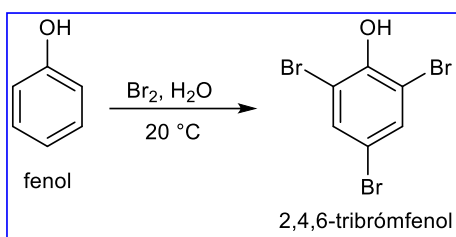
- fenol 
- vodný roztok kyseliny chlorovodíkovej (HCl, w = 10%) 
- vodný roztok hydroxidu sodného (NaOH, w = 10%) 
- destilovaná voda

Pomôcky: nôž, skúmavka

Postup: K malému množstvu fenolu (150 mg) v skúmavke pridajte 0,5 ml destilovanej vody a skúmavkou potrate, pričom spozorujete vytvorenie emulzie bielej farby. Do tejto emulzie pridávajte 10%-ný vodný roztok hydroxidu sodného dovtedy, kým sa zmes v skúmavke úplne nevyčíri. K číremu roztoku fenoxidu sodného následne pomaly prikvapkávajte 10%-ný vodný roztok kyseliny chlorovodíkovej a pozorujte vizuálne zmeny reakčnej zmesi v skúmavke.

1.1.20.3.2 Bromácia fenolu

Princíp: Bromácia fenolu (S_EAr) prebieha ľahšie ako bromácia benzénu, pretože hydroxylová skupina naviazaná na benzénovom jadre svojim +M-efektom výrazne urýchľuje takýto typ reakcií. Bromácia fenolu prebieha až do tretieho stupňa za vzniku 2,4,6-tribrómfenolu:



Obrázok 14. Biela zrazenina 2,4,6-tribrómfenolu – produktu bromácie fenolu

Chemikálie:

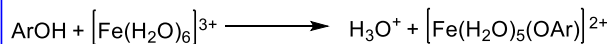
- vodný roztok fenolu (w=5%)
- brómová voda (roztok brómu vo vode, $c = 0,1\text{--}1\text{ mol}\cdot\text{dm}^{-3}$)

Pomôcky: vysoká skúmavka, odmerný valec

Postup: K 2 ml vodného roztoku fenolu vo vysokej skúmavke pridávajte za stáleho miešania roztok brómovej vody dovtedy, kým nepozorujete odfarbenie brómovej vody a vznik bielej zrazeniny 2,4,6-tribrómfenolu.

1.1.20.3.3 Farebné reakcie fenolov a naftolov

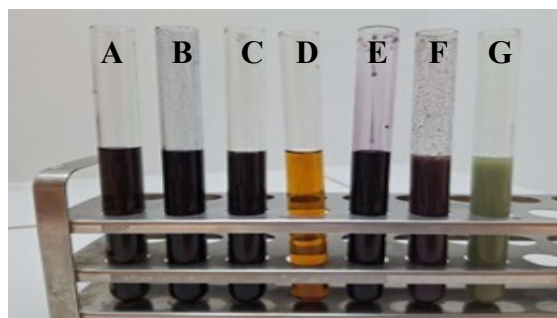
Princíp: Princíp dôkazovej reakcie fenolov a naftolov s chloridom železitým (FeCl_3) spočíva v tvorbe farebného komplexu medzi fenolom resp. jeho derivátom a iónmi Fe^{3+} . V závislosti od štruktúry fenolu resp. naftolu dochádza k výmene ligandov H_2O v kordinačnej sfére iónu Fe^{3+} za aryloxidové ióny:



Farba vzniknutého komplexu závisí od typu fenolu, jeho štruktúry, koncentrácie Fe^{3+} iónov a podmienok reakcie (napr. pH). Typické farby komplexov sú červená, purpurová alebo zelená, ktoré sú spôsobené zmenami v elektrónovej štruktúre komplexu:

Zlúčenina	Zafarbenie
-----------	------------

fenol	fialové
pyrokatechol	čierne
rezorcinol	špinavo žltozelené
hydrochinón	žltohnedé
pyrogalol	krvavo červené
floroglucinol	zelenožlté
kyselina galová	čierne
kyselina salicylová	fialové
α -naftol	fialová
β -naftol	zelená



Obrázok 15. Farebné zmeny roztokov fenolov a naftolov po pridaní roztoku FeCl_3 : fenol (A), pyrokatechol (B), rezorcinol (C), hydrochinón (D), kyselina salicylová (E), α -naftol (F) a β -naftol (G)

Chemikálie:

- fenol
- pyrokatechol
- rezorcinol
- hydrochinón
- kyselina salicylová
- α -naftol
- β -naftol
- vodný roztok chloridu železitého (FeCl_3 , w = 5%)
- etanol (w = 96%)
- destilovaná voda

Pomôcky: sedem skúmaviek, stojan na skúmavky

Postup: Do stojana na skúmavky si pripravte sedem skúmaviek. Do každej skúmavky nalejte 3 ml etanolu a 3 ml destilovanej vody, a v tejto zmesi rozpúšťadiel rozpustíte 0,1 g danej zlúčeniny. Na záver do každej skúmavky nalejte po 3 ml roztoku chloridu železitého. Obsah všetkých skúmaviek premiešajte, zried'te destilovanou vodou a pozorujte výsledné zafarbenie roztokov.

V dôsledku prebehnutia reakcie sa obsah jednotlivých skúmaviek farebne líši. Pozorované vizuálne zmeny si zapíšte.

1.1.21 Étery






Étery sú formálne deriváty alkoholov a fenolov, v ktorých je vodík hydroxylovej funkčnej skupiny ($-OH$) nahradený alkylom alebo arylom. Kyslíkový atóm je viazaný s dvoma rovnakými alkylmi resp. arylmi (symetrické étery) alebo s rozdielnymi zvyškami (asymetrické étery), alebo je kyslíkový atóm súčasťou kruhu (cyklické étery).

Keďže étery nemajú na atóme kyslíka naviazaný vodík, netvorí vodíkové väzby a ich teploty varu sú preto v porovnaní s alkoholmi podstatne nižšie. Étery sú vo vode len slaboz rozpustné, no výborne sa miešajú s organickými rozpúšťadlami a samotné dobre rozpúšťajú mnohé organické látky. Majú nižšiu hustotu ako voda, a preto pri extrakcii organických zlúčenín z vodných roztokov do dietyléteri, sa éterická vrstva nachádza v oddeľovacom lieviku vždy hore!

Dietyléter (éter) je vedľajším produktom hydratácie eténu na etanol. Je prchavý, horľavý a pary tvoria so vzduchom výbušnú zmes. V organickej chémii sa používa ako významné rozpúšťadlo nitrátov celulózy, prírodných a syntetických živíc a pri extrakciách. Vyznačuje sa silným narkotickým účinkom a bol prvým anestetikom používaným v chirurgii.

1.1.21.1 Vlastnosti dietyléteri

Chemikálie:

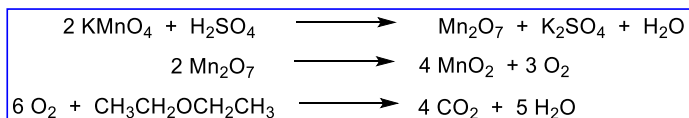
- dietyléter 
- bezvodý síran meďnatý ($CuSO_4$, čerstvo vyžihaný) 
- jód 
- manganistan draselný ($KMnO_4$) 
- koncentrovaná kyselina sírová (H_2SO_4 , w = 98%) 

Pomôcky: dve skúmavky, hodinové sklíčko, nôž, vata, teplomer

Postup:

- A) Do skúmavky nalejte 5 ml destilovanej vody a po kvapkách k nej pridávajte éter za stáleho miešania, pričom pozorujte, ako sa prvé kvapky s vodou zmiešajú, ale ďalší podiel éteri sa už od vodnej vrstvy oddelí ako samostatná vrstva. Horná vrstva je tak roztok vody v éteri a spodná vrstva je roztok éteri vo vode. O prítomnosti vody v oboch vrstvách sa presvedčte pridaním malého množstva vyžihaného síranu meďnatého ($CuSO_4$), ktorý zmení pri kontakte s vodou svoju farbu.

- B)** Do skúmavky nalejte 1 ml destilovanej vody, 1 ml dietyléteru a na špičke noža pridajte ku kvapalinám v skúmavke pár kryštálikov jódu. Obsah skúmavky pretrepte a pozorujte, do ktorej z dvoch vrstiev prešiel všetok jód. Prečo?
- C)** Na ruku si nakvapkajte pár kvapiek éteru. Čo cítite? Prečo?
- D)** Privoňajte k éteru vo fľaši, nie však priamo, ale rukou si prived'te pary éteru od ústia fľaše k nosu. Cítite jeho charakteristickú vôňu?
- E)** Koniec ortuťového teplomera obaľte vatou a následne ju navlhčite éterom. Teplomerom pohybujte, aby ste urýchlili odparovanie sa éteru z vaty. Ako sa zmení teplota, ktorú ukazuje teplomer?
- F)** Na hodinové sklíčko nasypete na špičke noža pár kryštálikov KMnO_4 a pokvapkajte ich koncentrovanou kyselinou sírovou. Následne prikvapnite na hodinové sklíčko jednu kvapku éteru, ktorý sa zapáli a horí v dôsledku jeho reakcie s kyslíkom v stave zrodu (atomárny kyslík) a uvoľňuje sa veľké množstvo tepla. Atomárny kyslík následne oxiduje dietyléter:



POZOR! Pri reakcii je nevyhnutné dodržiavať všetky bezpečnostné opatrenia!

Otázky a úlohy:

1. Akej farby je plameň, ktorým horí etanol? Prečo po spálení etanolu nezostal v porcelánovej miske žiadny nespálený zvyšok? Napíšte rovnicu úplnej oxidácie etanolu.
2. Aké produkty vznikli z metanolu a etanolu ich reakciou s kyselinou boritou? Napíšte príslušné chemické rovnice. Na základe čoho sa dá pomocou tejto reakcie rozlíšiť metanol od etanolu?
3. Aká zlúčenina vznikla pri zahrievaní glycerolu s KHSO_4 ? Napíšte príslušnú chemickú rovnicu. Aké iné dehydratačné činidlá poznáte?
4. Ako by ste pripravili metoxid sodný a ako by ste sa presvedčili, či daná reakcia prebieha? Napíšte príslušnú reakčnú schému.
5. Prečo sa pri príprave fenoxidu sodného po pridaní roztoku NaOH biela emulzia fenolu vo vode vyčírila?
6. Akú zmenu ste pozorovali po pridaní roztoku HCl k roztoku fenoxidu sodného a prečo? Priebeh reakcie vyjadrite chemickou rovnicou.
7. Vypočítajte, koľko gramov fenoxidu sodného pripravíte z 10 g fenolu, keď výťažok reakcie je 90%.
8. Prečo sa brómová voda pri pridávaní k roztoku fenolu (pokus 5.1.3.2) odfarbuje?
9. Aké farebné zmeny ste pozorovali v jednotlivých skúmavkách pri reakcii fenolov a naftolov s roztokom FeCl_3 ? Pokúste sa vysvetliť prečo.
10. Prečo a ako sa zmení farba bezvodého CuSO_4 pri kontakte s vodou?
11. Prečo jód prechádza do éterickej vrstvy a nie do vodnej?

PRAKTICKÉ CVIČENIE Č. 5

Karbonylové zlúčeniny

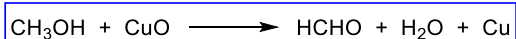
Karbonylové zlúčeniny obsahujú v molekule dvojjväzbovú funkčnú skupinu C=O, ktorá je buď spojená s jedným uhlíkovým zvyškom a vodíkom, vtedy hovoríme o aldehydoch (R-CH=O), alebo s dvoma uhlíkovými skupinami, a vtedy sa jedná o ketóny (R-CO-R).

1.1.22 Príprava formaldehydu (metanálu) a acetaldehydu (etanálu)



Formaldehyd je štipľavo zápachajúci jedovatý plyn, ktorý ľahko podlieha polymerizácii. Je dobre rozpustný vo vode a v polárnych organických rozpúšťadlách. Jeho 35–50%-ný vodný roztok sa nazýva formalín. Metanál sa používa ako dezinfekčný prostriedok, konzervačný prostriedok a ako pomocný prostriedok v textilnom, kožiarskom a drevospracujúcom priemysle.

Acetaldehyd je bezfarebná, horľavá kvapalina s ovocným zápachom. Produkujú ho rastliny ako časť svojho normálneho metabolizmu. Je medziproduktom pri odbúravaní etanolu pomocou enzýmu alkoholdehydrogenázy a je zodpovedný za jeho toxický účinok na CNS (opicu).

Princíp: V laboratóriu sa metanál (etanál) pripravuje oxidáciou metanolu (etanolu) v prítomnosti CuO ako katalyzátora:



Chemikálie:

- metanol 
- etanol (w = 96%) 

Pomôcky: medený drôtik, dve hrubostenné skúmavky, držiak na skúmavky, stojan na skúmavky, odmerný valec, kahan

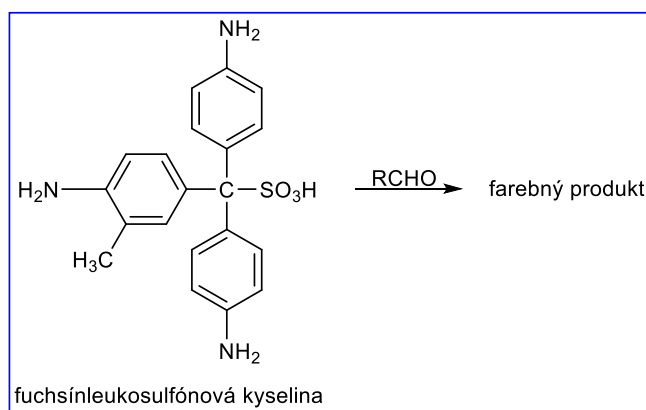
Postup: Medený drôtik stočený do špirály vyžihame v nesvietivom plameni kahana, pričom na povrchu špirály sa žiňaním vytvorí čierny povlak oxidu meďnatého. Do stojana na skúmavky umiestnite dve hrubostenné skúmavky. Do jednej skúmavky nalejte 5 ml metanolu, do druhej skúmavky 5 ml etanolu a obsah oboch skúmaviek opatrne zahrejte nad plameňom kahana. Do skúmaviek s horúcim alkoholom ponorte tesne pod hladinu alkoholu vyžihajúci a vychladnutý medený drôtik. Zároveň je možné pozorovať aj redukciu čierneho CuO na červenú meď.

Žihanie a ponorenie drôtika opakujte pre každý alkohol minimálne 15-krát. Po krátkom čase je cítiť vznikajúci ostro zapáchajúci formaldehyd, resp. acetaldehyd.

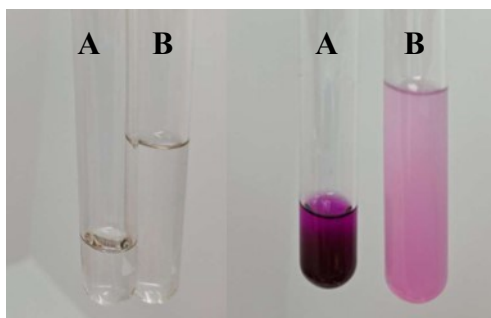
1.1.23 Dôkazové reakcie aldehydov a ketónov

1.1.23.1 Reakcia so Schiffovým činidlom

Princíp: Schiffovo činidlo je vodný roztok fialovočerveného farbiva fuchsínu, odfarbený oxidom siričitým, ktorý sa po pridaní aldehydov sfarbí na červenofialovo až modro. Vznik tohto sfarbenia je špecifickou reakciou aldehydickej funkčnej skupiny.






Pozitívnu reakciu so Schiffovým činidlom dávajú aldehydy, z ketónov iba metylalkylketóny a niektoré cyklické ketóny (cyklopentanón, cyklohexanón).



Obrázok 16. Farebné zmeny pozorované v skúmavke po pridaní bezfarebného Schiffovho činidla k formaldehydu (A) a acetónu (B).

Schiffovo činidlo sa pripraví rozpustením 3 g zásaditého fuchsínu v 100 ml destilovanej vody. Do tohto roztoku sa zavádza plynný oxid siričitý dovtedy, kým nedôjde k odfarbeniu roztoku. Ak nie je k dispozícii aparátúra na vyvíjanie oxidu siričitého, k roztoku fuchsínu sa pridá za stáleho miešania 6–10 g pevného disiričitanu sodného ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$) až do odfarbenia roztoku.

Chemikálie:

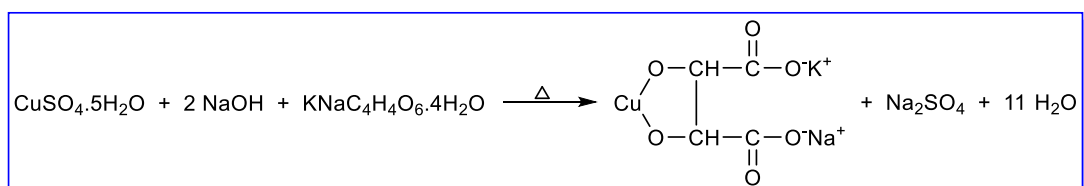
- Schiffovo činidlo 
- formaldehyd pripravený v časti 6.1.1 
- acetaldehyd pripravený v časti 6.1.1 
- acetón

Pomôcky: tri skúmavky, stojan na skúmavky

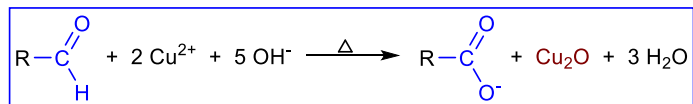
Postup: Do stojana na skúmavky si pripravte tri suché skúmavky. Do prvej skúmavky nalejte 1 ml roztoku formaldehydu (pripravený v časti 6.1.1), do druhej 1 ml roztoku acetaldehydu (pripravený v časti 6.1.1) a do tretej skúmavky 1 ml acetónu. Do každej skúmavky pridajte pár kvapiek *Schiffovho činidla* a pozorujte farebné zmeny.

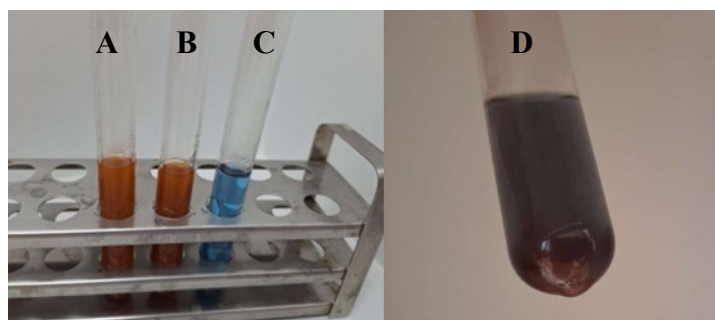
1.1.23.2 Fehlingovo činidlo

Princíp: *Fehlingovo činidlo* je zložené z dvoch roztokov, *Fehling I* (vodný roztok síranu meďnatého) a *Fehling II* (roztok vínanu draselno-sodného v zriedenom roztoku hydroxidu sodného), ktoré sa tesne pred použitím zmiešajú v pomere 1:1. Výsledný roztok Fehlingovho činidla je azúrovo modrý a dochádza v ňom ku komplexácii Cu^{2+} iónov vínanovým aniónom za vzniku príslušného komplexu vínanu meďnatého, čím sa zabráni vzniku nerozpustného $\text{Cu}(\text{OH})_2$, ktorý by inak vznikol ako produkt reakcie $\text{CuSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ s NaOH :



Fehlingov test sa používa ako všeobecný test na dôkaz redukujúcich sacharidov. Založený je na oxidácii aldehydickej funkčnej skupiny sacharidov na karboxylovú funkčnú skupinu, pričom súčasne dochádza k redukcii Cu^{2+} iónov na Cu^+ , ktoré sa z roztoku vylučujú vo forme tehlovočervenej zrazeniny Cu_2O :





Obrázok 17. Farebné zmeny pozorované v skúmavkách s roztokmi D-glukózy (A), D-fruktózy (B), sacharózy (C) a formaldehydu (D) po reakcii s Fehlingovým činidlom

Fehlingovo činidlo sa pripraví bezprostredne pred použitím zmiešaním roztokov Fehling I a Fehling II v pomere 1:1.

Roztok *Fehling I* je vodný roztok síranu meďnatého, ktorý sa pripraví rozpustením 3,5 g pentahydrátu síranu meďnatého ($\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$) v 100 ml destilovanej vody.

Roztok *Fehling II* sa pripraví rozpustením 17 g vlnanu draselno-sodného a 6 g hydroxidu sodného (NaOH) v 100 ml destilovanej vody.

Chemikálie:

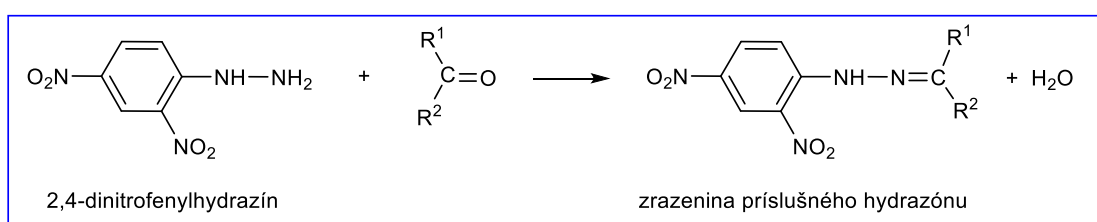
- Fehlingovo činidlo
- formaldehyd pripravený v časti 6.1.1
- acetaldehyd pripravený v časti 6.1.1
- vodný roztok D-glukózy (w =1%)
- vodný roztok D-fruktózy (w =1%)
- vodný roztok sacharózy (w =1%)
- vodný roztok laktózy (w =1%)
- vodný roztok maltózy (w =1%)
- pomarančová šťava

Pomôcky: osem skúmaviek, stojan na skúmavky, vodný kúpeľ, varič

Postup: Do stojana na skúmavky si pripravte osem skúmaviek a nalejte do nich po 1 ml roztoku skúmaných karbonylových zlúčenín a sacharidov. Následne do každej skúmavky pridajte po 1 ml *Fehlingovho činidla*, pripraveného tesne pred začiatkom experimentu zmiešaním rovnakých objemov roztokov Fehling I a Fehling II. Skúmavky vložte do vriaceho vodného kúpeľa, ich obsah zahrievajte po dobu cca 3 minúty a pozorujte vznik červenohnedej zrazeniny Cu_2O . V ktorej skúmavke nevznikala a prečo?

1.1.23.3 Dôkaz aldehydov a ketónov 2,4-dinitrofenylhydrazínom – Bradyho test

Princíp: Bradyho činidlo, konkrétne jeho zložka 2,4-dinitrofenylhydrazín atakuje karbonylový uhlík, na ktorom je kladný parciálny náboj, teda dochádza k nukleofilnej adícii na dvojité väzbu C=O. Výsledkom tejto kondenzačnej reakcie je tvorba fenyldiazónov, dusíkatých derivátov, obvykle kryštalických látok s charakteristickými teplotami topenia. Vedľajším produktom reakcie je voda. Kým aldehydy poskytujú žlté zrazeniny fenyldiazónov, ketóny poskytujú žltooranžové zrazeniny. Výrazné oranžové zrazeniny dávajú aldehydy, v ktorých je karbonylová skupina v konjugácii s dvojitou väzbou – napr. benzaldehyd.



Obrázok 18. Vznik žltej zrazeniny fenyldiazónu po pridaní Bradyho činidla k roztoku formaldehydu

Bradyho činidlo sa pripraví rozpustením 1 g 2,4-dinitrofenylhydrazínu (DNPH) v 5 ml koncentrovanej kyseliny sírovej a vzniknutý roztok sa následne pridá k roztoku, ktorý vznikol zmiešaním 7 ml destilovanej vody s 25 ml 96%-ného etanolu

Chemikálie:

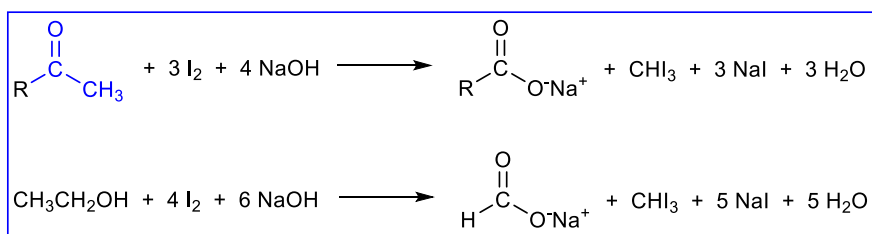
- formaldehyd pripravený v časti 6.1.1
- nasýtený roztok 2,4-dinitrofenylhydrazínu (DNPH)

Pomôcky: skúmavka, stojan na skúmavky

Postup: Do skúmavky obsahujúcej 1 ml koncentrovaného roztoku formaldehydu, pripraveného v časti 6.1.1, umiestnenej v stojane na skúmavky, pridávajúte po kvapkách roztok DNPH až do vytvorenia žltej až oranžovej zrazeniny vznikajúceho hydrazónu.






1.1.23.4 Jodoformová reakcia

Princíp: Jód reaguje s alkoholmi, aldehydmi a ketónmi, ktoré majú vedľa charakteristickej funkčnej skupiny (–OH, –CHO, –CO–) prítomnú metylovú skupinu –CH₃. Pri tejto reakcii vzniká jodoform CHI₃, ktorý vytvára žlté alebo nažltlé kryštáliky. Zároveň dochádza k oxidácii príslušných kyslíkatých derivátov (alkoholov, aldehydov a ketónov) na karboxylové kyseliny kratšie o jeden atóm uhlíka, resp. ich sodné soli, keďže reakcia sa uskutočňuje v zásaditom prostredí hydroxidu sodného. Pomocou tejto reakcie je možné od seba odlíšiť metanol, ktorý nebude s jódом reagovať, od etanolu, ktorý dáva pozitívnu reakciu. Analogicky je to aj v prípade metanálu (formaldehydu) a etanálu (acetaldehydu). Kým metanál s Lugolovým roztokom nereaguje, etanál dáva pozitívnu reakciu za vzniku žltých kryštálikov jodoformu:



Lugolov roztok sa pripraví v 100 ml odmernej banke rozpustením 10 g jodidu draselného (KI) a 5 g kryštalického jódu (I₂) v 20 ml destilovanej vody. Po doplnení destilovanou vodou po rysku sa k výslednému roztoku pridá ešte 5 g kryštalického octanu sodného (CH₃COONa).

Chemikálie:

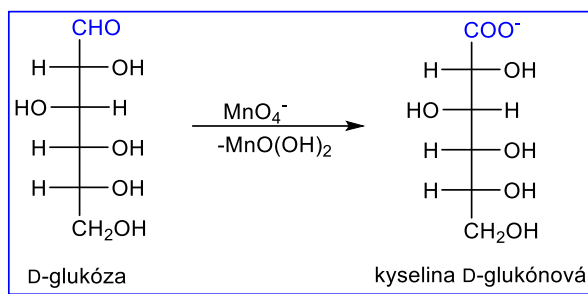
- formaldehyd pripravený v časti 6.1.1 
- acetaldehyd pripravený v časti 6.1.1 
- acetón 
- vodný roztok hydroxidu sodného (NaOH, w =11%) 
- Lugolov roztok 

Pomôcky: tri hrubostenné vysoké skúmavky, stojan na skúmavky, vodný kúpeľ, varič


Postup: Do stojana na skúmavky si pripravte tri suché skúmavky, do ktorých nalejte po 1 ml skúmanej organickej látky a do každej skúmavky pridajte po 2 ml Lugolovho roztoku. Následne ku vzniknutým roztokom v skúmavkách opatrne pridávajte 11%-ný vodný roztok hydroxidu sodného. Skúmavky ponorte na niekoľko minút do teplého vodného kúpeľa (teplota 60 °C) a pozorujte prebiehajúce zmeny.

1.1.24 Oxidácia D-glukózy

Princíp: Manganistan draselný (KMnO_4) je oxidačné činidlo schopné za zvýšenej teploty oxidovať aldehydickú funkčnú skupinu v molekule sacharidu na karboxylovú funkčnú skupinu. V priebehu reakcie dochádza k odfarbeniu pôvodne fialového roztoku manganistanu draselného KMnO_4 a vylúčeniu hnej zrazeniny hydratovaného oxidu manganičitého $\text{MnO}(\text{OH})_2$ ako dôsledok redukcie Mn^{VII} na Mn^{IV} . Uvedená reakcia prebieha pri neutrálnom pH reakčnej zmesi a D-glukóza je oxidovaná na kyselinu D-glukónovú resp. jej draselnú soľ:



Chemikálie:

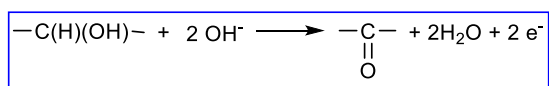
- vodný roztok D-glukózy (w = 8%)
- vodný roztok manganistanu draselného (KMnO_4 , w = 6%) 

Pomôcky: hrubostenná skúmavka, držiak na skúmavky, kahan

Postup: K 5 ml 8%-ného vodného roztoku D-glukózy v hrubostennej skúmavke pridajte 3 kvapky 6%-ného vodného roztoku manganistanu draselného. Skúmavku uchytíte do držiaka na skúmavky a jej obsah opatrne zahrejte nad plameňom kahana. Pozorujte farebné zmeny.

1.1.25 Manganistanový chameleón – redoxná reakcia

Princíp: Redoxná reakcia je akákoľvek chemická reakcia, pri ktorej molekula, atóm alebo ión stráca alebo získava elektróny, čím sa mení ich oxidačný stav. Oxidačné činidlo získava elektróny (pri reakcii je redukované) a redukčné činidlo elektróny stráca (pri reakcii je oxidované). V tomto experimente sa ako redukčné činidlo použije D-glukóza. Keď sa D-glukóza pridáva do roztoku obsahujúceho OH^- ióny, hydroxylové skupiny D-glukózy sú donormi elektrónov a dochádza k ich oxidácii na oxo- skupiny:



V našom experimente sa D-glukóza pridáva do roztoku manganistanu draselného (KMnO_4) obsahujúceho hydroxidové anióny. Elektróny z D-glukózy prechádzajú na manganistanové anióny (MnO_4^-) za vzniku oxidačných produktov D-glukózy, z ktorých má

majoritné zastúpenie kyselina D-glukurónová. Pri realizácii experimentu je možné 0,1%-ný vodný roztok D-glukózy nahradiť glukózovou lízankou. Ak sa použije v experimente lízanka, glukóza sa do roztoku uvoľňuje pomalšie a farebné zmeny sú lepšie pozorovateľné. Ako sa lízanka bude postupne rozpúšťať v roztoku obsahujúcom manganistanové anióny, bude možné pozorovať najmenej päť rôznych farieb zodpovedajúcich rôznym oxidačným stavom mangánu:

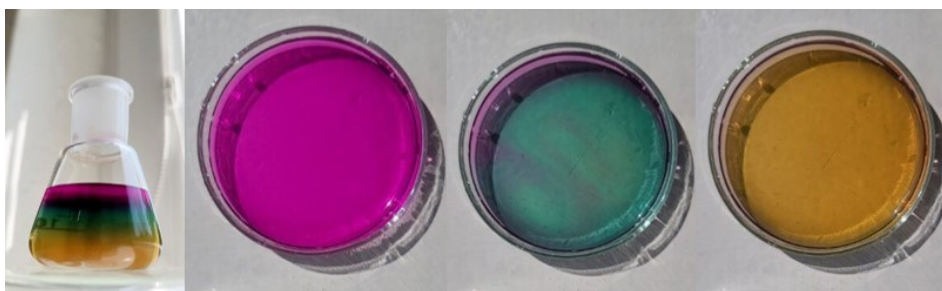
1. Prvá farba (fialová) zodpovedá manganistanovým aniónom MnO_4^- (Mn^{VII}).

2. V ďalšom kroku dôjde k redukcii Mn^{VII} na Mn^{VI} za vzniku aniónov MnO_4^{2-} , čo sa prejaví zmenou farby roztoku z fialovej na zelenú: $\text{MnO}_4^- (aq) + e^- \rightarrow \text{MnO}_4^{2-} (aq)$

Zároveň je možné pozorovať aj „prechodné modré štádium“. Toto zafarbenie reakčnej zmesi v banke môže mať dvojaké vysvetlenie. Prvým je, že modré sfarbenie vzniká ako dôsledok toho, že v zmesi v banke sú v jednom okamihu súčasne prítomné anióny MnO_4^- (fialová farba) aj anióny MnO_4^{2-} (zelená farba). Zmiešaním fialovej a zelenej farby tak vznikne modré sfarbenie roztoku. Druhým možným vysvetlením je, že časť aniónov MnO_4^- sa redukuje na anióny MnO_4^{3-} , v ktorých je mangán prítomný v oxidačnom stupni V a pre tento stav je charakteristické modré sfarbenie: $\text{MnO}_4^- (aq) + 2e^- \rightarrow \text{MnO}_4^{3-} (aq)$

3. Ióny mangánu Mn^{VI} (MnO_4^{2-}) sa v ďalšom kroku redukujú na Mn^{IV} vo forme MnO_2 , čo sa prejaví žltohnedým sfarbením reakčnej zmesi: $\text{MnO}_4^{2-} (aq) + 2\text{H}_2\text{O} (l) + 2e^- \rightarrow \text{MnO}_2 (s) + 4\text{OH}^-$



4. Nakoniec, keď sa ešte zvýši koncentrácia D-glukózy v roztoku ďalším rozpúšťaním lízanky, hnedočierny oxid manganičitý MnO_2 vytvorí v príslušnom alkalickom prostredí koloidnú suspenziu, ktorá sa pri dostatočnom zriedení prejaví oranžovým sfarbením zmesi v reakčnej banke.



Obrázok 19. Manganistanový chameleón – farebné zmeny roztoku KMnO_4 pri jeho redukcii D-glukózou

Chemikálie:

- vodný roztok D-glukózy ($w = 0,1\%$), glukózová lízanka alebo pevná D-glukóza

- hydroxid sodný (NaOH) 
- manganistan draselný (KMnO₄) 
- destilovaná voda

Pomôcky: Erlenmeyerova banka (250 ml), laboratórna lyžička, magnetické miešadlo, napeňovač mlieka

Postup: V Erlenmeyerovej banke opatrenej magnetickým miešadielkom rozpustíte za intenzívneho miešania v 35 ml destilovanej vody 0,25 g pevného hydroxidu sodného. K číremu roztoku pridajte pár kryštálikov (5–10) manganistanu draselného a zmes v banke dôkladne premiešajte. Obsah banky sa zafarbí do ružovofialova. Na záver prilejte za intenzívneho miešania k obsahu banky 50 ml 0,1%-ného vodného roztoku D-glukózy alebo doň ponorte lízanku (upevnenú na napeňovači mlieka), alebo nasypete 100 mg práškovej D-glukózy. Pozorujte farebné zmeny prebiehajúce v reakčnej zmesi.

Otázky a úlohy:

1. Napíšte vzorce nasledujúcich sacharidov: D-glukóza, D-fruktóza, sacharóza, laktóza, maltóza.
2. Rozhodnite, ktoré zo sacharidov a disacharidov uvedených v úlohe 1 sú redukujúce a ktoré neredukujúce. Svoje tvrdenie zdôvodnite.
3. Aké dôkazové reakcie ste použili na rozlíšenie redukujúcich sacharidov od neredukujúcich? Popíšte ich princíp.
4. Napíšte mechanizmus reakcie 2,4-dinitrofenylhydrazínu s formaldehydom. O aký typ reakcie z hľadiska mechanizmu sa jedná?

5. Vyberte, ktoré z nasledujúcich zlúčenín poskytnú pozitívnu jodoformovú reakciu a svoje tvrdenie zdôvodnite: metanol, propán-1-ol, propán-2-ol, bután-2-ol, formaldehyd, acetaldehyd, propanál.
6. Možno použiť jodoformovú reakciu na odlíšenie metanolu od etanolu?
7. Napíšte jodoformovú reakciu etanolu.
8. Ako by ste v laboratóriu pripravili formaldehyd a acetaldehyd? Akými dôkazovými reakciami by ste ich rozlíšili?

PRAKTICKÉ CVIČENIE Č. 6

Karboxylové kyseliny a ich deriváty

Karboxylové kyseliny sú deriváty organických zlúčenín obsahujúce vo svojej štruktúre karboxylovú funkčnú skupinu –COOH, teda funkčnú skupinu, v ktorej je hydroxylová skupina –OH priamo naviazaná na uhlíkový atóm karbonylovej skupiny –CO–.

Karboxylové kyseliny majú oveľa vyššie teploty topenia a varu ako odpovedajúce uhľovodíky, pretože vytvárajú medzimolekulové vodíkové väzby (vznik dimérov).

Karboxylové kyseliny majú kyslé vlastnosti, sú asi 10^{10} -krát silnejšími kyselinami v porovnaní s príslušnými alkoholmi, avšak oveľa slabšie kyseliny ako minerálne kyseliny.

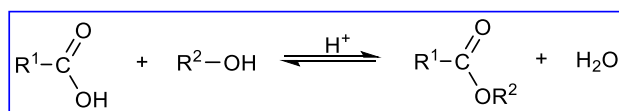
Karboxylové kyseliny sú veľmi významné zlúčeniny, často sa vyskytujú v prírode, ale slúžia aj ako východiskové látky pre prípravu mnohých derivátov.

Rozlišujeme dva typy derivátov karboxylových kyselín:

- substitučné* – sú také, kde dôjde k substitúcii jedného alebo viacerých atómov vodíka v uhlíkovom reťazci;
- funkčné* – vznikajú substitúciou hydroxylovej skupiny v karboxylovej skupine za skupinu obsahujúcu atóm s voľným elektrónovým párom (napr. estery, amidy, anhydridy, acylhalogenidy, ...).




1.1.26 Esterifikácia – príprava vonných esencií





Princíp: Estery sú kvapalné alebo tuhé látky všeobecného vzorca R^1COOR^2 a pripravujú sa najčastejšie esterifikáciou – reakciou karboxylových kyselín (resp. ich solí) s alkoholmi v prítomnosti kyslého katalyzátora:



Estery karboxylových kyselín majú často príjemnú ovocnú vôňu a používajú sa ako prísady v potravinárskom priemysle, kde sa nazývajú *esencie*. Vyskytujú sa aj v prírode a sú zodpovedné za niektoré vône a príchute ovocia.

Chemikálie:

- etanol  
- izoamylalkohol    
- kyselina mravčia  

- kyselina benzoová 
- octan sodný
- *n*-butanol 
- metanol 
- koncentrovaná kyselina sírová (H₂SO₄, w = 98%) 
- destilovaná voda

Pomôcky: sedem skúmaviek, držiak na skúmavky, stojan na skúmavky, sedem nízkych kadičiek, kahan, vodný kúpeľ, varič, pipety

Postup:

Izoamyl-acetát pripravte zmiešaním 2 ml izoamylalkoholu, 2 ml kyseliny octovej a 1 ml kyseliny sírovej v skúmavke. Reakčnú zmes následne zahrejte nad plameňom kahana, a potom obsah skúmavky vylejte do kadičky so studenou vodou pre posúdenie vône (banánová vôňa).

Metyl-benzoát pripravte zmiešaním 1 g kyseliny benzoovej, 4 ml metanolu a 1,5 ml kyseliny sírovej v skúmavke, reakčnú zmes následne zahrejte nad plameňom kahana, a potom obsah skúmavky vylejte do kadičky so studenou vodou pre posúdenie vône (prenikavý zápach po korení).

Etyl-benzoát pripravte zmiešaním 1 g kyseliny benzoovej, 4 ml etanolu a 1,5 ml kyseliny sírovej v skúmavke, reakčnú zmes následne zahrejte nad plameňom kahana, a potom obsah skúmavky vylejte do kadičky so studenou vodou pre posúdenie vône (hrušková vôňa).

Metyl-salicylát pripravte zmiešaním 1 g kyseliny salicylovej, 4 ml metanolu a asi 3 kvapiek kyseliny sírovej. Skúmavku následne ponorte do vodného kúpeľa a varte vo vriacom kúpeli 7 minút. Potom vylejte obsah skúmavky do kadičky so studenou vodou pre posúdenie vône (ester nemá výraznú vôňu).

Etyl-acetát pripravte zmiešaním 2 g bezvodého octanu sodného, 2,5 ml etanolu a 2,5 ml kyseliny sírovej v skúmavke. Reakčnú zmes následne zahrejte nad plameňom kahana, a potom obsah skúmavky vylejte do kadičky so studenou vodou pre posúdenie vône (ovocná vôňa).

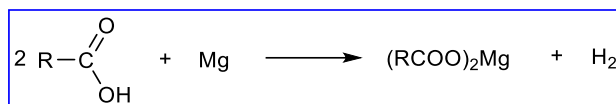
Etyl-formiát pripravte zmiešaním 2 ml kyseliny mravčej, 2,2 ml etanolu a dvoch kvapiek kyseliny sírovej v skúmavke. Reakčnú zmes následne zahrejte nad plameňom kahana, a potom obsah skúmavky vylejte do kadičky so studenou vodou pre posúdenie vône (rumová vôňa).

n-Butyl-acetát pripravte zmiešaním 2,5 ml kyseliny octovej, 2,5 ml *n*-butanolu a 0,5 ml kyseliny sírovej v skúmavke. Reakčnú zmes následne zahrejte nad plameňom kahana, a potom obsah skúmavky vylejte do kadičky so studenou vodou pre posúdenie vône (hrušková vôňa).

1.1.27 Reakcia karboxylových kyselín s horčíkom

Princíp: Sila karboxylových kyselín je daná stabilizáciou karboxylátového aniónu vzniknutého disociáciou karboxylovej kyseliny v roztoku. Karboxylátový anión je v roztoku stabilizovaný delokalizáciou záporného náboja, čím dochádza ku zvýšeniu kyslosti. *Elektrónakceptorná skupina* (napr. atóm halogénu) naviazaná na postranný reťazec karboxylovej kyseliny spôsobuje stabilizáciu záporného náboja, čím stabilizuje príslušný anión, a tak *zvyšuje kyslosť kyseliny*. Naopak, *elektrónodonorná skupina* (napr. metylová skupina) destabilizuje karboxylátový anión a *kyslosť kyseliny znižuje*.

Horčík reaguje s príslušnou karboxylovou kyselinou podľa všeobecnej reakčnej schémy:



Chemikálie:

- kyselina mravčia
- kyselina octová
- kyseliny propánová
- horčíkové piliny

Pomôcky: tri Petriho misky

Postup: Pripravte si tri Petriho misky a do každej z nich prilejte 5 ml skúmanej karboxylovej kyseliny o rovnakej koncentrácii. Následne v jednom okamihu pridajte ku každej skúmanej kyseline jednu horčíkovú pilinu približne rovnakej veľkosti. Pozorujte a zapíšte si rýchlosť, akou reakcia prebehla (najrýchlejšie vs. najpomalšie).

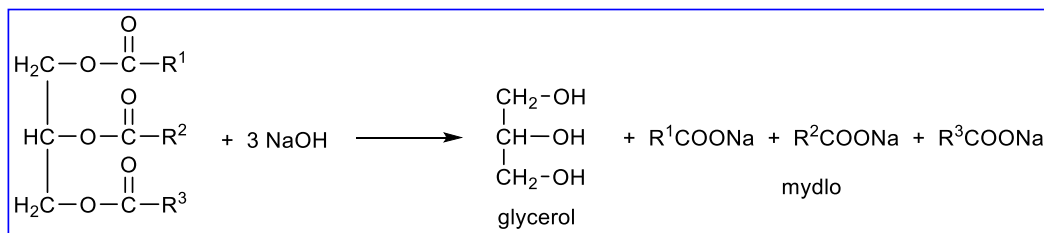
1.1.28 Alkalická hydrolýza tukov – zmydelňovanie

Tuky a oleje patria medzi významné prírodné látky. Sú to estery vyšších mastných kyselín a glycerolu.

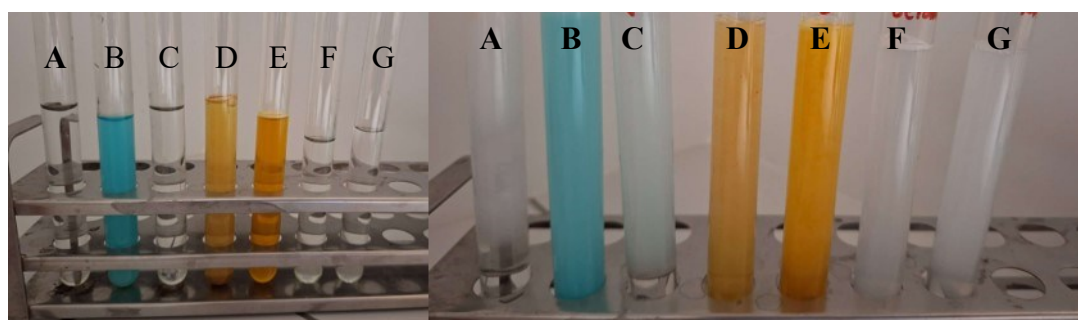
Princíp: Zmydelňovanie je alkalická hydrolýza tukov, pri ktorej vznikajú soli vyšších karboxylových (mastných) kyselín – mydlá a trojsýtny alkohol glycerol, pričom R¹, R² a R³ môžu a nemusia byť rôzne.

Tento proces je veľmi jednoduchý. Vhodný tuk sa zahrieva s nadbytkom vodného roztoku hydroxidu sodného (NaOH), pričom vzniká zmes sodných solí mastných kyselín (mydlo)

a glycerolu (mydlový glej), z ktorej sa sodné soli vysolia prídavkom nasýteného roztoku chloridu sodného:





Mydlá sú najstaršie čistiace prostriedky. Ich čistiaca schopnosť je založená na interakcii vody a oleja v prítomnosti soli mastnej kyseliny. Dlhý uhl'ovodíkový reťazec mastnej kyseliny rozpúšťa nepolárne zlúčeniny (oleje, tuky, tuhé nepolárne látky, ...), odpudzuje vodu, t. j. je *hydrofóbný*. Vysokopolárny karboxylátový anión sa vo vode veľmi ľahko hydratuje, je *hydrofilný*, t. j. vo vode rozpustný. Z uvedeného vyplýva, že keď rozpustíme mydlo vo vode, karboxylátová skupina sa rozpustí, ale uhl'ovodíkový reťazec vytvára na povrchu vody film. Keď sa roztok mydla dostane do kontaktu s nepolárnou látkou, v tej sa rozpustí uhl'ovodíková časť mydla. Keď je nečistota celkom obalená mydlom, vytvára koloidnú jednotku – *micelu*. *Micely* vo vode vytvárajú emulzie, ktoré sa potom mechanicky odstraňujú z čisteného predmetu, textílie, tela a pod. Nedostatkom mydiel je strata ich mycej a pracej aktivity v tvrdej vode obsahujúcej kationy Ca^{2+} , Mg^{2+} , Fe^{2+} a Fe^{3+} , ktoré s mydlom poskytujú nerozpustné soli a tieto sa z roztoku vylúčia, čím sa úplne stratí mycia schopnosť mydla. Aby sa tomu zabránilo, súčasne s mydlom sa používajú zmäkčovadlá vody, ktoré s uvedenými iónmi vytvárajú komplexy a zabraňujú vzniku zrazenín.



Obrázok 20. Vodné roztoky jednotlivých iónov (vľavo) a vznik zrazenín (vpravo) po pridaní roztoku mydla k roztokom solí Ca^{2+} (A), Cu^{2+} (B), Mg^{2+} (C), Fe^{2+} (D), Fe^{3+} (E), k roztoku kyseliny octovej (F) a k roztoku NaCl (G)

1.1.28.1 Príprava mydla

Chemikálie:


- etanol (10 ml) 
- hydroxid sodný (NaOH, 15 g) 
- destilovaná voda (40 ml)
- rastlinný olej (5 ml)
- nasýtený roztok chloridu sodného (NaCl)

Pomôcky: 100 ml banka s okrúhlym dnom so zábrusom, guľôčkový spätný chladič, kadička (250 ml), odmerný valec, filtračný lievik, Büchnerov lievik, odsávačka, filtračný papier, varič, olejový kúpeľ

Postup: Do 100 ml varnej banky dajte varný kamienok a nalejte 40 ml destilovanej vody, do ktorej postupne pridáte 10 ml etanolu a na záver 15 g pevného hydroxidu sodného. Po úplnom rozpustení celého množstva hydroxidu sodného pridajte ku reakčnej zmesi v banke 5 ml rastlinného oleja a banku s reakčnou zmesou refluxujte na olejovom kúpeľi pod spätným chladičom približne 40 min. Po skončení reakcie nechajte banku s reakčnou zmesou trochu vychladnúť, a potom jej obsah vylejte do kadičky so 120 ml studeného nasýteného vodného roztoku chloridu sodného. V kadičke sa začnú zrážať biele vločky mydla, ktoré odsajte cez Büchnerov lievik (3 filtračné papiere).

1.1.28.2 Vlastnosti mydla

Chemikálie:

- vodné roztoky kovových iónov: Ca^{2+} , Cu^{2+} , Mg^{2+} , Fe^{2+} , Fe^{3+} (w = 10%)
- vodný roztok kyseliny octovej (CH_3COOH , w = 20%) 
- vodný roztok chloridu sodného (NaCl, w = 3%)
- olej
- destilovaná voda

Pomôcky: osem vysokých skúmaviek, stojan na skúmavky, odmerné valce, kadička, pipety, gumená zátka, indikátorový pH papierik

Postup:

- A) Mydlo, pripravené v časti 7.1.3.1, rozpustíte v 20 ml destilovanej vody a indikátorovým papierikom zistíte pH roztoku pripraveného mydla.
- B) Do stojana na skúmavky si pripravte päť skúmaviek, do ktorých odmerajte pipetou po 2 ml z pripravených 10%-ných vodných roztokov kovových iónov Ca^{2+} , Cu^{2+} , Mg^{2+} ,

Fe^{2+} , Fe^{3+} a následne do každej skúmavky pridajte rovnaký objem z pripraveného roztoku mydla. Čo pozorujete?

- C) Do skúmavky nalejte 2 ml 20%-ného vodného roztoku kyseliny octovej a pridajte 2 ml mydlovej vody. Čo pozorujete?
- D) Do skúmavky nalejte 2 ml 3%-ného vodného roztoku NaCl a pridajte k nemu rovnaký objem mydlovej vody. Čo pozorujete?.
- E) Do skúmavky nalejte 2 ml destilovanej vody a k nej pridajte 1 ml oleja. Olej sa s vodou nemieša a zostane na jej hladine. K tomuto dvojfázovému systému pridajte 4 ml roztoku mydla, skúmavku uzatvorte gumenou zátkou a jej obsah dôkladne pretrepte. Čo ste počas experimentu pozorovali?

Otázky a úlohy:

1. Napíšte reakcie uskutočnených esterifikačných reakcií, pomenujte pripravené produkty a napíšte, akú vôňu ste cítili po vylíatí reakčných zmesí do studenej vody.
2. Napíšte mechanizmus jednej z uskutočnených esterifikačných reakcií. Prečo sa pri esterifikačných reakciách používal nadbytok alkoholu?
3. Ktorá z karboxylových kyselín v experimente 7.1.2 reagovala najbúrlivejšie a prečo? Zapište prebiehajúcu chemickú reakciu chemickou rovnicou.
4. Ktorá z uvedených kyselín: kyselina mravčia, kyselina octová, kyselina propiónová, kyselina trifluóroctová je najsilnejšia a ktorá najslabšia? Svoje tvrdenie zdôvodnite.
5. Napíšte vzorce vyšších mastných kyselín: kyselina palmitová, kyselina stearová, kyselina olejová, kyselina linolová a kyselina linolénová.
6. Ktorým pokusom v experimente 7.1.3.2 ste interpretovali emulgačnú schopnosť mydla?
7. Čo ste pozorovali v pokuse B v experimente 7.1.3.2?
8. Čo ste pozorovali v pokuse C v experimente 7.1.3.2? Prebiehajúci dej vyjadrite chemickou rovnicou.
9. Čo ste pozorovali v pokuse D v experimente 7.1.3.2 a prečo?

PRAKTICKÉ CVIČENIE Č.7

Prírodné látky

1.1.29 Sacharidy

Sacharidy patria medzi najrozšírenejšie zložky rastlín a živočíchov. V zelených častiach rastlín vznikajú sacharidy procesom fotosyntézy. Pre živý organizmus sú sacharidy nielen zdrojom chemickej energie, ale tvoria aj podporné tkanivá rastlín a sú aj zásobnými látkami (škrob, glykogén).

Sacharidy sa zvyčajne definujú ako polyhydroxyaldehydy a polyhydroxyketóny alebo ako látky, ktoré ich hydrolýzou poskytujú. Táto definícia, zdôrazňujúca funkčné skupiny sacharidov, nie je úplne presná, pretože sacharidy sa najčastejšie vyskytujú v cyklickej forme ako poloacetály alebo acetály. Sacharidy je súborný názov pre monosacharidy, oligosacharidy a polysacharidy.

Monosacharidy sú jednoduché sacharidy, ktorých hydrolýza neposkytuje už nižšie sacharidové jednotky. Patria sem **aldózy** (polyhydroxyaldehydy) a **ketózy** (polyhydroxyketóny) s najmenej tromi atómami uhlíka v molekule. Podľa počtu uhlíkov v molekule rozlišujeme v prípade aldóz *triózy* (tri atómy uhlíka), *tetrózy* (štyri atómy uhlíka), *pentózy* (päť atómov uhlíka), *hexózy* (šesť atómov uhlíka) a v prípade ketóz sú to *tetrulózy* (štyri atómy uhlíka), *pentulózy* (päť atómov uhlíka), atď.

Oligosacharidy sú sacharidy zložené z dvoch až desiatich monosacharidových jednotiek viazaných glykozidickou väzbou medzi poloacetálovou hydroxyskupinou jednej molekuly monosacharidu a jednou z hydroxylových skupín druhej molekuly toho istého alebo iného monosacharidu.

Oligosacharidy zložené z dvoch molekúl rovnakých alebo rôznych monosacharidov sa nazývajú disacharidy, ktoré sa delia na *redukujúce* a *neredukujúce*.

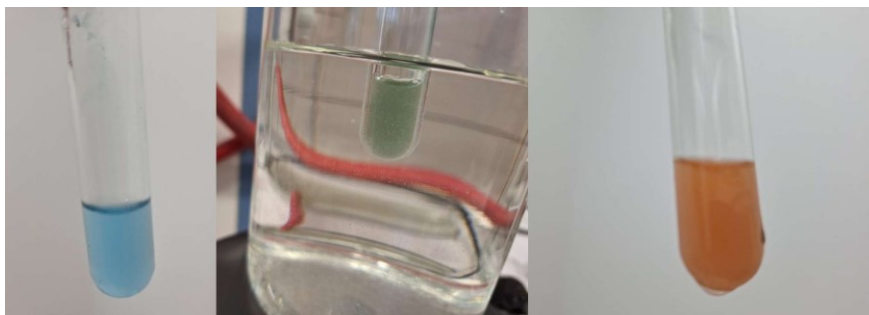
Ak je v molekule disacharidu aspoň jedna z poloacetálových hydroxyskupín voľná, t. j. nie je zapojená do glykozidickej väzby, *disacharid je redukujúci*, napr. maltóza, laktóza a celobióza.

Ak v molekule disacharidu nie je voľná ani jedna z poloacetálových hydroxylových skupín, t. j. glykozidická väzba je práve medzi dvoma poloacetálovými hydroxylmi, hovoríme o *neredukujúcom disacharide* (napr. sacharóza).

Polysacharidy je súborný názov pre vysokomolekulové sacharidy. V prírode sú veľmi rozšírené a vo vode sú zväčša nerozpustné. Najdôležitejšími polysacharidmi, ktorých základnou stavebnou jednotkou je D-glukóza, sú škrob, glykogén a celulóza.

1.1.29.1 Coleov test – dôkaz glukózy

Princíp: D-glukóza v bázičkom prostredí (Na_2CO_3) v prítomnosti meďnatých katiónov a glycerolu poskytuje po zahriatí žltú až červenú zrazeninu.



Obrázok 21. Dôkaz D-glukózy pomocou Coleovho testu v priebehu času

Chemikálie:

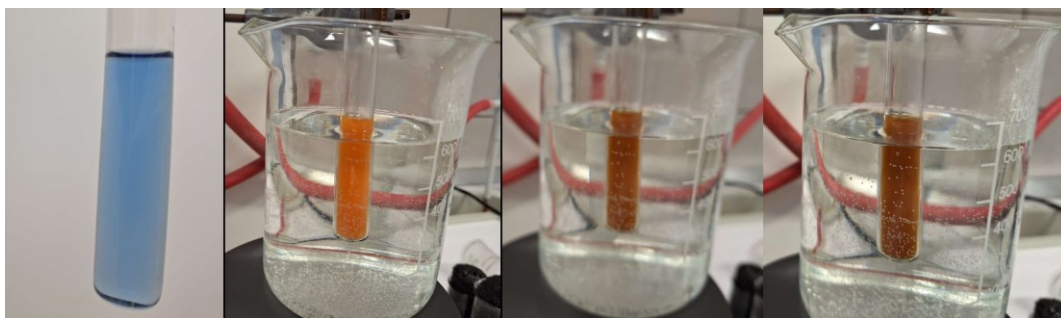
- vodný roztok D-glukózy (w = 1%)
- bezvodý uhličitan sodný (Na_2CO_3) ⚠
- vodný roztok síranu meďnatého (w = 1%) ⚠ ⚡
- Glycerol (w = 99%)

Pomôcky: hrubostenná skúmavka, držiak na skúmavky, vodný kúpeľ (kadička s vodou), varič

Postup: K 2 ml 1%-ného vodného roztoku D-glukózy v skúmavke pridajte na špičke špachtle trošku bezvodého uhličitanu sodného (Na_2CO_3), dve kvapky glycerolu a jednu kvapku 1%-ného vodného roztoku síranu meďnatého (CuSO_4). Reakčnú zmes v skúmavke povarte na vriacom vodnom kúpeli a pozorujte prebiehajúce farebné zmeny.



1.1.29.2 Farebné reakcie D-glukózy

Princíp: Pri zahriatí roztoku D-glukózy s hydroxidom sodným (NaOH) v prítomnosti meďnatých iónov Cu^{2+} vzniká tmavomodrý roztok koordinačnej zlúčeniny meďnatých iónov s hydroxylovými skupinami D-glukózy. Zahriatím dochádza k oxidácii D-glukózy a meďnatý katión Cu^{2+} sa redukuje na červenohnedý oxid meďný (Cu_2O).



Obrázok 22. Farebné reakcie D-glukózy v priebehu času

Chemikálie:

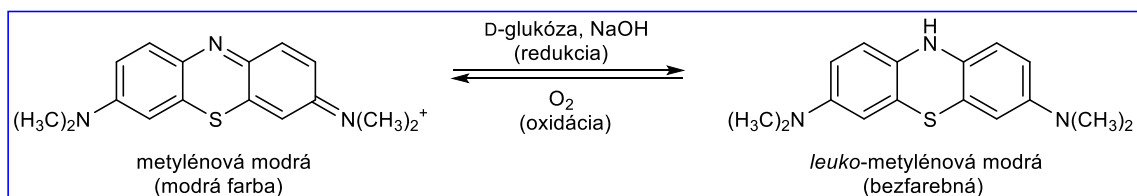
- D-glukóza
- vodný roztok hydroxidu sodného (NaOH, w = 11%) 
- vodný roztok síranu meďnatého (CuSO₄, w = 7%) 
- destilovaná voda

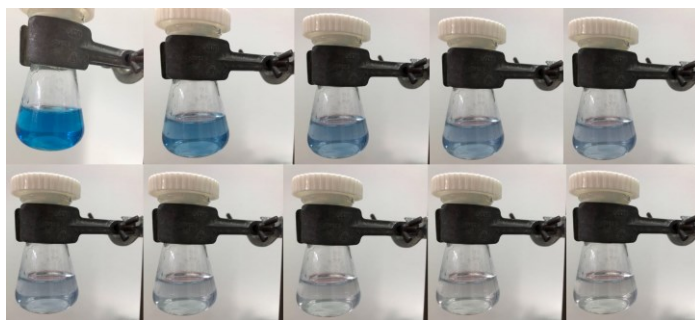
Pomôcky: skúmavka, vodný kúpeľ, varič

Postup: V skúmavke rozpustíte 0,5 g D-glukózy v 2 ml destilovanej vody, pridajte 4 ml roztoku hydroxidu sodného a niekoľko kvapiek roztoku síranu meďnatého. Obsah skúmavky zahrejte vo vriacom vodnom kúpeli a pozorujte zmenu zafarbenia roztoku.

1.1.29.3 Redukcia metylénovej modrej - oxidácia glukózy vzdušným kyslíkom

Princíp: Alkalický roztok D-glukózy pôsobí ako redukčné činidlo, ktoré redukuje pridanú metylénovú modrú z modrej na bezfarebnú *leuko*-formu a D-glukóza sa zároveň oxiduje na kyselinu D-glukónovú. Pretrepávaním reakčnej zmesi v banke sa zvýši koncentrácia kyslíka v zmesi, čo spôsobí, že *leuko*-metylénová modrá sa oxiduje späť na modrú formu. Po spotrebovaní rozpusteného kyslíka sa metylénová modrá pomaly redukuje späť na bezfarebnú formu zvyšnou glukózou a cyklus sa môže ďalším pretrepaním mnohokrát opakovať:





Obrázok 23. Redukcia metylénovej modrej – oxidácia glukózy vzdušným kyslíkom

Chemikálie:

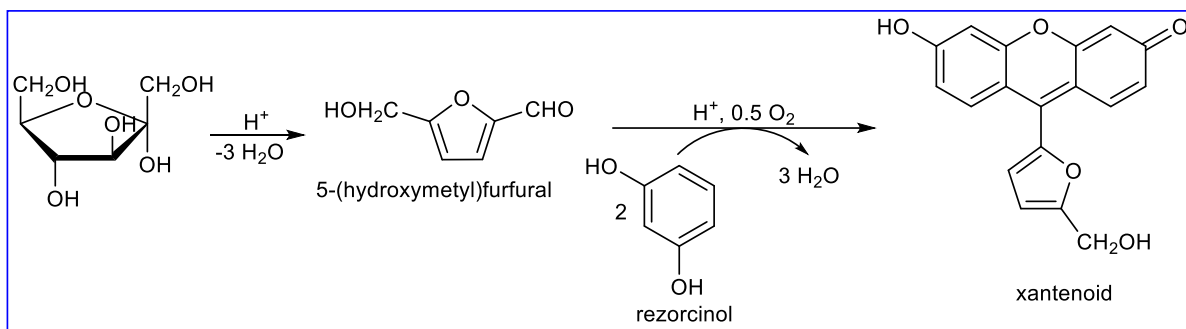
- D-glukóza
- hydroxid sodný (NaOH)
- etanolový roztok metylénovej modrej (w = 0,1%; 50 mg metylénovej modrej sa rozpustí v 50 ml bezvodého etanolu)
- destilovaná voda

Pomôcky: Erlenmayerova banka so zábrusom, plastová zátka, sklená tyčinka

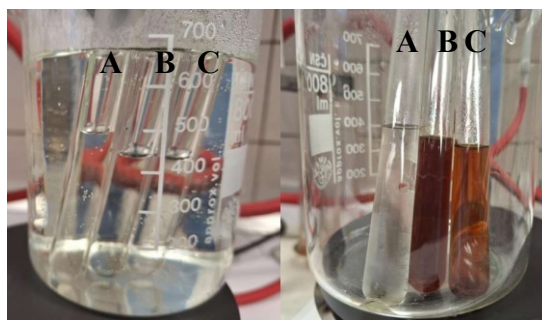
Postup: K roztoku pripravenému rozpustením 1 g D-glukózy v 30 ml destilovanej vody v Erlenmayerovej banke opatrne pridajte za intenzívneho miešania sklenou tyčinkou 0,6 g pevného hydroxidu sodného. Následne ku zmesi v banke pridajte 0,5 ml 0,1%-ného etanolového roztoku metylénovej modrej a obsah banky premiešajte. Intenzívne modré zafarbenie časom vymizne. Pre obnovenie modrého sfarbenia treba zmes v banke opäť pretrepať resp. premiešať.

1.1.29.4 Selivanova reakcia sacharidov

Selivanov test sa v praxi používa na rozlíšenie aldóz a ketóz. Reakciou Selivanovho činidla (kyselina chlorovodíková a rezorcinol) s ketózami a disacharidmi dochádza ku vzniku červeného sfarbenia v priebehu jednej minúty, zatiaľ čo v prípade aldóz dochádza k farebnej zmene až po približne piatich minútach. Vzniknuté červené zafarbenie roztoku vzniká ako dôsledok reakcie rezorcinolu (prvá zložka Selivanovho činidla) s hydrolytickými produktami sacharidov, vznikajúcimi ich zahrievaním v prítomnosti kyseliny chlorovodíkovej (druhá zložka Selivanovho činidla). Ketózy v prostredí koncentrovanej kyseliny chlorovodíkovej dehydratujú rýchlejšie ako aldózy za vzniku 5-hydroxymetylfurfuralu. Ten následne reaguje s dvoma ekvivalentmi rezorcinolu v sérii kondenzačných reakcií za vzniku komplexu nazývaného *xantenoid*, ktorý je charakteristický svojou tmavočervenou farbou:




POZOR! Počas dlhšieho varu môže dôjsť katalytickým pôsobením kyseliny k transformácii glukózy na fruktózu, čoho dôsledkom bude vznik komplexu čerešňovo červenej farby, a teda falošne pozitívny výsledok testu.



Obrázok 24. Selivanov test na rozlíšenie aldóz (D-glukóza – A) od ketóz (D-fruktóza – B) a disacharidov (sacharóza – C)

Selivanovo činidlo sa pripraví rozpustením 50 mg rezorcinolu v 33 ml koncentrovanej kyseliny chlorovodíkovej v 100 ml odmernej banke a následným doplnením objemu po rysku destilovanou vodou.

Chemikálie:

- vodný roztok D-fruktózy (w = 1%)
- vodný roztok D-glukózy (w = 1%)
- vodný roztok sacharózy (w = 1%)
- Selivanovo činidlo 

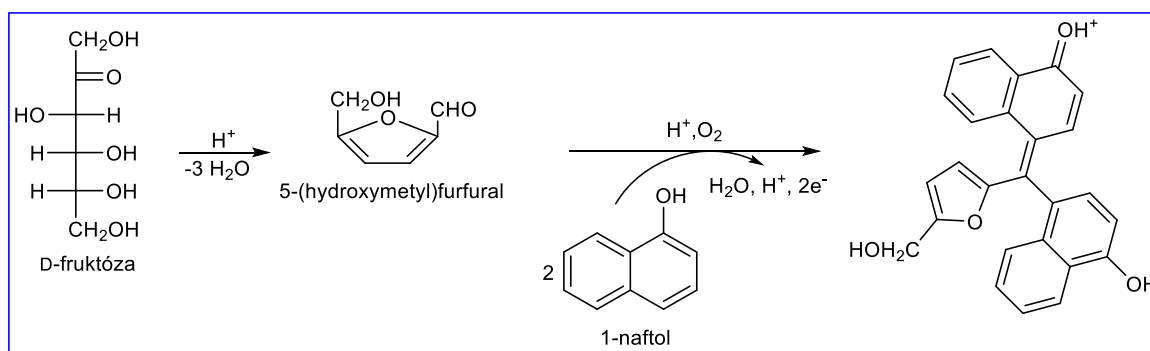
Pomôcky: tri hrubostenné skúmavky, stojan na skúmavky, držiak na skúmavky, vodný kúpeľ (kadička s vodou), varič

Postup: Do stojana si pripravte tri hrubostenné skúmavky, do ktorých si pripravíte zodpovedajúce reakčné zmesi zmiešaním 3 ml roztoku príslušného sacharidu s 3 ml

Selivanovho činidla. Skúmavky opatrne vložte do vriaceho vodného kúpeľa a stanovte čas potrebný na vznik farebnej zmeny. Sledované zmeny popíšte a vysvetlite.

1.1.29.5 Molischova reakcia sacharidov

Princíp: Molischov test sa používa na dôkaz prítomnosti sacharidov v analyzovanej vzorke. Tento test je pomenovaný po česko-rakúskom botanikovi Hansovi Molischovi, ktorý sa zaslúžil o jeho objav. Princíp tejto dôkazovej reakcie spočíva v pridaní Molischovho činidla (roztok α -naftolu v etanole) a niekoľkých kvapiek koncentrovanej kyseliny sírovej k analytu. V prípade, ak sú vo vzorke prítomné sacharidy, pozitívny výsledok sa prejaví vytvorením fialového alebo purpurovo-červeného prstenca v mieste kontaktu medzi kyselinou sírovou a analytu s prídavkom Molischovho činidla:



Molischovo činidlo sa pripraví rozpustením 3,75 g α -naftolu v 25 ml absolútneho etanolu (99%).

Chemikálie:

- vodný roztok D-fruktózy (w = 1%)
- vodný roztok D-glukózy (w = 1%)
- vodný roztok sacharózy (w = 1%)
- vodný roztok D-galaktózy (w = 1%)
- vodný roztok maltózy (w = 1%)
- Molischovo činidlo
- koncentrovaná kyselina sírová (H_2SO_4 , w = 98%)

Pomôcky: päť hrubostenných skúmaviek, stojan na skúmavky, držiak na skúmavky, odmerné valce, pipeta

Postup: Do stojana si pripravte päť hrubostenných skúmaviek, do ktorých si pripravte po 4 ml roztoku príslušného sacharidu a do každej skúmavky pridajte niekoľko kvapiek Molischovho činidla. Následne do každej skúmavky opatrne, po stene skúmavky, pridajte po 4 ml

koncentrovanej kyseliny sírovej tak, aby vznikli dve zreteľne oddelené vrstvy. Na fázovom rozhraní pozorujte vznik fialového prsteňa, ktorý je dôkazom prítomnosti sacharidu v analyzovanej vzorke.

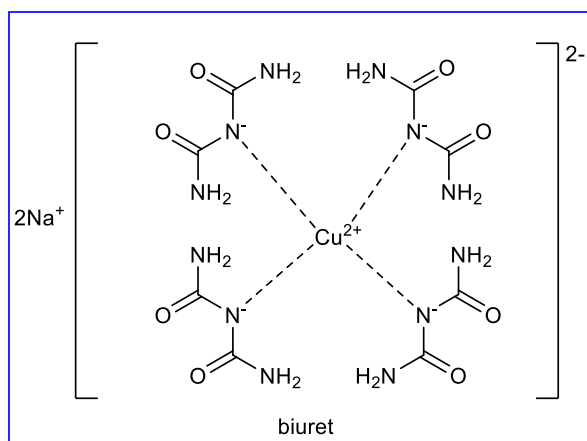
1.1.30 Bielkoviny (proteíny)

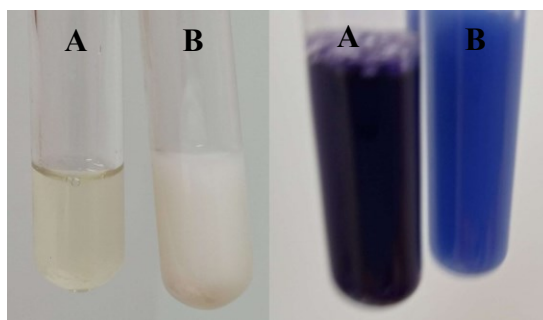
Proteíny sú polyamidy a ich monoméne jednotky sú α -aminokyseliny. Všetky aminokyseliny, okrem glycínu, prítomné v bielkovinách sú chirálne a majú L-konfiguráciu.

Proteíny, podobne ako polysacharidy a nukleové kyseliny, predstavujú dôležitú skupinu biopolymérov. Proteíny v živom organizme plnia viacero funkcií: regulačnú ako enzýmy a hormóny, podpornú – tvoria svaly, šľachy, kožu, vlasy a ochrannú ako protilátky. Tieto rôzne funkcie bielkovín sú dôsledkom toho, že ich molekuly majú rôzny tvar a rôznu veľkosť.

1.1.30.1 Biuretova reakcia



Princíp: *Biuretova reakcia* je charakteristická pre peptidovú väzbu $-\text{CO}-\text{NH}-$. Bielkoviny a peptidy dávajú v zásaditom prostredí s meďnatými iónmi Cu^{2+} farebný komplex. Pre jeho vznik sú potrebné dve peptidové väzby, teda aspoň tripeptid. Biuretova reakcia s močovinou je negatívna, ale po zahriatí močoviny na $160\text{ }^\circ\text{C}$ vzniká biuret $\text{NH}_2\text{CONHCONH}_2$, ktorý poskytuje, rovnako ako peptidové väzby bielkovín, s meďnatými kationmi fialový komplex. Zafarbenie komplexu závisí od veľkosti molekuly peptidu – čím je molekula menšia, tým je červenší. Veľké bielkoviny dávajú fialové zafarbenie, peptidy červené.





Obrázok 25. Biuretova reakcia – dôkaz prítomnosti peptidov vo vaječnom bielku (A) a mlieku (B)

Chemikálie:

- vodný roztok hydroxidu sodného (NaOH, w = 11%) 
- vodný roztok síranu meďnatého (CuSO₄, w = 7%) 
- roztok vaječného bielka (1 bielok v 50 ml vody)
- roztok nízkotučného mlieka (1 diel mlieka + 5 dielov vody)
- močovina

Pomôcky: dve tenkostenné skúmavky, hrubostenná skúmavka, gumené zátky, stojan na skúmavky, držiak na skúmavky, odmerný valec, kahan

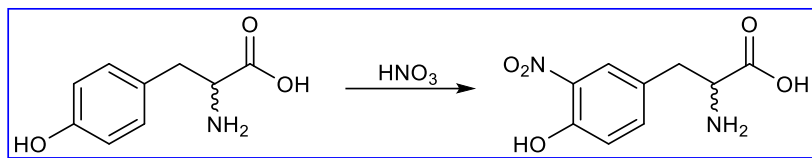
Postup: Do stojana na skúmavky si pripravte dve skúmavky. Do jednej odmerajte 2 ml roztoku vaječného bielka a do druhej odmerajte 2 ml nízkotučného mlieka. Do oboch skúmaviek pridajte po 0,5 ml vodného roztoku síranu meďnatého a na záver po 2 ml 11%-ného vodného roztoku hydroxidu sodného. Obe skúmavky zazátkujte a dôkladne ich pretrepte. Popíšte pozorované farebné zmeny.

Do suchej hrubostennej skúmavky navážte približne 1,0 g kryštalickej močoviny a obsah skúmavky opatrne zahrejte nad plameňom kahana, kým sa kryštály nerozpustia a nevznikne biela látka. Po vychladnutí obsahu skúmavky pridajte do skúmavky 0,5 ml roztoku síranu meďnatého, 2 ml roztoku hydroxidu sodného a skúmavkou následne dôkladne pretrepte a pozorujte farebné zmeny.

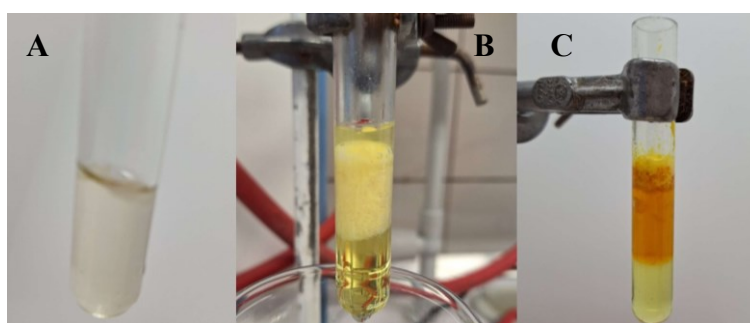
1.1.30.2 Xantoproteínová reakcia

Princíp: *Xantoproteínová reakcia* sa používa na detekciu resp. dôkaz aminokyselín obsahujúcich vo svojej štruktúre aromatické jadro (predovšetkým tyrozínu – Tyr, tryptofánu – Trp, minoritne fenylalanínu – Phe) v bielkovinách. Zahriatím roztoku bielkoviny s koncentrovanou kyselinou dusičnou dochádza k elektrofilnej substitúcii na aromatickom jadre za vzniku žlto sfarbených nitro-zlúčenín (z gréckeho slova *xanthos* = žltý). Fenylalanín aj napriek tomu, že je v jeho štruktúre prítomné benzénové jadro, dáva negatívnu resp. slabou

pozitívnu reakciu, pretože za normálnych podmienok uňho prebieha nitrácia len veľmi ťažko. Po pridaní koncentrovaného hydroxidu amónneho alebo hydroxidu sodného k roztoku vzniknutej nitrozlučieniny sa jeho farba zmení zo žltej na oranžovú v dôsledku vzniku sodnej soli tautomérnej formy pôvodnej nitrozlučieniny:



Takisto aj žlté prsty po poliatí sa kyselinou dusičnou sú výsledkom xantoproteínovej reakcie aminokyselín nachádzajúcich sa v bielkovinách pokožky.



Obrázok 26. Xantoproteínová reakcia – roztok vaječného bielka (A), roztok vaječného bielka po pridaní HNO_3 a zahriatí (B) a zmena sfarbenia roztoku po prídavku NH_4OH (C)

Chemikálie:

- koncentrovaná kyselina dusičná (HNO_3 , w = 65%)
- koncentrovaný hydroxid amónny (NH_4OH , w = 28%)
- vodný roztok hydroxidu sodného (NaOH , w = 40%)
- roztok vaječného bielka (1 bielok v 50 ml vody)

Pomôcky: hrubostenná skúmavka, držiak na skúmavky, vodný kúpeľ (kadička s vodou), varič

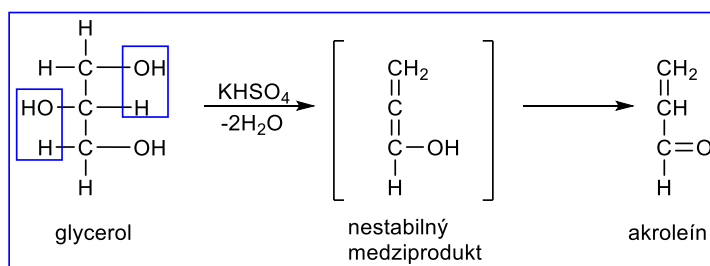
Postup: Do skúmavky nalejte 2 ml roztoku vaječného bielka a pridajte k nemu 2 ml koncentrovanej kyseliny dusičnej. Obsah skúmavky opatrne zahrievajte vo vodnom kúpeli po dobu 2 minút. Po ochladení skúmavky na laboratórnu teplotu pozorujte vznik žltého sfarbenia, ktoré je charakteristické pre xantoproteínovú reakciu bielkovín. Následne k obsahu skúmavky opatrne pridajte v digestore koncentrovaný roztok amoniaku až do alkalického reakcie na lakmus alebo 2 ml 40%-ného vodného roztoku hydroxidu sodného, čo sa prejaví zmenou zafarbenia roztoku v skúmavke.

1.1.31 Lipidy

Lipidy sú prírodné estery karboxylových kyselín, ktoré majú dôležitú úlohu v mnohých biologických procesoch. Lipidy môžu byť rastlinného alebo živočíšneho pôvodu. Pre kvapalné tuky sa používa názov oleje. Podstatnou zložkou tukov sú estery mastných kyselín a trojsýtného alkoholu glycerolu, z čoho sa odvodzuje aj ich označenie glyceridy. Kyselinovou zložkou tukov sú nerozvetvené karboxylové kyseliny so štyrmi až dvadsiatimi atómami uhlíka, avšak len s párnym počtom uhlíkových atómov. Tieto zvyšky karboxylových kyselín môžu byť nasýtené alebo nenasýtené. Tuky obsahujúce vo svojej štruktúre iba zvyšky nasýtených karboxylových kyselín sú stále. Avšak tuky obsahujúce vo svojej štruktúre zvyšky nenasýtených kyselín stáť ziskávajú nepríjemný zápach a menia aj chuťové vlastnosti, a tento proces sa označuje ako tzv. tučnutie tukov.

1.1.31.1 Dôkaz glycerolu v tukoch – akroleínový test

Princíp: Akroleínový test sa používa na zistenie prítomnosti glycerolu alebo všeobecne tukov v analyzovanej vzorke. Pri zahrievaní tukov v prítomnosti dehydratačného činidla, akým je hydrogénsíran draselný (KHSO_4), glycerolová časť molekuly tukov sa dehydratuje za vzniku nenasýteného aldehydu, akroleínu (ako bolo uvedené v 5.1.1.4):



Vznikajúci *akroleín* je možné identifikovať na základe jeho prenikavého dráždivého zápachu alebo podľa jeho redukčných vlastností.

Chemikálie:

- hydrogénsíran draselný (KHSO_4)
- hydrogénsiričitan sodný (NaHSO_3)
- Schiffovo činidlo
- vodný roztok manganistanu draselného (KMnO_4 , w = 10%)
- brómová voda (roztok brómu vo vode, c = 0,1–1 mol.dm⁻³)
- rastlinný olej alebo bravčová masť

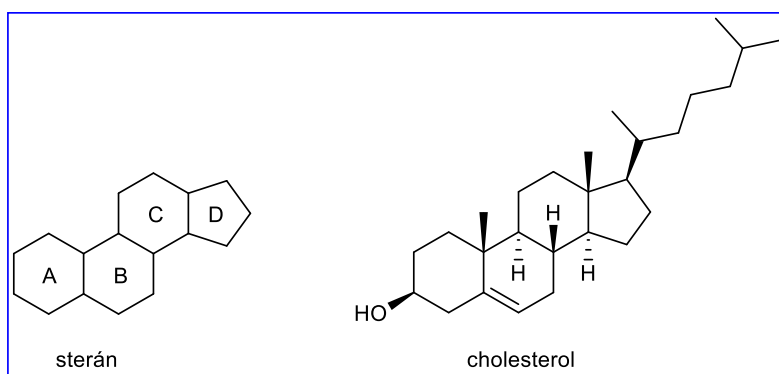
Pomôcky: hrubostenná skúmavka, zátka s odvodnou trubičkou, držiak na skúmavky, tri hodinové sklíčka, kvapkadlo, nôž, kahan

Postup:

- A)** Pripravte si suchú hrubostennú skúmavku, do ktorej dáte 3 kvapky rastlinného oleja alebo kúsok bravčovej masti na špičke noža a pridáte 0,3 g hydrogénsiričitanu sodného (NaHSO_3) alebo hydrogénsíranu draselného (KHSO_4). Skúmavku uzatvorte zátkou s odvodnou trubičkou a opatrne ju zahrievajte nad plameňom kahana, až kým sa nezačne uvoľňovať plyn štipľavého zápachu (ku skúmavke neprivoniavame priamo, ale plyn si priháňame k nosu rukou). V zahrievaní pokračujte ďalej, pretože akroleín potrebujete aj v ďalších experimentoch (B, C).
- B)** Pripravte si 2 hodinové sklička. Na jedno skličko kvapnite pár kvapiek brómovej vody a na druhé pár kvapiek roztoku manganistanu draselného, a týmito roztokmi nechajte prebublávať vznikajúci akroleín unikajúci cez odvodnú trubičku. Pozorujte prebiehajúce farebné zmeny.
- C)** Na hodinové skličko kvapnite pár kvapiek Schiffovho činidla, do ktorého ponorte odvodnú trubičku s unikajúcim akroleínom a pozorujte farebné zmeny.

1.1.31.2 Dôkaz cholesterolu – Liebermannov-Burchardov test




Cholesterol je lipid, ktorý patrí do skupiny steroidov a základom jeho štruktúry je sterán – cyklopentanoperhydrofenantrén. Jeho názov pochádza z gréčtiny – *chole* = žlč a *stereos* = pevný, pretože cholesterol bol prvýkrát izolovaný zo žlčových kameňov. Cholesterol je životne dôležitá látka, ktorá je súčasťou bunkových membrán, nervových obalov, steroidných hormónov a žlčových kyselín. Cholesterol obsahuje v kruhu B dvojitú väzbu a hydroxylovú skupinu $-\text{OH}$ v polohe 3 na kruhu A – radí sa do skupiny sterolov (steroidných alkoholov).



Princíp: Mechanizmus dôkazovej reakcie cholesterolu je veľmi zložitý. Cholesterol v prítomnosti acetanhydridu (rozpúšťadlo a dehydratačné činidlo) podlieha dehydratácii za vzniku 3,5-cholestadiénu, ktorý dimerizuje za vzniku bis(cholestadiénu), a ten následne reaguje

s kyselinou sírovou (oxidačné a dehydratačné činidlo) za vzniku farebných sulfónových derivátov. Farba reakčnej zmesi sa s časom mení od ružovej, cez červenú, fialovú až po zelenú.

Chemikálie:



- chloroform (CHCl₃) 
- acetanhydrid 
- koncentrovaná kyselina sírová (H₂SO₄, w = 98%) 
- bravčová masť

Pomôcky: tenkostenná skúmavka

Postup: V skúmavke rozpustíte malý kúsok bravčovej masti v 2 ml chloroformu a postupne pridajte 10 kvapiek acetanhydridu a 2–3 kvapky koncentrovanej kyseliny sírovej. Pozorujte zmenu sfarbenia zmesi v skúmavke v závislosti od času.

1.1.31.3 Dôkaz nenasýtenosti tukov

Chemikálie:

- brómová voda (roztok brómu vo vode, c = 0,1–1 mol.dm⁻³) 
- vodný roztok manganistanu draselného (KMnO₄, w = 10 %) 
- rastlinný olej

Pomôcky: dve tenkostenné skúmavky, dve gumené zátky

Postup:

- A)** V skúmavke zmiešajte 2 ml rastlinného oleja s 2 ml brómovej vody a skúmavku uzatvorte zátkou. Obsah skúmavky poriadne pretrepte. Aké farebné zmeny ste pozorovali?
- B)** V skúmavke zmiešajte 1 ml rastlinného oleja s 1 ml 10%-ného vodného roztoku manganistanu draselného (KMnO₄) a skúmavku uzatvorte zátkou. Obsah skúmavky poriadne pretrepte. Aké farebné zmeny ste pozorovali?

Otázky a úlohy:

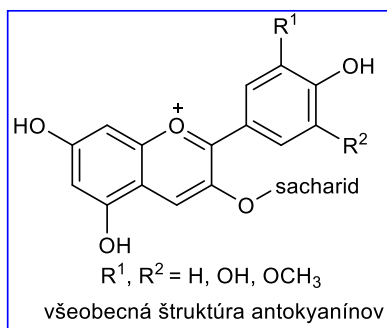
1. Akými reakciami by ste dokázali prítomnosť D-glukózy v analyzovanej vzorke?
2. Aký test sa používa na rozlíšenie aldóz od ketóz? V čom spočíva jeho princíp?
3. Napíšte reakciu nitrácie tyrozínu. Čo sa stane po pridaní roztoku NaOH k vznikajúcemu produktu? Ako sa prejaví táto zmena štruktúry produktu vizuálne?
4. Ako by ste dokázali prítomnosť glycerolu v tukoch?
5. Prečo došlo k odfarbeniu roztoku brómovej vody a roztoku KMnO_4 pri reakcii s akroleínom? Prebiehajúce deje vyjadrite chemickými rovnicami.
6. Pomenujte akroleín substitučným systémovým názvom.
7. Čo ste pozorovali v prípade reakcie akroleínu so Schiffovým činidlom? Prítomnosť akej funkčnej skupiny v jeho štruktúre ste takto dokázali?

PRAKTICKÉ CVIČENIE Č. 8

Rastlinné farbivá ako univerzálny indikátor

1.1.32 Červená kapusta a pH

Chemikálie vhodné na uskutočnenie experimentov sa okrem chemického laboratória dajú nájsť aj v prírode a rovnako v kuchyni. Červenú kapustu môžeme použiť ako univerzálny acidobázický indikátor, keďže jej výluh mení svoju farbu (červená, modrofialová, modrá, zelená, žltá) v závislosti od kyslosti či zásaditosti prostredia, v ktorom sa nachádza. Výluh obsahuje zmes organických farbív nazývaných *antokyaníny*, ktorých farba závisí jednak od druhu rastliny a rovnako od pH roztoku, do ktorého sú pridávané.

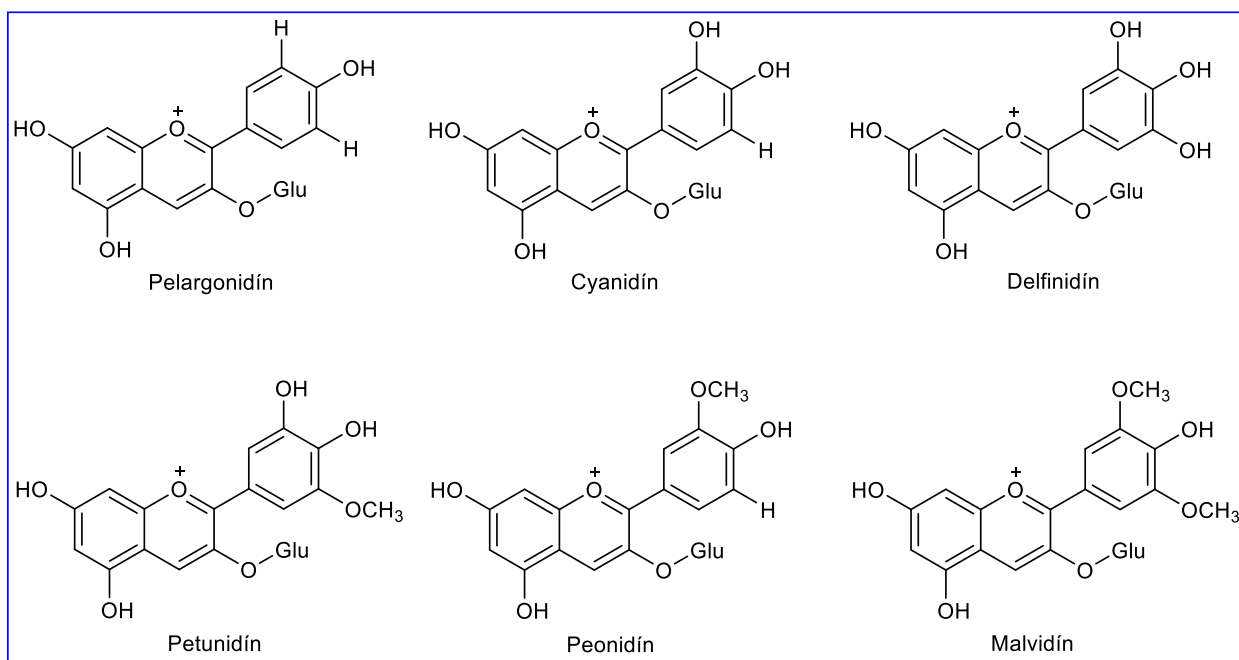


Princíp: Pri roztoku s hodnotou pH = 0–6 (kyslý roztok) sa pozorujú, pri použití výluhu z červenej kapusty ako indikátora, rôzne odtiene červenej farby, pri pH ≈ 6 je farba roztoku antokyanínov červenofialová až fialová, pri pH = 7–10 prechádza roztok antokyanínov rôznymi odtieňmi modrej farby, pri pH = 10–12 sa pozoruje zelené sfarbenie roztoku a pri pH > 12 olivovo zelené až žlté sfarbenie.



Obrázok 27. Zmena zafarbenia roztokov antokyanínov v závislosti od pH – od pH = 1 až po pH = 14 (zľava doprava)

Pre ilustráciu sú na obrázku uvedené rôzne štruktúry známych antokyanínov:



1.1.32.1 Zmena pH vodného roztoku amoniaku

Chemikálie:

- 300 ml výluhu z červenej kapusty (roztok antokyanínov)
- koncentrovaný hydroxid amónny (NH₄OH, w = 28%)
- chlorid amónny (NH₄Cl)

Pomôcky: kadičky, sklené tyčinky, 50 ml odmerná banka, odmerné valce, zátka

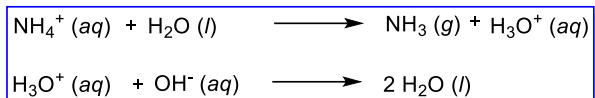
Postup: Najprv si pripravte nasledujúce roztoky:

1. Roztok antokyanínov, ktorý budete potrebovať vo všetkých nasledujúcich experimentoch, si pripravte z dvoch listov červenej kapusty, ktoré natrháte na malé kúsky a krátko (5–10 minút) povaríte v kadičke s 300 ml destilovanej vody. Zmes nechajte vychladnúť a pripravený výluh opatrne po vychladnutí zlejte.
2. Vodný roztok amoniaku pripravte do 50 ml odmernej banky z 3 ml koncentrovaného hydroxidu amónneho a doplnením destilovanou vodou po rysku.
3. Vodný roztok chloridu amónneho (NH₄Cl) pripravte rozpustením 2 g pevného chloridu amónneho (NH₄Cl) v 50 ml vody za stáleho miešania sklenou tyčinkou.

Zo zásobného roztoku antokyanínov (300 ml) si odlejte do dvoch 250 ml kadičiek po 25 ml. Do prvej kadičky pridajte k roztoku antokyanínov 25 ml vodného roztoku amoniaku a do druhej kadičky 25 ml vodného roztoku chloridu amónneho NH₄Cl. V oboch kadičkách





prebiehajú farebné zmeny. Vysvetlite ich a zapíšte si pozorované sfarbenie reakčných zmesí v oboch kadičkách.

Následne pomaly, po kvapkách, zmiešajte navzájom roztoky v oboch kadičkách a pozorujte farebné zmeny:



1.1.32.2 Dúhové stĺpce

Chemikálie:

- výluh z červenej kapusty pripravený v experimente 9.1.1.1 (6 × 2 ml)
- hydrogénuhličitan sodný (NaHCO₃)
- uhličitan sodný (Na₂CO₃) 
- hydroxid sodný (NaOH) 
- koncentrovaná kyselina chlorovodíková (HCl, w = 37%)  
- potravinársky ocot (w = 8%)

Pomôcky: tri 250 ml odmerné valce, pipety, tri sklené tyčinky, štyri 50 ml odmerné banky, dve 100 ml odmerné banky

Postup: Do odmerných baniek si pripravte nasledovné vodné roztoky:

1. Do 50 ml odmernej banky pripravte roztok octu ($c = 0,1 \text{ mol}\cdot\text{dm}^{-3}$) z 5 ml 8%-ného octu a doplnením destilovanou vodou po rysku.
2. Do 50 ml odmernej banky pripravte roztok octu ($c = 0,05 \text{ mol}\cdot\text{dm}^{-3}$) z 2,5 ml 8%-ného octu a doplnením destilovanou vodou po rysku.
3. Do 100 ml odmernej banky pripravte roztok kyseliny chlorovodíkovej (HCl, $c = 0,1 \text{ mol}\cdot\text{dm}^{-3}$) z 0,83 ml 37%-nej kyseliny chlorovodíkovej (HCl) a doplnením destilovanou vodou po rysku.
4. Do 50 ml odmernej banky pripravte roztok hydrogénuhličitanu sodného (NaHCO₃, w = 5%) rozpustením 2,5 g pevného hydrogénuhličitanu sodného (NaHCO₃) vo vode a doplnením destilovanou vodou po rysku.
5. Do 50 ml odmernej banky pripravte roztok uhličitanu sodného (Na₂CO₃, w = 14%) rozpustením 7 g pevného uhličitanu sodného (Na₂CO₃) vo vode a doplnením destilovanou vodou po rysku.

6. Do 100 ml odmernej banky pripravte roztok hydroxidu sodného (NaOH, $c = 3,0 \text{ mol}\cdot\text{dm}^{-3}$) rozpustením 12 g pevného hydroxidu sodného (NaOH) vo vode a doplnením destilovanou vodou po rysku.

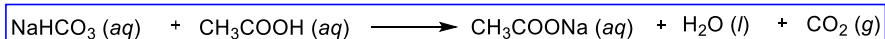
Do pripravených roztokov následne pridajte po 2 ml indikátora (výluh z červenej kapusty), roztoky poriadne premiešajte, pozorujte farebné zmeny a pomocou indikátorového pH papierika určte hodnotu pH jednotlivých roztokov. Intenzitu farby jednotlivých roztokov môžete v každom z uvedených prípadov upraviť množstvom pridaného indikátora.

Teraz si pripravte odmerné valce a pristúpte k zmiešavaniu kyslých a bázických roztokov obsahujúcich prírodný indikátor, pričom znova sledujte farebné zmeny.

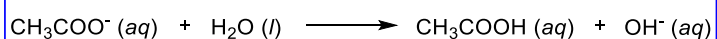
Bázické roztoky pridávajte pomocou pipety vždy blízko dna odmerného valca, ktorý obsahuje kyslý roztok, aby ste roztok kyseliny podvrstvi, pretože má nižšiu hustotu ako roztok zásady. Výsledky sa tak budú dať lepšie pozorovať. V pipete majte vždy väčší objem roztoku bázy (aspoň 50 ml), aby ste zabránili vniknutiu kyslého roztoku z valca do pipety.

1. **valec:** K 50 ml roztoku octu ($c = 0,05 \text{ mol}\cdot\text{dm}^{-3}$) pridajte pipetou 30 ml roztoku hydrogénuhličitanu sodného (NaHCO_3 , $w = 5\%$), pričom oba roztoky obsahujú indikátor.

Hydrogénuhličitan sodný (NaHCO_3) reaguje s kyselinou octovou (CH_3COOH). Červená farba roztoku octu obsahujúceho indikátor sa postupne mení kvôli prebiehajúcej chemickej reakcii. V reakčnej zmesi sa spotrebúva kyselina octová a vzniká octan sodný. Vznikajúci oxid uhličitý CO_2 sa z roztoku uvoľňuje v podobe bubliniek:



Zmena farby roztoku dokazuje prebiehajúcu zmenu pH. Jednotlivé farebné vrstvy s rôznou hustotou a rozličným pH dokazujú prítomnosť nespotrebovaných roztokov kyseliny octovej (CH_3COOH) alebo hydrogénuhličitanu sodného (NaHCO_3), alebo hydrolyzu octanových aniónov z octanu sodného (rovnica):



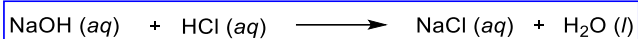
2. **valec:** K 50 ml roztoku octu ($c = 0,1 \text{ mol}\cdot\text{dm}^{-3}$) pridajte pipetou 30 ml roztoku uhličitanu sodného (Na_2CO_3 , $w = 14\%$), pričom oba roztoky obsahujú indikátor.

Uhličitan sodný (Na_2CO_3) reaguje s kyselinou octovou (CH_3COOH). Chemická podstata a farebné prejavy sú podobné, ako je popísané pri pokuse v prvom valci. Rozdiely vo farebnosti spôsobuje iná koncentrácia východiskových roztokov, ako aj vyššia zásaditosť Na_2CO_3 oproti NaHCO_3 :

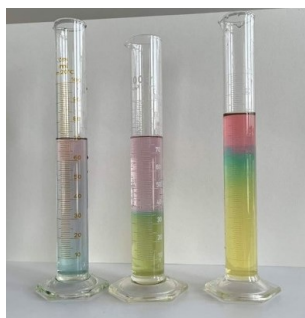


- 3. valec:** K 50 ml roztoku kyseliny chlorovodíkovej (HCl , $c = 0,1 \text{ mol.dm}^{-3}$) pridajte pipetou 30 ml roztoku hydroxidu sodného (NaOH , $c = 3,0 \text{ mol.dm}^{-3}$), pričom oba roztoky obsahujú indikátor.

Hydroxid sodný (NaOH) reaguje s kyselinou chlorovodíkovou (HCl) a opäť môžete pozorovať farebné vrstvy, ktoré dokumentujú nerovnomerné premiešanie východiskových látok:




Pri každom pokuse môžete pomaly sklenenou tyčinkou narušiť rozhranie vrstiev a pozorovať priebeh reakcie prejavujúci sa farebnou zmenou.



Obrázok 28. Demonštračný pokus „Dúhové stĺpce“

1.1.32.3 Farebná šumienka

Chemikálie:

- výluh z červenej kapusty pripravený v experimente 9.1.1.1 ($3 \times 20 \text{ ml}$)
- kyselina citrónová 
- hydrogénuhličitan sodný (NaHCO_3)

Pomôcky: tri 150 ml kadičky, sklenená tyčinka

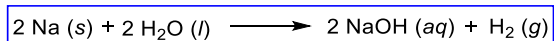
Postup: Do kadičky nalejte 20 ml pripraveného indikátora a rozpustite v ňom 1 g kyseliny citrónovej. Pozorujte zmenu sfarbenia roztoku. Následne pridajte 1 g hydrogénuhličitanu sodného (NaHCO_3) a pozorujte vývoj plynného oxidu uhličitého (CO_2), ktorý je sprevádzaný

aj zmenou farby roztoku. Paralelne vyskúšajte niekoľko pokusov s rôznym pomerom pridávaných látok, čím získate rôzne sfarbené roztoky. Výsledky pozorovaní zapíšte do tabuľky:

Kyselina citrónová [g]	NaHCO ₃ [g]	Pozorovanie
1	1	
0,6	0,2	
0,2	0,6	









1.1.32.4 Červená kapusta a chemické jojo

Princíp: Uvedený experiment sa realizuje v odmerných valcoch s dvoma nemiešateľnými kvapalinami. Spodnú vrstvu tvorí vždy vodný roztok s rozličnou hodnotou pH alebo samotná voda, pričom vo všetkých prípadoch je v tejto vrstve prítomný aj prírodný indikátor (výluh z červenej kapusty) a hornú vrstvu tvorí organické rozpúšťadlo *n*-hexán. Experiment je založený na reakcii kovového sodíka (Na) s vodou:



Sodík po vhození do odmerného valca prechádza bez reakcie cez hornú vrstvu *n*-hexánu a na rozhraní vrstiev začne reagovať s vodou za vzniku bázického hydroxidu sodného (NaOH), čo sa začne prejavovať zmenou farby spodnej vrstvy roztoku. Vznikajúci vodík H₂ sa vo forme bubliniek zachytí na povrchu reagujúceho sodíka, a tým začne sodík stúpať vo vrstve *n*-hexánu ku hladine. Vodík sa postupne uvoľní do ovzdušia a sodík znova klesne na rozhranie s vodou, kde opätovne reaguje. Takto je možné pozorovať kovový sodík pri jeho stúpaní a klesaní až do úplnej spotreby.

Chemikálie:

- výluh z červenej kapusty pripravený v experimente 9.1.1.1 (~ 45 ml)
- kovový sodík (Na)  
- *n*-hexán    
- kyselina octová (CH₃COOH, w = 99%)  
- hydrogénuhličitan sodný (NaHCO₃)
- destilovaná voda

Pomôcky: tri 150 ml odmerné valce, pinzeta, nôž, filtračný papier, 20 ml pipety, sklená tyčinka, dve 50 ml odmerné banky

Postup: Pripravte si kyslý a bázičský roztok. V 50 ml odmernej banky si pripravte *kyslý roztok* z 5 ml kyseliny octovej (CH_3COOH) a doplnením destilovanou vodou po rysku (na objem 50 ml). *Bázičský roztok* pripravte rozpustením 4,2 g pevného hydrogénuhličitanu sodného (NaHCO_3) v malom množstve vody v 50 ml odmernej banke a následným doplnením destilovanej vody po rysku.

Následne si pripravte tri odmerné valce takto: *Prvý odmerný valec* bude obsahovať 15 ml kyslého roztoku kyseliny octovej (CH_3COOH), 15 ml prírodného indikátora (výluhu z červenej kapusty) a 30 ml *n*-hexánu, ktorý pomaly navrstvíte na vodnú vrstvu pomocou pipety. *Druhý odmerný valec* bude obsahovať 15 ml bázičského roztoku hydrogénuhličitanu sodného (NaHCO_3), 15 ml prírodného indikátora (výluhu z červenej kapusty) a 30 ml *n*-hexánu, ktorý pomaly navrstvíte na vodnú vrstvu pomocou pipety. *Tretí odmerný valec* bude obsahovať 15 ml vody, 15 ml prírodného indikátora (výluhu z červenej kapusty) a 30 ml *n*-hexánu, ktorý pomaly navrstvíte na vodnú vrstvu pomocou pipety.

Keď budete mať pripravené všetky tri odmerné valce, do každého z nich vhodíte kúsok sodíka vo veľkosti hrášku, pozorujte priebeh reakcií a pohyb sodíka. Pozorované farebné zmeny zapíšte do tabuľky:

Spodná vrstva	CH_3COOH	NaHCO_3	H_2O
Farebné zmeny			
Výsledná farba			

POZOR! Pri manipulácii s kovovým sodíkom dbajte na to, aby sa nedostal v žiadnom prípade do kontaktu s vodou, pretože by došlo k prudkej reakcii až k jeho samovznieteniu. Po ukončení pokusov skontrolujte, či v reakčnej zmesi neostal žiaden nezreagovaný sodík.



Obrázok 29. Demonštračný pokus „Chemické jojo“

Otázky a úlohy:

1. Čo sú antokyaníny a aké majú vlastnosti?
2. Vysvetlite farebné zmeny pozorované pri pokuse 9.1.1.1.
3. Uved'te ďalšie príklady, pri ktorých by sa dala využiť opísaná vlastnosť prírodných farbív – antokyanínov.

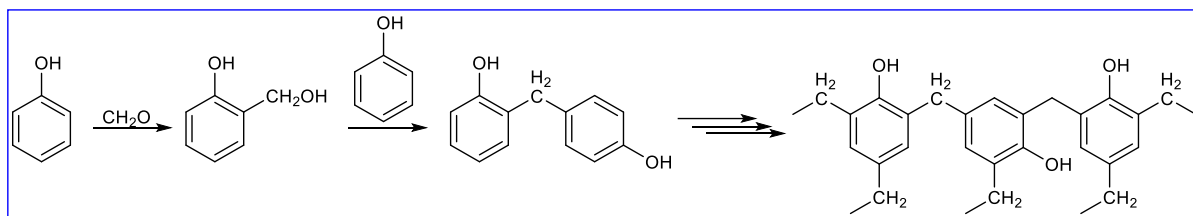
PRAKTICKÉ CVIČENIE Č. 9

Plasty

Plasty patria medzi makromolekulové zlúčeniny. Väčšinou sú tuhé a ľahko tvarovateľné. Podľa tvaru makromolekúl sa delia na lineárne a zosieťované. Na základe spôsobu prípravy ich rozdeľujeme na plasty vzniknuté polymerizáciou, polyadíciou a polykondenzáciou.

1.1.33 Fenolformaldehydové živice

Princíp: Fenol reaguje s formaldehydom v alkalickom prostredí za vzniku hydroxymetylphenolu. Produktom uvedenej polykondenzácie je makromolekula so sieťovanou štruktúrou:



Fenolformaldehydové živice sú historicky najdlhšie známou skupinou plastov a majú široké využitie v rôznych odvetviach, ako sú stavebníctvo, elektrotechnika a automobilový priemysel.

Chemikálie:

- fenol
- formaldehyd (roztok formalínu w = 40%)
- siričitán sodný (Na₂SO₃)

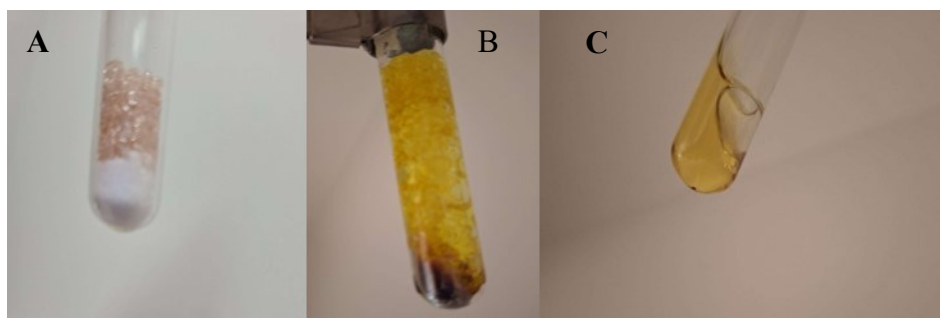
Pomôcky: hrubostenná skúmavka, držiak na skúmavky, vodný kúpeľ, olejový kúpeľ, teplomer

Postup: K 1 g fenolu v hrubostennej skúmavke prilejte 1 ml formaldehydu a pridajte niekoľko kryštálikov siričitánu sodného. Skúmavku s reakčnou zmesou uchyťte do držiaka a ponorte na niekoľko minút do vriaceho vodného kúpeľa, až kým obsah skúmavky nestuhne. Potom obsah skúmavky ešte zahrejte na olejovom kúpeli pri teplote 130 °C. Vzniknutú živicu môžete po ochladení skúmavky na laboratórnu teplotu zo skúmavky ľahko vyklepať.

1.1.34 Tvorba fenoplastu z fenolu a hexametyléntetraamínu (urotropínu)

Princíp: Tepelným rozkladom poskytuje urotropín formaldehyd a amónne bázy. Fenol s formaldehydom v zásaditom prostredí poskytujú fenoplast. Reakcia v kyslom prostredí

neprebíha s uspokojujivými výsledkami, pretože katalyzátor (kyselina chlorovodíková) neutralizuje vznikajúce amónne bázy.



Obrázok 30. Zmes fenolu a urotropínu v skúmavke (A), zmes fenolu a urotropínu s prídavkom NaOH po zahriatí – vznik fenoplastu (B) a zmes fenolu a urotropínu s prídavkom HCl po zahriatí (C)

Chemikálie:

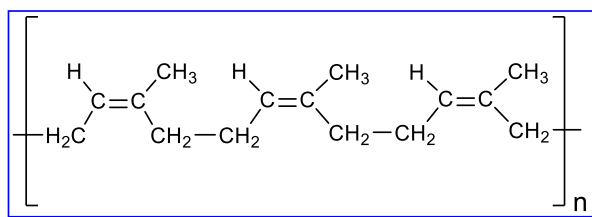
- fenol
- urotropín
- vodný roztok kyseliny chlorovodíkovej (HCl, w = 10%)
- vodný roztok hydroxidu sodného (NaOH, w = 11%)

Pomôcky: dve hrubostenné skúmavky, držiak na skúmavky, kahan

Postup: V každej z dvoch skúmaviek zmiešajte 0,5 g urotropínu a 1 g fenolu. Do prvej skúmavky pridajte 10 kvapiek 10%-ného vodného roztoku kyseliny chlorovodíkovej a do druhej skúmavky 10 kvapiek 11%-ného vodného roztoku hydroxidu sodného. Obsah oboch skúmaviek opatrne zahrejte nad plameňom kahana a pozorujte.

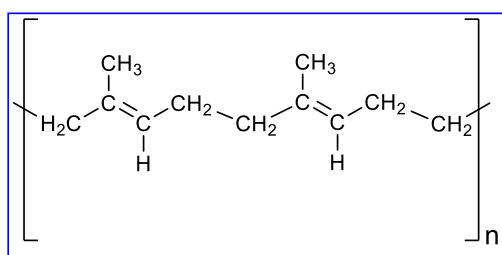
1.1.35 Zrážanie gummy z latexu

Prírodný kaučuk sa vyskytuje vo forme koloidného roztoku, tzv. latexu a získava sa vo veľkom množstve z kaučukovníka, ktorý sa pestuje predovšetkým v tropických oblastiach Ázie. Latexová farba obsahuje prírodný alebo syntetický kaučuk obdobných vlastností. Pre kaučuk je charakteristická elasticita daná Z-konfiguráciou na násobných väzbách na rozdiel od gutaperče s E-konfiguráciou:




Obrázok 31. Štruktúra prírodného kaučuku so *Z*-usporiadaním násobných väzieb.

Gutaperča je druh gummy, no je priehľadná, pevná a pružná. Získava sa z mliečnej šťavy stromov rodu *Palcaquium*, Rovnako ako guma, aj gutaperča je polyterpén, polymér izoprénu (trans-1,4-polyizoprén). Na rozdiel od gummy, ktorá je cis-izomérom, je však gutaperča trans-izomérom, čo spôsobuje, že je oveľa menej elastická.



Obrázok 32. Štruktúra gutaperče s *E*-usporiadaním násobných väzieb.

Chemikálie:

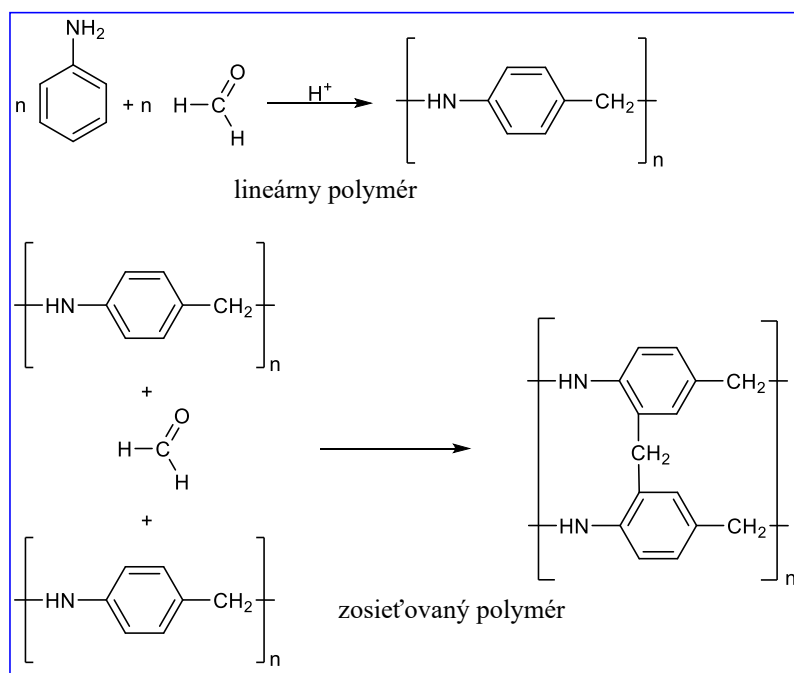
- latexová farba
- vodný roztok kyseliny chlorovodíkovej (HCl, w = 20%) 

Pomôcky: dve kadičky (250 ml a 400 ml), Büchnerov lievik, odsávačka, filtračný papier

Postup: V 400 ml kadičke zriedte vodou 40 ml latexovej farby na objem 200 ml a následne za intenzívneho miešania postupne pridajte ku farbe v kadičke 20%-ný vodný roztok kyseliny chlorovodíkovej (HCl). Vzniknutú zrazeninu gummy odsajte za zníženého tlaku cez Büchnerov lievik a získanú zrazeninu vytvarujeme stlačením do malej guľičky.

1.1.36 Príprava anilínformaldehydovej živice

Princíp: Anilínformaldehydová živica je jednou zo známych syntetických makromolekulových látok. Patrí medzi aminoplasty a získava sa polykondenzáciou anilínu s formaldehydom:



Chemikálie:

- anilín
- formaldehyd (roztok formalínu, w = 35–40%)
- etanol (w = 96%)
- kyselina octová (ľadová)

Pomôcky: veľká hrubostenná skúmavka, držiak na skúmavky, stojan na skúmavky, odmerný valec, kadička, kahan

Postup: Do veľkej skúmavky, asi do polovice jej objemu, nalejte zmes formaldehydu a anilínu pripravenú ich zmiešaním v hmotnostnom pomere 1:3. Po dlhšej dobe sa v skúmavke oddelia dve vrstvy. Hornú vrstvu odlejte a dolnú vrstvu dekantujte trikrát 5 ml etanolu. Po dekantácii do dolnej vrstvy prilejte 1 ml ľadovej kyseliny octovej a zmes mierne zahrievajte nad plameňom kahana, až kým nedôjde k farebnej zmene obsahu skúmavky. Následne ešte roztavenú živicu vylejte tenkým prúdom do kadičky so studenou vodou.

POZOR! Experiment robíme v digestore alebo v dobre vetranom priestore za dodržiavania pokynov pre prácu s jedmi!

Otázky a úlohy:

1. Prečo sa formaldehyd viaže do polohy *orto*- a *para*- na aromatické jadro fenolu? Svoje tvrdenie podporte nakreslením rôznych rezonančných štruktúr fenolu.
2. Napíšte štruktúrny vzorec urotropínu. Na aké zložky sa urotropín pri zahriatí rozkladá?
3. Čo je vulkanizácia kaučuku?

PRAKTICKÉ CVIČENIE Č. 10

Izolácia vonných látok destiláciou s vodnou parou

Rastliny obsahujú prchavé vonné látky, ktoré sú len málo rozpustné vo vode a označujú sa ako esenciálne oleje. Väčšinou tieto oleje obsahujú vo svojej molekule rôzne funkčné skupiny ($-OH$, $-CHO$, $-CO-$, $-COOR$), sú prchavejšie ako lipidy a je možné ich získať destiláciou s vodnou parou, pri ktorej spolu s vodnými parami kondenzujú v chladiči a zachytávajú sa v predlohe. Od vodnej vrstvy sa esenciálne oleje veľmi jednoducho oddelia extrakciou do organického rozpúšťadla, ako je dietyléter, chloroform, dichlórmetán.



Obrázok 33. Aparatúra pre izoláciu vonných látok destiláciou s vodnou parou.

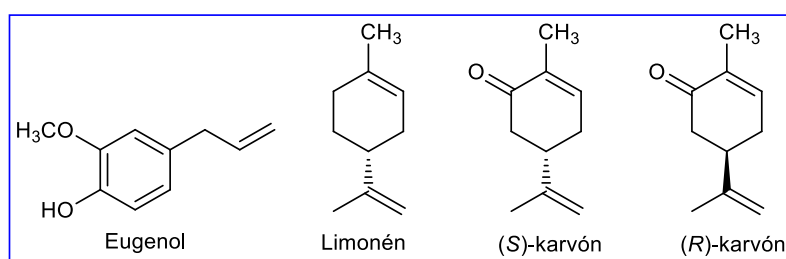
Eugenol je derivát fenolu. Je to bezfarebná resp. svetložltá olejovitá látka, ktorá sa získava destiláciou s vodnou parou a následnou extrakciou najčastejšie z klinčekov, muškátového orecha, škorice a bobkového listu. Názov tejto organickej zlúčeniny je odvodený od latinského názvu rastliny, z ktorej sa získavajú klinčeky – *Eugenia aromaticum* alebo *Eugenia caryophyllata*. Práve eugenol je zodpovedný za charakteristickú vôňu klinčekov a je hlavnou zložkou klinčekového esenciálneho oleja (tvorí 72–90%). Eugenol sa využíva v potravinárstve pri výrobe ochucovadiel, v parfumérii, v medicíne ako antiseptikum a anestetikum a v zubnom lekárstve ako zložka zubných výplní.

Limonén je cyklický terpén, konkrétne monoterpén a je zodpovedný za charakteristickú vôňu citrusového ovocia. Terpény sú látky zložené z rôzneho počtu päťuhlíkatých fragmentov formálne odvodených od izoprénu. Na základe počtu týchto C-5 fragmentov v molekule terpénov rozlišujeme: monoterpény (2), seskviterpény (3), diterpény (4), triterpény (6).

Limonén je bezfarebná kvapalina s intenzívnou pomarančovou vôňou. Jeho pomenovanie je odvodené od latinského názvu citrónovníka – *Citrus limon*. Limonén je chirálna zlúčenina, takže existuje v dvoch stereoizomérnych formách: (*R*)-limonén, ktorý je

hlavnou zložkou esenciálneho oleja získaného z pomarančov a (*S*)-limonén, ktorý má živcovú, borovicovú vôňu a pripomína terpentín. Nachádza sa v citrónovej kôre.

Karvón patrí, rovnako ako limonén, do skupiny terpénov. Prírodným zdrojom karvónu sú predovšetkým semená rasce lúčnej (*Carum carvi*) a kôpru. Karvón sa v prírode vyskytuje v dvoch enantiomérnych formách: (*R*)-karvón, ktorého vôňa pripomína vôňu mäty a (*S*)-karvón, ktorý je zodpovedný za charakteristickú vôňu rasce. Esenciálny olej získaný z rasce obsahuje 50–70% (*S*)-karvónu, kým esenciálny olej z kôprových semien ho obsahuje o niečo menej, 40–60%. Prírodným zdrojom (*R*)-karvónu sú rôzne druhy mäty, predovšetkým *Mentha spicata*. Z nej získaný esenciálny olej obsahuje 50–80% (*R*)-karvónu.



Obrázok 34. Štruktúrne vzorce vybraných prírodných vonných látok

Chemikálie:

- dichlórmetán
- bezvodý síran sodný (Na₂SO₄)
- voda
- šupy z pomarančov (3–5 veľkých pomarančov), šupy z mandarínok (0,5 kg mandarínok), citrónová kôra (0,5 kg citrónov), rasca celá (30 g) alebo klinčeky celé (30 g)

Pomôcky: 500 ml banka s okrúhlym dnom, 100 ml banka s okrúhlym dnom, zostupný Liebegov chladič, teplomer so zábrusom, zátka, varné kamienky, predloha, extrakčný lievik, Erlenmeyerova banka, filtračný lievik, trečia miska, tlčík, vata, rotačná vákuová odparka, varič, olejový kúpeľ

Postup: Šupy z citrusových plodov nakrájajte na malé kúsky, koreniny rozdrvte v trecej miske tlčíkom. Do 500 ml banky s okrúhlym dnom opatrenej varnými kamienkami nasypete šupy z citrusového ovocia resp. koreniny, pridajte 150 ml vody, zostavte destilačnú aparatúru a zmes v banke začnite zahrievať. Obsah banky prived'ete k varu a do predlohy zachytávajújte skondenzované vodné pary spolu s esenciálnym olejom. Keď uvidíte, že skondenzované vodné pary už neobsahujú žiadne olejové kvapôčky, destiláciu ukončíte. Obsah z predlohy (voda +

esenciálny olej) prelejte do oddeľovacieho lievika a vodnú vrstvu extrahujte 2 × 50 ml dichlórmetánu. Spojené dichlórmetánové extrakty vysušte státím nad bezvodým síranom sodným (Na₂SO₄), sušidlo odfiltrujte cez vatú vo filtračnom lieviku do 100 ml banky s okrúhlym dnom a filtrát zahustite na rotačnej vákuovej odparke. V banke zostane príslušný esenciálny olej voňajúci po citrusoch, rasci alebo klinčekoch.

Otázky a úlohy:

1. Napíšte substitučný systémový názov pre spomínané prírodné látky: eugenol, limonén a karvón.
2. Určte absolútnu konfiguráciu na stereogénnom centre v štruktúre limonénu uvedenej na obrázku pri teórii.
3. Čo je destilácia a aké typy destilácie poznáte?
4. Čo je extrakcia? Vysvetlite princíp.
5. Aký je princíp destilácie s vodnou parou?
6. Kde sa v oddeľovacom lieviku bude nachádzať vodná vrstva v daných dvojzložkových systémoch: a) voda – chloroform; b) voda – etyl-acetát; c) voda – dichlórmetán; d) voda – dietyléter; e) voda – acetón; f) voda – etanol?
7. Aká je úloha bezvodého síranu sodného v uskutočnenom experimentálnom cvičení?

PRAKTICKÉ CVIČENIE Č. 11



Farbivá

1.1.37 Chromatografia farbív špenátu

Princíp: Chromatografiou na tenkej vrstve (TLC) dochádza k rozdeleniu prírodných farbív nachádzajúcich sa v špenáte. Chlorofyl sa skladá z dvoch veľmi podobných farbív, a to *chlorofylu a* a *chlorofylu b*. Ďalšími farbivami prítomnými v špenáte sú *karotény*, ktoré môžu existovať v troch izomérnych formách líšiacimi sa usporiadaním koncového reťazca a *xantofyly* – kyslíkaté deriváty karoténov. Chlorofyl *a* má modrozelenú farbu, chlorofyl *b* má žltozelenú farbu a karotény a xantofyly majú farbu žltú.

V danom eluente (petroléter - etyl-acetát, 9:1) by mali byť zodpovedajúce R_F hodnoty nasledovné: žltozelená škvrna – $R_F = 0,5$; žltá škvrna – $R_F = 0,1$ a modrá škvrna zostáva na štarte. Pomocou tenkovrstvovej chromatografie je za použitia vyššie spomenutého eluenta možné rozdeliť chlorofyly, ale nerozdelia sa karotény a xantofyly.

Chemikálie:

- toluén 
- etanol (w = 96%) 
- petroléter 
- etyl-acetát 
- bezvodý síran sodný 

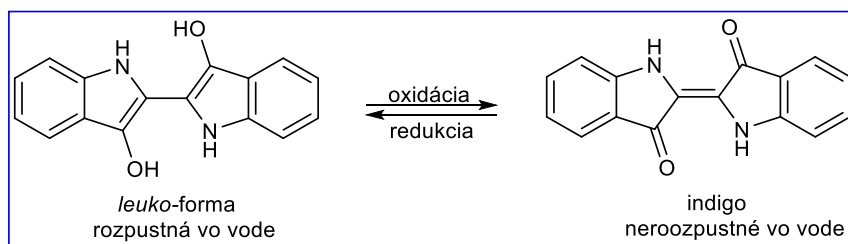
Pomôcky: TLC platničky, Büchnerov lievnik, odsávačka, Erlenmeyerova banka, kapilára

Postup: Približne 10 g pôvodne mrazeného špenátu extrahujte s roztokom zloženým zo 45 ml petrolétera, 5 ml toluénu a 15 ml etanolu. Následne zmes prefiltrujte cez Büchnerov lievnik, získaný filtrát vysušte nad bezvodým síranom sodným a pomocou kapiláry naneste roztok na TLC platničku. Pripravenú platničku vyvíjajte vo vyvíjacej komôrke s mobilnou fázou petroléter/etyl-acetát (9:1). Po ukončení vyvíjania platničku vysušte a pozorujte prítomnosť farebných škvŕn zodpovedajúcich prítomnosti jednotlivých farbív a stanovte ich retenčný faktor R_F .

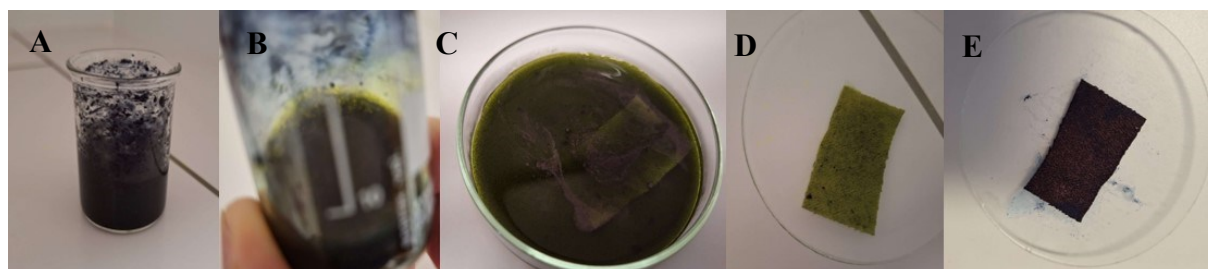
1.1.38 Redukcia a oxidácia indiga

Princíp: *Indigo* je modré farbivo nerozpustné vo vode. Redukciou prechádza na bezfarebnú, v alkalickom prostredí rozpustnú formu. Tkaniny namočené v tomto roztoku sa po styku so

vzduchom farbja na modro, pretože oxidáciou vzdušným kyslíkom vzniká opäť modré indigo. Už po pretrepaní roztoku sa farbí hladina *leuko*-indiga na modro:



Indigo bolo už v staroveku veľmi vyhľadávaným a cenným farbivom. Zdrojom indiga sú rastliny druhu *indigofera*, pestované ešte koncom minulého storočia na Jáve. V rastlinách tohto druhu je obsiahnutý β -glukozid, ktorý štiepením poskytuje glukózu a indoxyl.



Obrázok 35. Príprava indiga a farbenie bavlny – reakčná zmes indiga a NaOH v horúcej vode (A); reakčná zmes po prídavku $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4$ (B); reakčná zmes vyliata na bielu tkaninu (C); tkanina čerstvo vybratá z roztoku *leuko*-indiga (D); látka vysušená na vzduchu (E)

Chemikálie:

- indigo
- vodný roztok hydroxidu sodného (NaOH, w = 20%)
- ditioničitan sodný ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4$)

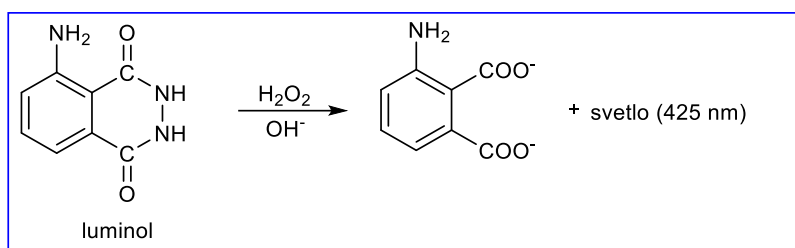
Pomôcky: kadička, biela tkanina

Postup: Do kadičky navážte približne 0,1 g indiga, prilejte 1 ml 20%-ného vodného roztoku hydroxidu sodného a rozpustite v 20 ml horúcej vody. Následne pridajte k obsahu skúmavky 0,4 g ditioničitanu sodného a roztok pretrepte za vzniku svetlo hnedého roztoku *leuko*-indiga. Týmto roztokom polejte bielu tkaninu a pozorujte jej zmodranie na vzduchu.

Luminiscenčné reakcie

Chemiluminiscenčné reakcie patria medzi zvlášť efektné chemické javy. Sú založené na schopnosti niektorých látok transformovať energiu chemických reakcií na svetlo. Demonštrácia takýchto experimentov je vo väčšine prípadov veľmi jednoduchá, pretože stačí zliať roztoky jednotlivých reaktantov a pozorovať uvoľnenie svetelnej energie.

Luminol je látka, ktorá za vhodných podmienok poskytuje luminiscenčné reakcie. Podstatou je oxidácia luminolu peroxidom vodíka v zásaditom prostredí, ktorú môžeme opísať chemickou rovnicou:



Chemickú reakciu sprevádza uvoľnenie energie vo forme elektromagnetického žiarenia v oblasti modrého svetla.

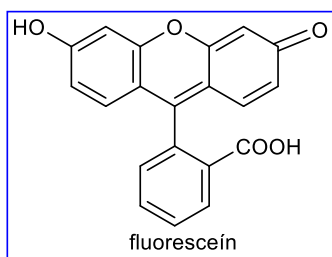
Luminiscencia je samovoľné vyžarovanie fotónov látkami a spočíva v tom, že elektróny za určitých podmienok prechádzajú náhodne z vyšších energetických hladín na nižšie. Každý prechod elektrónu predstavuje kvantum viditeľného žiarenia. Ak luminiscenčné žiarenie nastane už v dobe vzбудenia atómov alebo molekúl, alebo v dobe kratšej ako 10^{-8} s, hovoríme o *fluorescencii*. Prejavuje sa u niektorých látok, najmä kvapalín (napr. roztoku fluoresceínu). Vyžarovanie trvá len pokiaľ je látka ožarovaná. U iných látok, najmä pevných, trvá vyžarovanie omnoho dlhšie, niekoľko minút, dokonca i hodín po ožiarení. Vtedy hovoríme o *fosforescencii*, pretože sa nápadne prejavuje u fosforu.

Luminiscencia sa vyskytuje i u zvierat – napr. svätajánskych mušiek či medúz, v tomto prípade sa nazýva *bioluminiscencia*.

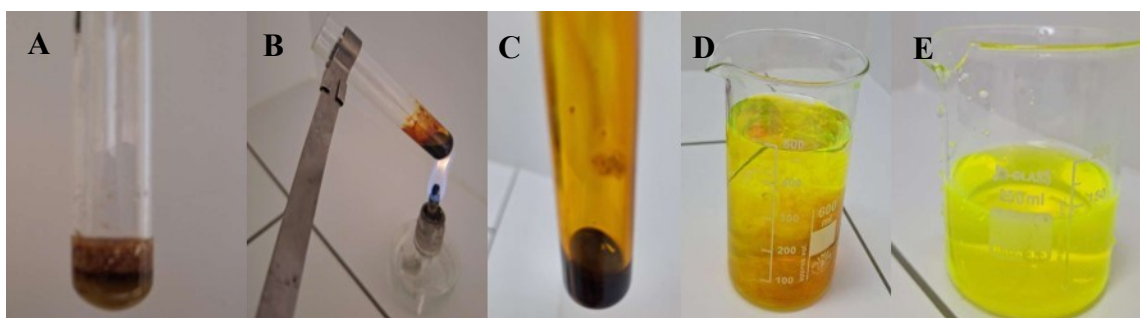
Fluoresceín vykazuje vo veľmi zriedenom alkalickom roztoku intenzívnu žltozelenú fluorescenciu, viditeľnú i vo veľkom zriedení (1:40 000 000), čo sa využíva ku sledovaniu podzemných tokov.

1.1.39 Syntéza fluoresceínu

Fluoresceín je syntetická organická látka, obvykle vo forme tmavooranžového až červeného prášku, s obmedzenou rozpustnosťou vo vode a v alkoholoch. Používa sa v rôznych odvetviach ako fluorescenčná značka.

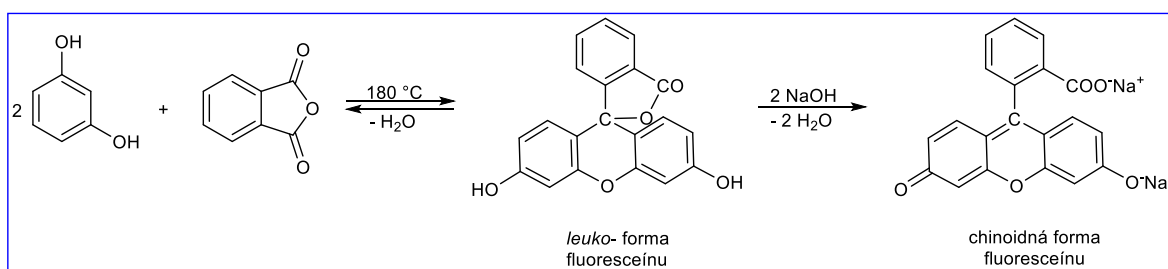


Fluoresceín je používaný bežne vo fluorescenčnej mikroskopii, vo farbivových laseroch ako aktívne médium, na detekciu i v súdnictve a sérológii. Fluoresceín má absorbné maximum pri 494 nm a emituje pri 512 nm (vo vodnom prostredí).







Obrázok 36. Príprava fluoresceínu – reakčná zmes ftalanhydridu, rezorcinolu a H₂SO₄ (A), zahrievanie reakčnej zmesi nad plameňom kahana (B), vznik červenej taveniny (C), fluoresceín vyliaty do vody po prídavku NaOH (D) a zriedenie vodou (E)

Princíp: Dve molekuly rezorcinolu reagujú s molekulou ftalanhydridu za vzniku fluoresceínu, bezfarebnej *leuko*-formy. V zriedených roztokoch alkalických zlúčenín fluoresceín žltozeleno fluoreskuje, čo je podmienené vznikom chinoidnej formy:



Chemikálie:

- rezorcinol 
- ftalanhydrid 
- koncentrovná kyselina sírová (H₂SO₄, w = 98%) 
- vodný roztok hydroxidu sodného (NaOH, w = 11%) 
- destilovná voda

Pomôcky: hrubostenná skúmavka, držiak na skúmavky, trecia miska, špachtľa, pipeta, kahan, menšia kadička

Postup: V trecej miske rozdrvte na jemný prášok zmes 0,25 g ftalanhydridu a 0,5 g rezorcinolu. Jemný prášok presypte do hrubostennej skúmavky, pridajte 0,8 ml koncentrovanej kyseliny sírovej a výslednú reakčnú zmes opatrne zahrievajte nad plameňom kahana za vzniku modročervenej taveniny. Po ochladení reakčnej zmesi na laboratórnu teplotu pridajte k tavenine v skúmavke 3 ml 11%-ného vodného roztoku hydroxidu sodného a rozpustený produkt vlejte do 1 litra vody. Pozorujte sfarbenie roztoku.

Chémia každodenného života – chémia v kuchyni


1.1.40 Reakcia medu s Fehlingovým činidlom

Princíp: Pozitívna reakcia, vznik červenohnedého oxidu meďného (Cu₂O), je dôkazom, že med obsahuje redukujúce monosacharidy, prevažne D-glukózu a D-fruktózu.



Obrázok 37. Demonštračný pokus – dôkaz redukujúcich sacharidov v mede pomocou Fehlingovho činidla
- priebeh dôkazovej reakcie v čase

Chemikálie:

- Fehlingovo činidlo 
- destilovaná voda

Pomôcky: med, hrubostenná skúmavka, držiak na skúmavky, vodný kúpeľ

Postup: K 6 ml Fehlingovho činidla pridajte 0,5 g medu rozpusteného v 2 ml destilovanej vody, reakčnú zmes dôkladne premiešajte a zahrejte ju na vodnom kúpeli. Pozorujte farebné zmeny v skúmavke.

1.1.41 Dôkaz síry vo vaječnom bielku




Princíp: Dôkaz síry vo vaječnom bielku je založený na vzniku sulfidu olovnatého čiernej farby, ktorý vznikne reakciou s olovnatým kationom. Je možnosť nahradiť toxický olovnatý kation Pb^{2+} iným kationom, ktorý tiež poskytne so sírou zrazeninu čiernej farby, napr. kationmi Cu^+ , Cu^{2+} a iné, ktoré už toxické nie sú resp. menej, ako sú zlúčeniny olova.



Obrázok 38. Demonštračný pokus – dôkaz síry vo vaječnom bielku prostredníctvom Cu^{2+} kationov za vzniku čiernej zrazeniny CuS

Pomôcky: hrubostenná skúmavka, držiak na skúmavky, vodný kúpeľ

Chemikálie:

- roztok vaječného bielka (1 bielok v 50 ml destilovanej vody)
- vodný roztok hydroxidu sodného, (NaOH, w = 11%) 
- vodný roztok síranu meďnatého, ($CuSO_4 \cdot H_2O$, w = 5%)  

Postup: V skúmavke k 1 ml roztoku vaječného bielku pridajte 5 ml 11%-ného vodného roztoku hydroxidu sodného a obsah skúmavky zahrejte vo vodnom kúpeli. Následne pridajte k obsahu skúmavky 5%-ný vodný roztok síranu meďnatého a pozorujte vznik čierneho sulfidu meďnatého (CuS).

1.1.42 Dôkaz škrobu v plátke zemiaka

Škrob (*amylum*) je makromolekulová látka syntetizovaná rastlinami. Je to biely prášok bez chuti a vône, nerozpustný v studenej vode. Ide o konečný produkt fotosyntézy rastlín.

Škrob je polysacharid zložený z dvoch rôznych polysacharidov, a to *amylózy* a *amylopektínu* v pomere 1:4. Obe tieto zložky škrobu sú tvorené dlhými reťazcami

molekúl D-glukózy. Zahrievaním škrobu sa tvorí škrobový maz, ktorého hydrolyzou vzniká škrobový sirup, škrobový cukor a D-glukóza. Pražením škrobu sa tvorí dextrín.

Škrob patrí medzi fyziologicky a hospodársky najdôležitejšie polysacharidy. Ukladá sa procesom asimilácie v zásobných orgánoch rastlín (semenách či hľuzách zemiakov, kukurice, pšenice, ryže) vo forme škrobových zrn. Zvlášť bohaté na škrob sú zemiaky (18%), banány a obilniny. Podľa surovín, z ktorých je škrob vyrobený, rozoznávame škrob zemiakový, kukuričný, pšeničný, ryžový škrob a iné.

Princíp: Dôkaz škrobu v neznámej látke sa uskutočňuje pomocou roztoku jódu. Prítomnosť škrobu je indikovaná vznikom tmavého modrofialového sfarbenia v dôsledku vzniku polyjodidových reťazcov, keďže amylóza má štruktúru jednoduchej závitnice, do ktorej pri reakcii škrobu s Lugolovým roztokom preniká jód. Vzniknutý nerozpustný komplex sa rozkladá až pri vyšších teplotách.

Chemikálie:








- Lugolov roztok 

Pomôcky: kadička, nôž, zemiak

Postup: V kadičke uvarte celý zemiak aj so šupkou. Po vychladnutí ho rozkrojte a na miesta rezu naneste pár kvapiek roztoku jódu v jodide draselnom. Roztok, ktorý nevsiakol do zemiaku, zmyte po dvoch minútach vodou. Na reznej ploche zemiaka sa objaví tmavomodré sfarbenie.

1.1.43 Dôkaz látok prítomných vo vode, v ktorej sa varila ryža

Chemikálie:

- Lugolov roztok 
- ninhydrín 
- vodný roztok KMnO_4 (w = 10%)     

Pomôcky: ryža, štyri menšie kadičky, špachtľa, jedna väčšia kadička

Postup: Do kadičky nasypete tri špachtličky ryže a pridajte približne trojnásobné množstvo vody. Vzniknutú zmes niekoľko minút povarte. Horúci roztok rozlejte do troch menších kadičiek:

- Do prvej kadičky pridajte roztok jódu v jodide draselnom.
- Do druhej kadičky pridajte na špachtličke ninhydrín a roztok zahrejte.
- Do tretej kadičky kvapnite jednu kvapku roztoku manganistanu draselného (KMnO_4).
- Do štvrtej kadičky nasypete pár zrníek ryže a pokvapajte ich roztokom jódu v jodide draselnom.

Pozorované farebné zmeny vo všetkých štyroch experimentoch vysvetlite.

1.1.44 Dôkaz kazeínu a laktózy v mlieku

Mlieko obsahuje 5 % laktózy (mliečny cukor), 4 % bielkovín, 5 % tuku a 88 % vody. Z bielkovín má najväčšie zastúpenie (80 %) kazeín, ktorý patrí medzi fosfoproteíny.

Kazeín obsahuje relatívne vysoký podiel prolínu a hydrofóbných aminokyselín a jeho štruktúra nie je stabilizovaná disulfidickými väzbami. Preto nemá pevne danú terciárnu štruktúru. Kazeín je termostabilný – zvýšením teploty sa nezráža. Z bielkovín sú v mlieku zastúpené syrovátkové bielkoviny (laktalbumín, laktoglobulín, sérový albumín). Syrovátkové proteíny sa nachádzajú v mliečnom sére po vyzrážaní kazeínu. Tieto syrovátkové proteíny podliehajú denaturácii nad 60 °C, čo možno pozorovať ako vznik kožky na hladine.

Princíp: Pridaním octu k vychladenému mlieku dochádza k vyzrážaniu kazeínu, ktorý sa zhlukuje do micel, na povrchu ktorých sú viazané ióny a hydrofilné sérové bielkoviny, ktoré chránia vnútorný hydrofóbny obsah. Znižovaním pH dochádza k porušovaniu povrchových štruktúr kazeínových micel, tým dochádza k uvoľneniu kazeínu a jeho denaturácii. Takto uvoľnený kazeín je nerozpustný, a tvorí zrazeninu. Toto kyslé zrážanie kazeínu sa využíva pri výrobe jogurtov alebo tvarohov. V potravinárstve slúžia na kyslé zrážanie kazeínu baktérie mliečneho kvasenia, produkujúce kyselinu mliečnu.



Obrázok 39. Dôkaz laktózy v mlieku pomocou Fehlingovho činidla – priebeh v čase



Obrázok 40. Dôkaz kazeínu v mlieku pomocou Fehlingovho činidla

Chemikálie:

- ocot (8%-ný)
- Fehlingovo činidlo

Pomôcky: mlieko, kadička, varič, špachtľa, Petriho misky, sklená tyčinka, kahan, aparátúra pre filtráciu, filtračný papier, lievnik, hrubostenná skúmavka

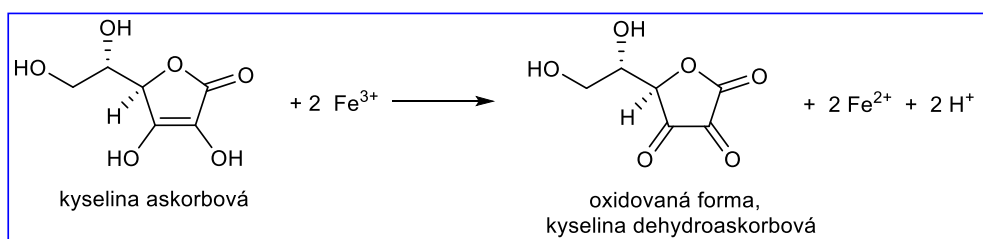
Postup: Do kadičky nalejte 50 ml mlieka a opatrne ho zahrejte do varu. Obsah kadičky nechajte vychladnúť, odoberte vzniknutú kožku na Petriho misku a k prevarenému mlieku pridajte cca 15 ml octu. Obsah v kadičke dôkladne premiešajte sklenenou tyčinkou a zmes prefiltrujte cez filtračný papier. Odoberte 5 ml filtrátu do skúmavky, pridajte k nemu 5 ml Fehlingovho činidla a skúmavku opatrne zahrejte nad plameňom kahana. Čo pozorujete a prečo?

Na Petriho misku odoberte malé množstvo zrazeniny zachytenej na filtračnom papieri, prikvapkajte pár kvapiek Fehlingovho činidla a pozorujte. Vysvetlite pozorované farebné zmeny. Čo ste dokázali v kožke a čo vo filtráte pomocou Fehlingovho činidla?

1.1.45 Prítomnosť kyseliny askorbovej (vitamínu C) v uvarenej zemiakovej vode



Vitamín C (kyselina askorbová) je biela kryštalická látka rozpustná vo vode. Predstavuje derivát D-glukózy, z ktorého mnoho zvierat dokáže danú aktívnu látku vyrábať. Človek rovnako ako aj ďalšie primáty, morčatá, netopiere a niektoré vtáky, nie je schopný kyselinu askorbovú syntetizovať a musí ju prijímať v potrave. Vitamín C patrí medzi vitamíny rozpustné vo vode a v organizme pôsobí ako dôležitý antioxidant.

Princíp: Kyselinu askorbovú (vitamín C) je možné kvantitatívne oxidovať jódou. Železitými iónmi Fe^{3+} sa kyselina askorbová oxiduje na kyselinu dehydroaskorbovú. Redukčné účinky kyseliny askorbovej sú veľmi silné a železité ióny Fe^{3+} redukuje na železnaté Fe^{2+} . Reakciou železnatých katiónov Fe^{2+} s hexakynoželezitanom draselným ($\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$) vzniká berlínska modrá:



Chemikálie:

- Lugolov roztok (roztok jódu v jodide draselnom)

- roztok chloridu železitého (FeCl_3 , $w = 1\%$) 
- vodný roztok hexakynoželezitanu draselného ($\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$, $w = 1\%$) 

Pomôcky: zemiak, kadička, dve vysoké skúmavky, stojan na skúmavky, nôž

Postup: Do kadičky s 20 ml vody vložte plátok zemiaku a obsah kadičky zohrejte do bodu varu. Do stojana na skúmavky si pripravte dve vysoké skúmavky a do každej z nich nalejte po 5 ml vody, v ktorej sa varil zemiak. Do prvej skúmavky pridávajte po kvapkách roztok jódu v jodide draselnom a pozorujte farebné zmeny. Do druhej skúmavky pridajte k 5 ml vývaru zo zemiaka 5 ml 1%-ného vodného roztoku chloridu železitého (FeCl_3) a následne ešte 5 ml 1%-ného vodného roztoku hexakynoželezitanu draselného ($\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$). Pozorujte prebiehajúce farebné zmeny.

Otázky a úlohy:

1. Aký je význam chlorofylu v prírode? Kde sa vyskytuje?
2. Čo je retenčný faktor R_F a ako sa vypočíta?
3. Napíšte vzorec indoxylu. Aké sú jeho tautomérne formy?
4. Čo je luminiscencia?
5. Aký je rozdiel medzi fluorescenciou a fosforescenciou?
6. Prečo fruktóza poskytuje pozitívnu reakciu s Fehlingovým činidlom?
7. Napíšte vzorec ninhydrínu. Na dôkaz akých látok sa používa?

8. Prítomnosť akých látok ste dokázali v experimente 12.3.4 vo vode, v ktorej sa varila ryža použitím ninhydrínu a aké použitím Lugolovho roztoku (roztok jódu v jodide draselnom)?
9. Napíšte vzorec laktózy.
10. Prítomnosť akých látok (akej látky) ste dokázali v experimente 12.3.5 pomocou Fehlingovho činidla vo filtráte a akých látok v kožke z mlieka?

ZÁSADY BEZPEČNOSTI PRI PRÁCI V CHEMICKOM LABORATÓRIU

Pri práci v chemickom laboratóriu je nevyhnutné dodržiavať niekoľko základných pravidiel bezpečnosti, a to:

- Byť oboznámený s pracovným prostredím, únikovou cestou, polohou hasiaceho prístroja, piesku a lekárničky.
- Používať ochranné okuliare, ochranný odev a prezuvky.
- Experimenty vykonávať pozorne, kontrolovať zostavenie aparátúr a nerozptyľovať sa zbytočne okolím.
- Bezpečne pracovať a chovať sa tak, aby nedošlo k vzniku úrazu, požiaru, výbuchu, neboli ohrozené životy prítomných a iných osôb.
- Nevykonávať vymyslené pokusy, držať sa pokynov vyučujúceho.
- S chemickými látkami manipulovať veľmi opatrne, zabrániť ich styku s pokožkou, sliznicami, dýchacími orgánmi a zažívacím ústrojenstvom, všímať si ich označenie výstražným piktogramom, ktorý nám v prípade nebezpečenstva zaručí správny postup prvej pomoci alebo zakročenia pri ohrozujúcich situáciách. Zároveň je zakázané akýmkoľvek spôsobom poškodzovať informačné etikety na obaloch chemických látok.
- Dodržiavať poriadok a čistotu nielen v chemickom laboratóriu, ale aj na pracovnom stole. Na pracovnom stole sa nesmú zhromažďovať nepotrebné chemikálie. Po navážení či odmeraní potrebného množstva je použité chemikálie potrebné vrátiť späť na vyhradené miesto.
- V chemickom laboratóriu sa nesmie jesť, piť, fajčiť a umiestňovať osobné veci. Je zakázané inhalovať a ochutnávať chemické látky, ako aj ich nasávanie do pipety ústami.
- Pri nasadzovaní sklenených trubičiek, teplomerov do zátok alebo hadičiek je nutné chrániť ruky ochrannými rukavicami. Koniec skleneného predmetu nesmie mať ostré hrany.
- Pri manipulácii s otvorenými nádobami (banky, skúmavky) ich ústie musí byť odvrátené od osoby, ktorá s nádobou manipuluje ako aj od iných osôb.
- Chemické látky v tuhom skupenstve sa naberajú lopatkami, laboratórnymi lyžičkami alebo špeciálnymi špachtľami z materiálu nereagujúceho s danou látkou.

- Látky uvoľňujúce pri rozpúšťaní teplo sa rozpúšťajú po častiach za súčasného chladenia.
- Rozliate alebo rozsypané chemikálie je potrebné z pracovného stola alebo dlážky ihneď odstrániť (pozametáť rozsypanú chemikáliu, kvapalnú látku vsiaknuť do absorpčného materiálu, pozmývať, vzniknutý nebezpečný odpad umiestniť na k tomu určené miesto, miestnosť dôkladne vyvetrať).
- Pri rozliatí horľaviny je potrebné okamžite vypnúť elektrický prúd a rozpúšťadlo nechať vsiaknuť do vhodného materiálu (piesok), zabezpečiť vetranie laboratória.
- Zvláštnu opatrnosť je venovať pri práci s éterom a sírouhlikom, najmä pri ich zahrievaní.
- Pri zahrievaní horľavých kvapalín v bankách nesmie dôjsť k utajenému varu.
- Pri destilácii horľavých kvapalín je zakázané ponechať aparatúru bez dozoru.
- Pri chladení vodou musí sa kontrolovať prívod vody do chladiča.
- Pri odlievaní alebo prelievaní musia byť nádoby resp. prepravné obaly umiestnené tak, aby nedošlo k ich prevrhnutiu alebo rozbitiu.
- Odpadové rozpúšťadlá, po dokonalom odstránení zvyškov samozápalných látok a po neutralizácii, sa zhromažďujú v nádobách na to určených.
- Do odpadového potrubia, hygienických zariadení (WC misy, umývadlá) a kanalizácie je zakázané vylievat' akékoľvek chemické látky alebo zmesi, ako aj filtračné papiere nasýtené horľavinami.
- Zvyšky alkalických kovov a ich hydridov po reakciách musia byť ihneď zlikvidované. Ich likvidácia sa musí vykonávať v digestórii 96%-ným etanolom.
- Na chladenie reakčných nádob s alkalickými kovmi a ich hydridmi je zakázané používať vodu alebo alkohol.
- Pri práci s elektrickými zariadeniami je potrebné postupovať podľa návodu na ich obsluhu a podľa pokynov vyučujúceho. Chybné elektrické zariadenia je potrebné ihneď odpojiť a zistené nedostatky bezodkladne nahlásiť vyučujúcemu. Po skončení práce je potrebné elektrické zariadenie spoľahlivo odpojiť od elektrickej siete vypínačom.

- Pri zahrievaní na varičoch je nutné zabrániť kontaktu elektrických šnúr s vodou a elektrických šnúr a gumových hadíc s varičom. Olejové kúpele a variče sa musia pred odložením nechať vychladnúť.
- Pri práci s olejovým kúpeľom je potrebné dávať pozor na to, aby sa do oleja nedostala voda.

ZÁSADY PRVEJ POMOCI

Prvá pomoc má urýchlene zabezpečiť prerušenie expozície chemickej látky, čo spočíva v zamedzení vstupu nebezpečnej látky do organizmu, v znížení jej koncentrácie a urýchlenom vylúčení chemického faktora z organizmu. Ďalej má byť prvá pomoc zameraná na zabezpečenie základných životných funkcií postihnutého, nevyhnutné ošetrovanie jeho poranení a zabezpečenie odbornej zdravotnej pomoci.

Pre každú chemickú látku sú v karte bezpečnostných údajov uvedené osobité pokyny pre prvú pomoc.

Prvá pomoc pri bezvedomí

Urýchlene zistiť stav dýchania a krvného obehu. Ak postihnutý dýcha, uložíme ho do stabilizovanej polohy na pravom boku (hornú ľavú končatinu podložíme dlaňou pod tvár, pravú položíme za chrbát, hlavu zakloníme a ústami prikloníme k podložke, ľavú dolnú končatinu mierne pokrčíme), sledujeme dýchanie. Ak postihnutý nedýcha, pristúpime k umelému dýchaniu 30 stlačení hrudníka/2 vdychy.

Prvá pomoc pri dusení

Skontrolujeme priechodnosť dýchacích ciest a odstránime prekážky v dýchaní. Ak v dýchacích cestách uviazol cudzí predmet, pristúpime k postihnutému zozadu a 5 údermi dlane medzi lopatky sa snažíme spriechodniť dýchacie cesty. V prípade potreby použijeme Heimlichov manéver (pristúpime k postihnutému odzadu, objímeme ho a oboma rukami prudko stisneme stred v nadbrušku).

Prvá pomoc pri vdýchnutí chemickej látky

Okamžite postihnutého vyvedieme zo zamoreného prostredia, zabránime mu v akejkoľvek námahe vrátane chôdze, zabezpečíme postihnutému čerstvý vzduch a necháme ho v polohe, ktorá mu zabezpečí pohodlné dýchanie.

Prvá pomoc pri požití chemickej látky

Ak je osoba pri vedomí urýchlene zistíme, čo požila a zabezpečíme odbornú lekársku pomoc. Ak má postihnutá osoba popálené pery, dávame jej po dúškoch piť studenú vodu. Nikdy nevyvolávame vracanie. Ak postihnutý zvracia spontánne, držte ho prehnutého, aby nedošlo k vdýchnutiu obsahu žalúdka.

Prvá pomoc pri poliatí sa chemickou látkou

Pri poliatí chemickou látkou postihnuté miesto oplachujeme 15-20 minút pod prúdom studenej tečúcej vody. Poškodený odev odstránime tak, aby sa chemická látka nerozotierala po ďalších častiach tela. Prilepenú látku z kože neodstraňujeme, nestrhávame pľuzgiere, neodstraňujeme voľne visiacu kožu ani inak nezasahujeme do poleptanej časti tela. Nevtierame masti, krémy ani olej. Ranu prekryjeme sterilnou tkaninou.

Pri zasiahnutí oka chemickou látkou odstránime kontaktné šošovky a vyplachujeme oko prúdom tečúcej vlažnej vody po dobu 15 minút. Prúd nasmerujeme od vnútorného kútika smerom k vonkajšiemu, zabránime postihnutému trieť si oko, prekryjeme ho sterilnou tkaninou, v prípade potreby vyhl'adáme odbornú pomoc.

Prvá pomoc pri popálení a požiari

V prípade požiaru danú skutočnosť okamžite ohlásit' vyučujúcemu a na hasenie podľa rozsahu požiaru použijeme handru, piesok, prípadne hasiaci prístroj. Na hasenie elektrických zariadení a organických rozpúšťadiel nikdy nepoužívať vodu a vodný hasiaci prístroj. Malé popáleniny na pokožke ošetriť pod prúdom studenej vody, prekryť sterilnou tkaninou. Pri závažnejších popáleninách vyhl'adať odbornú lekársku pomoc.

Prvá pomoc pri porezaní

Drobné porezania napr. rozbitým sklom sa musia vypláchnuť prúdom tečúcej vody po dobu aspoň 10 minút, aby sme z rany odstránili prípadné drobné úlomky skla alebo chemikálie. Malé porezanie zvyčajne prestane krváčať samo pomerne rýchlo a môže byť prelepené náplast'ou, prípadne previazané hygienickým obvazom.

Veľké rany nevyplachujte vodou, odstráňte viditeľné, ľahko prístupné cudzie telesá, nikdy sa však nepokúšajte vytiahnuť hlboko zakliesnené teleso! Ranu silno stlačte vankúšikom gázy a jej okraje pritisnite k sebe. Ak ostalo v rane nejaké teleso, priamo na ranu netlačte. Vankúšik gázy pevne obviažte elastickým alebo iným obvazom.

POUŽITÁ LITERATÚRA

1. ČTRNÁCTOVÁ, H., HALBYCH, J., HUDEČEK, J.; ŠÍMOVÁ, J. *Chemické pokusy pro školu a zájmovou činnost*. Praha: Prospektrum, 2000. 295 s. ISBN 80-7175-057-3.
2. GANAJOVÁ, M. *Chemické experimenty s vybranými potravinami 1. část*. Prešov: Metodicko-pedagogické centrum, 2007. 56 s. ISBN 978-80-8045-461-6.
3. GANAJOVÁ, M. *100 chemických experimentov s vybranými potravinami*. Košice: Equilibria, 2010. 148 s. ISBN 9788089284641.
4. HARWOOD, L. M., MOODY, Ch. J., PERCY, J. M. *Experimental organic chemistry – Standard and microscale*. 2. vydanie Londýn: Blackwell Science, 1999. 716 s. ISBN 0-632-04819-0.
5. HEGER, J., HNÁT, I., PUTALA, M. *Názvoslovie organických zlúčenín*. Bratislava: Slovenské pedagogické nakladateľstvo, 2007. 117 s. ISBN 80-10-00346-8.
6. JANKŮ, Z. *Školní pokusy z organické chemie*. Praha: Nakladatelství Karolinum, 2008. 300 s. ISBN 978-80-246-1555-4.
7. KURACINA, R., GERULOVÁ, K., KASALOVÁ, I. *Chemické pokusy hravo a zaujímavo*. Trnava: AlumniPress, 2009. 88 s. ISBN 978-80-8096-097-1.
8. McMURRY, J. *Organická chemie*. Brno: Vutium, 2007. 1260 s. ISBN 978-80-214-3291-8.
9. MOKREJŠOVÁ, O. *Praktická a laboratorní výuka chemie na základních a středních školách*. Praha: Triton, 2005. 144 s. ISBN 80-7254-726-7.
10. MOODY, Ch. J., HARWOOD, L. M., CRANWELL, P. B. *Experimental organic chemistry*. 3. vydanie Londýn: John Wiley & Sons, 2017. 688 s. ISBN 9781119952381.
11. PROKŠA, M. *Chémia a my*. Bratislava: Slovenské pedagogické nakladateľstvo, 1997. 164 s. ISBN 80-08-02455-0.
12. PUTALA, M., SALIŠOVÁ, M., VENCEL, T. *Názvoslovie organických zlúčenín. Študijný materiál: stručné princípy a riešené príklady*. Bratislava: PriF UK, Katedra organickej chémie, 2015. [online] 2015 [Cit. 2025-01-31]. Dostupné na: https://fns.uniba.sk/fileadmin/prif/chem/kor/vyuka/Nazvoslovie_org_zl_ed2015.pdf.
13. StudiumChemie. Portál PriF UK pro podporu výuky chemie na SŠ a ZŠ. Chemické pokusy. [online] 2025 [Cit. 2025-02-05]. Dostupné na: <https://studiumchemie.cz/experiment/>

ŠPECIÁLNE PRAKTIKUM ŠKOLSKÝCH POKUSOV Z ORGANICKEJ CHÉMIE

Vysokoškolský učebný text

Autori: RNDr. Jana Špaková Raschmanová, PhD.
RNDr. Zuzana Kudličková, PhD.
RNDr. Kvetoslava Stanková, PhD.

Vydavateľ: Univerzita Pavla Jozefa Šafárika v Košiciach
Vydavateľstvo ŠafárikPress

Počet strán: 109
Rozsah: 6,73 AH
Vydanie: prvé



ISBN 978-80-574-0394-4 (e-publikácia)