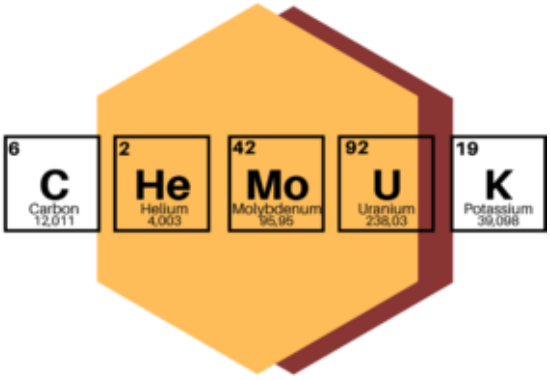


2026/2027

1. kolo

Zadanie

Predhovor

Milí CHEMoUK-ovia!

Srdečne vás vítame v novom ročníku korešpondenčného seminára CHEMoUK! Veľmi nás teší, že ste sa rozhodli zapojiť a venovať svoj voľný čas objavovaniu fascinujúceho sveta chémie.

Počas tohto školského roka vás čakajú tri kolá zaujímavých úloh z rôznych oblastí chémie. Niektoré preveria vaše vedomosti, pri iných budete musieť trochu potrápiť svoje hlavy a zapojiť logické a kreatívne myslenie, či dokonca ukázať svoju zručnosť. Naším cieľom nie je len otestovať, čo už viete, ale predovšetkým vám ukázať, že chémia ponúka oveľa viac, než sa zmestí do školských učebníc.

Všetky dôležité informácie, pravidlá seminára, termíny jednotlivých kôl aj zadania úloh nájdete na našej webovej stránke www.fns.uniba.sk/chemouk. Svoje vypracované riešenia budete odovzdávať prostredníctvom platformy Microsoft Teams, do ktorej vás pridáme po ukončení prihlasovania. Podrobnejšie pokyny k odovzdávaniu riešení nájdete priamo v Teams.

Na záver máme pre vás ešte jednu dôležitú radu. Pri riešení úloh môžete a často aj budete potrebovať pracovať s rôznymi informačnými zdrojmi. Nezabúdajte však informácie kriticky vyhodnocovať a overovať ich správnosť. Platí to aj pre nástroje umelej inteligencie, ktoré síce môžu byť užitočnými pomocníkmi, ale nie vždy poskytujú správne či spoľahlivé odpovede. Nenechajte preto AI premýšľať namiesto vás – využívajte ju s rozumom a nezabúdajte, že najdôležitejšie je vaše vlastné porozumenie problému. Práve schopnosť klásť otázky, hľadať odpovede a kriticky uvažovať patrí k základom vedeckej práce.

Prajeme vám veľa trpezlivosti, zvedavosti a najmä radosti z riešenia! Veríme, že sa pri úlohách naučíte niečo nové a možno objavíte aj oblasť chémie, ktorá vás nadchne.

Držíme vám palce a tešíme sa na vaše riešenia!

Za organizačný tím,

Karin Schniererová

Je to len abstrakcia I

Lukáš Bolek (bolek8@uniba.sk)

K napísaniu a vytvoreniu tejto úlohy do tohtoročného Chemouka ma inšpirovala dávna myšlienka môjho známeho na poli chémie. Dovolím si ho citovať: *„Chemická väzba je len abstrakcia, neexistuje.“* Doteraz netuším, ako veľmi to myslel vážne. To nám však nebráni mierne sa prehrýzť touto (abstraktnou) témou a zároveň si neprihodiť nebezpečný úraz kvantovo-mechanickými výpočtami, ktorým sa radšej oblúkom v tejto úlohe vyhneme.

Chemickú väzbu možno definovať ako príťažlivú interakciu dvoch alebo viacerých atómov sprostredkovanú valenčnými elektrónmi, ktorá spôsobuje vznik stálych viacatómových sústav, ako sú molekuly, radikály, ióny (napr. NH_4^+) a zlúčeniny.

Úloha 1: V tejto úlohe vyberáte z pomedzi troch alternatív (a, b, c) vždy len jednu správnu odpoveď.

1. Chemická väzba má vo výsledku príťažlivý charakter a na jej vzniku sa podieľajú interakcie (sily) medzi jadrami atómov a elektrónmi v obale, ktoré radíme hlavne medzi:
   a) gravitačné sily;
   b) elektrostatické sily;
   c) trecie sily.
2. Aby mohlo dôjsť k vzniku stabilného viazaného systému, musí platiť, že:
   a) výsledná príťažlivá sila je rovnaká ako výsledná odpudivá sila;
   b) výsledná príťažlivá sila je väčšia ako výsledná odpudivá sila,
   c) výsledná príťažlivá sila je menšia ako výsledná odpudivá sila.

Vznik chemickej väzby sprevádza nevyhnutný jav – energetická stabilizácia sústavy, teda zníženie energie sústavy pri vzájomnom naviazaní sa pôvodných častíc – atómov. Ak nedôjde k zníženiu energie, chemická väzba nevznikne. Toto tvrdenie by nám na prvý pohľad mohlo spôsobovať vrásky na čele, keďže sa zdá byť v rozpore s druhou vetou termodynamickou, ktorej jedna z formulácií znie: Samovoľné deje prebiehajú vždy v smere zvýšenia neusporiadanosti sústavy (t. j. vedú k nárastu entropie, čím sa zvyšuje počet možných mikrostavov). Uvedený „paradox“ však možno elegantne vysvetliť:

a) energetická stabilizácia je dôsledok a nie príčina vzniku chemickej väzby; energia, ktorú atómy uvoľnia do okolia pri vzniku chemickej väzby, zvyšuje entropiu okolia;

b) energetická stabilizácia je dôsledok a nie príčina vzniku chemickej väzby; energia, ktorú atómy uvoľnia do okolia pri vzniku chemickej väzby, znižuje entropiu okolia;
c) energetická stabilizácia je príčina a nie dôsledok vzniku chemickej väzby; energia, ktorú atómy prijmú od okolia pri vzniku chemickej väzby, zvyšuje entropiu okolia.

Rôzne látky sa od seba líšia rôznymi vlastnosťami. Táto rozdielnosť nepochádza len od rôznych atómov, z ktorých je látka zložená, ale aj z typu a charakteru chemickej väzby. Tradične rozlišujeme tieto typy väzieb:

1. **kovalentná väzba**, ktorú možno podľa polarity rozdeliť na:
   - nepolárnu,
   - polárnu,
2. **iónová väzba**;
3. **koordinačná väzba**, ktorá sa od kovalentnej líši len spôsobom vzniku, prakticky ich od seba nemožno rozlíšiť;
4. **kovová väzba**, ktorá je prítomná medzi atómami v kovoch.

Polaritu väzby určujeme podľa rozdielu elektronegativít navzájom viazaných atómov, pričom platí, že:

$0 < \Delta\chi < 0,4$: väzba je nepolárna

$0,4 < \Delta\chi < 1,7$: väzba je polárna

$\Delta\chi > 1,7$: väzba je iónová

Treba spomenúť, že iónovosť ako taká nie je absolútna, každá iónová väzba ma istý podiel kovalencie a kovalentná väzba ma istý podiel iónovosti. Z tohto hľadiska sa v literatúre niekedy iónová väzba úplne vyčleňuje ako samostatný typ väzby, hoci striktne ju oddeliť nemožno.

Za špecifické vlastnosti látok (napr. teplota varu, topenia a pod.) môžu byť zodpovedné aj medzimolekulové interakcie, medzi ktoré radíme napr. vodíkové mostíky a van der Waalsove sily. Tieto interakcie neradíme medzi chemické väzby.

Úloha 2:

1. K nasledujúcim chemickým vzorcom látok uveďte, aký typ chemickej väzby sa nachádza medzi atómami tvoriacimi látku. Pri každom type väzby uveďte aj zdôvodnenie, prípadne postup určenia. V prípade kovalentnej väzby uveďte aj typ z hľadiska polarity:

NaCl, Br_2, HCl, H_2O, Ni

V ktorej z uvedených látok možno v tuhom alebo kvapalnom stave medzi jej molekulami pozorovať vodíkové mostíky? Svoju odpoveď zdôvodnite.

2. Vo vodnom roztoku modrej skalice možno detegovať prítomnosť pentaakvameďnatých katiónov, ktoré sfarbujú roztok do modra.
   - nakreslite štruktúrny vzorec pentaakvameďnatého katiónu (nemusíte brať do úvahy tvar koordinačného polyédra);
   - vypočítajte rozdiel elektronegativít medzi centrálnym atómom a donorovým atómom ligandu a na základe neho určte polaritu chemickej väzby;
   - určte typ chemickej väzby medzi centrálnym atómom a donorovým atómom ligandu na základe spôsobu vzniku.

V súčasnosti jestvuje viacero teórií snažiacich sa čo nepresnejšie opísať chemickú väzbu, jej vznik, charakter a dôsledky na vlastnosti látok. Napriek obrovskému vedeckému pokroku, všetky súčasné teórie venujúce sa chemickým väzbám odhaľujú vždy len časť pravdy, zvyšok stále ostáva skrytý za oponou nášho poznania. V niektorých prípadoch jedna teória rozvíja druhú, v niektorých si navzájom protirečia, prichádzajú s odlišnými výsledkami a chemikovi ostáva veriť, že realita sa nachádza niekde uprostred medzi dvoma extrémami.

Kovalentné väzby opisujú nasledovné teórie:

- **teória spoločného elektrónového páru;**
- **teória valenčných väzieb (VB)**, ktorú rozvíjajú **teória hybridizácie** a čiastočne aj **teória odpudzovania elektrónových párov (VSEPR);**
- **teória molekulových orbitálov (MO);**

Koordinačným väzbám sa venujú teórie:

- **teória kryštálového poľa;**
- **teória ligandového poľa.**

Kovovú väzbu opisujú tieto teórie:

- **teória elektrónového plynu;**
- **pásová teória.**

V rámci nasledujúcej úlohe sa nebudeme venovať všetkým teóriám, skôr si na konkrétnych príkladoch ukážeme ich aplikáciu. V prípade niektorých teórii v krátkosti ponúkneme aj stručný výklad, avšak pre zvládnutie úloh bude potrebná aj práca s literatúrou či inými odbornými zdrojmi.

V úlohe 2 ste sa venovali charakteru chemickej väzby aj v molekule vody. Teraz sa pozrieme, ako mohla táto chemická väzba medzi atómami vzniknúť – pomocou teórie valenčných väzieb a teórie hybridizácie.

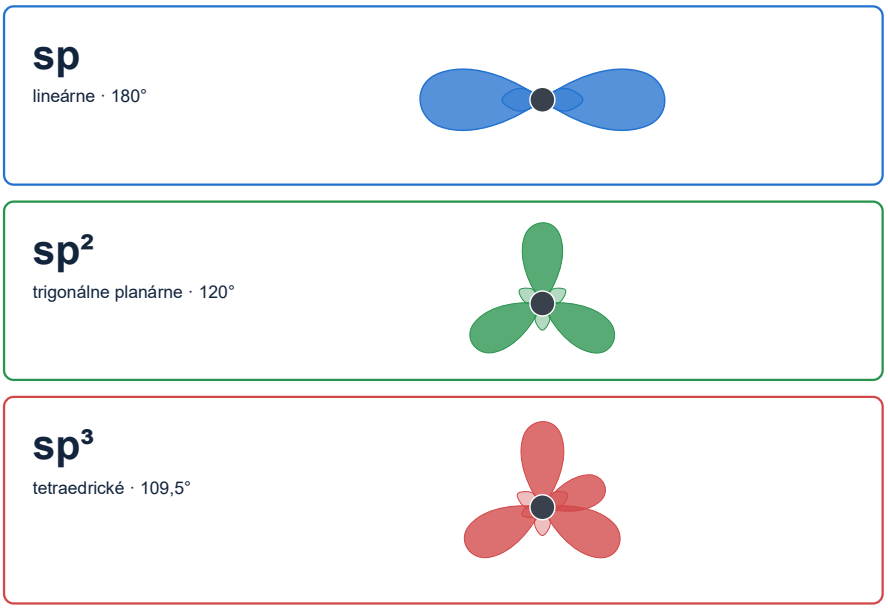
Úloha 3: Najprv sa zamerajme na teóriu valenčných väzieb:

a) napíšte úplnú elektrónovú konfiguráciu atómu kyslíka a dvoch atómov vodíka v základnom stave a ich valenčnú sféru zobrazte i v rámčekovom diagrame;
b) určte, ktorý atóm bude v molekule vody centrálny a ktoré atómy sa naň budú viazať;
c) určte, ktorý orbitál dvoch atómov vodíka (presne) sa podieľa na vzniku chemickej väzby;
d) určte, ktoré orbitály jedného atómu kyslíka (presne) sa podieľajú na vzniku chemickej väzby;
e) do karteziánskej súradnicovej sústavy zakreslite orbitály (reprezentujúce ich tvar) jedného atómu kyslíka, ktoré sa podieľajú na vzniku chemickej väzby;
f) do tej istej súradnicovej sústavy zakreslite orbitály (reprezentujúce ich tvar) dvoch atómov vodíka a vhodne znázornite prekryvy orbitálov tvoriacich chemickú väzbu v molekule vody;
g) na základe vyššie uvedeného nakreslite elektrónový štruktúrny vzorec molekuly vody a určte väzbový uhol medzi centrálnym atómom a na neho viazanými atómami, ktorý vyplýva zo zakreslenia prekryvu orbitálov v súradnicovej sústave (berte do úvahy len vaše zakreslenie, nepoužívajte teóriu VSEPR);
h) atóm kyslíka disponuje vo svojej valenčnej sfére elektrónmi, ktoré sa však nezapojili do chemickej väzby, no tvoria neväzbový (voľný) elektrónový pár – určte počet neväzbových elektrónových párov na atóme kyslíka v molekule vody.

Úloha 4: A teraz skúsime opísať molekulu vody pomocou teórie hybridizácie, ktorá nám vysvetľuje tvar molekúl. Proces hybridizácie predstavuje lineárnu kombináciu[1] atómových

[1] Nie raz sa stretávame s javom, kedy sa žiaci stredných škôl poctivo naučia definíciu hybridizácie, ktorú potom svedomito zopakujú pred maturitnou komisiou (v tom šťastnom prípade). Málokto však vie, čo si má pod

orbitálov toho istého atómu za vzniku hybridných orbitálov, pričom platí, že počet atómových orbitálov, ktoré sa hybridizujú, je rovnaký, ako počet vzniknutých hybridných orbitálov. Takýto hybridný orbitál má však odlišný tvar a energiu ako pôvodné atómové orbitály, z ktorých vznikol. Pri kombinácii jedného orbitálu s a jedného orbitálu p vznikajú dva sp-hybridné orbitály, pri kombinácii jedného orbitálu s a dvoch orbitálov p vznikajú tri sp^2-hybridné orbitály a pri kombinácii jedného orbitálu s a troch orbitálov p vznikajú štyri sp^3-hybridné orbitály, čo znázorňuje obr. 1. V prípade ak sa hybridizácie zúčastňujú len orbitály s väzbovými elektrónmi, hovoríme o ekvivalentnej hybridizácii, v prípade, že sa jej zúčastňujú aj orbitály s neväzbovými elektrónovými pármi hovoríme o hybridizácii neekvivalentnej. Uvedené platí len v prípade, ak sa hybridizácie nezúčastňuje aj d orbitál. Napríklad hybridizácia SP^3D by bola taktiež neekvivalentná.



Obr. 1. Tvary hybridných orbitálov.
zdroj: vygenerované nástrojom umelej inteligencie

a) napíšete úplnú elektrónovú konfiguráciu centrálneho atómu v molekule vody (ešte pred samotným vznikom molekuly vody);

termínom „lineárna kombinácia“ predstaviť. Pomerne jednoduché vysvetlenie spočíva v tom, že ak si opíšeme elektróny pomocou vlnovej funkcie, ktorú vyjadríme príslušnou matematickou rovnicou, dostaneme výsledky, ktoré nám hovoria, kde by sa približne mohol elektrón nachádzať – a síce v atómovom orbitále. Ak teda zoberieme dva (príp. viac) atómových orbitálov a ideme ich lineárne kombinovať (hybridizovať), znamená to, že pri sčítaní funkcií (rovníc) rozdielnych orbitálov v istom pomere ostávajú všetky tieto funkcie vo výraze umocnené na prvú – nestávajú sa z nich kvadratické, ostávajú lineárne.

b) v rámčekovom diagrame vyznačte, ktoré orbitály (presne) centrálneho atómu sa budú hybridizovať;
c) napíšte názvy vzniknutých hybridných orbitálov a znázornite ich v rámčekovom diagrame;
d) znázornite prekryvy hybridných orbitálov centrálneho atómu s ostatnými atómami tvoriacimi molekulu vody, pričom zohľadnite tvar hybridných orbitálov;
e) napíšte, ako sa nazýva geometrický útvar, do vrcholov ktorého smerujú elektrónové páry okolo centrálneho atómu;
f) pomenujte reálny tvar molekuly vody a určte väzbový uhol medzi centrálnym atómom a na neho viazanými atómami (môžete si pomôcť aj teóriou VSEPR);
g) určte, o aký typ hybridizácie (ekvivalentná/neekvivalentná) ide a svoju odpoveď zdôvodnite;
h) je rozdiel v tvare molekuly vody podľa teórie valenčných väzieb a podľa teórie hybridizácie? Ak áno, uveďte rozdiely a poukážte na to, ktorá teória vystihuje skutočný tvar molekuly vody.

Na ďalšiu z mnohých teórií, teóriu molekulových orbitálov sa pozrieme v ďalšom kole...

Núdzová situácia na CHEMOUK-1

Jakub Orság (orsag13@uniba.sk)

Tento rok sa organizátori Chemouka rozhodli posunúť hranice svojho pôsobenia doslova až do vesmíru. Po mesiacoch príprav odštartovala z kozmodrómu Ilkovič vesmírna loď CHEMOUK-1. Jej cieľom je uskutočniť prvú chemickú výskumnú misiu pod záštitou Chemouka na obežnej dráhe Zeme.

Prvé dva dni misie prebiehali podľa plánu. Štvorčlenná posádka vykonávala experimenty a obdivovala výhľad na Zem. Nič nenasvedčovalo tomu, že by sa malo niečo pokaziť. Až do chvíle, keď ste počas svojej služby v riadiacom stredisku zachytili znepokojivú správu:

„Riadiace stredisko, tu CHEMOUK-1. Máme problém! Koncentrácia oxidu uhličitého v kabíne začína stúpať. Zdá sa, že naše filtre nefungujú tak, ako by mali.“

Po krátkej kontrole sa potvrdili najhoršie obavy. Filtre určené na zachytávanie CO_2 nedosahujú účinnosť deklarovanú výrobcom. Životy posádky sú teraz vo vašich rukách, čas beží a koncentrácia CO_2 stúpa!

Pri riešení úlohy predpokladajte, že všetky plyny sa správajú ideálne a všetky uvažované chemické reakcie prebiehajú kvantitatívne.

Fáza 1: Prvá vec, ktorú treba vyriešiť je identifikácia materiálu, ktorý bol použitý vo filtroch. Keďže etiketa bola poškodená, museli ste vykonať zopár dôkazových reakcií. Zaznamenali ste tieto pozorovania:

- Po pridaní vody reagovala látka za uvoľnenia veľkého množstva tepla a vznikla biela suspenzia.
- Po pridaní zriedenej kyseliny chlorovodíkovej sa biela tuhá látka rozpustila a vznikol bezfarebný roztok.
- Po pridaní roztoku šťaveľanu amónneho k získanému roztoku sa opäť vytvorila biela zrazenina.
- Pri plameňovej skúške látka sfarbila plameň do tehlovočervena.

a) Na základe uvedených pozorovaní určte chemický vzorec pôvodného absorbentu CO_2.

b) Napíšte vyčíslené chemické rovnice uskutočnených dôkazových reakcií. Pri všetkých reaktantoch a produktoch uveďte ich skupenstvo, resp. stav.

c) Napíšte vyčíslenú chemickú rovnicu reakcie, ktorou pôvodný absorbent zachytáva CO_2.

Fáza 2:. Pri vypúšťaní rakiet na obežnú dráhu zeme je ohromne dôležité dbať na váhu nákladu. Čím ťažší bude tým viac paliva musíme naložiť. V sklade ste našli nasledovné látky:

NaOH, Cs_2O, CaO, $Ca(OH)_2$, LiOH, $Fe(OH)_2$

Pre každú napíšte jej reakciu s CO_2 a vypočítajte potrebnú hmotnosť na absorbovanie 1 mol CO_2. Vyberte absorbent ktorý najefektívnejšie vychytáva CO_2 s ohľadom na hmotnosť.

Predpokladajte, že CO_2 je limitujúcim reaktantom a absorbent je v nadbytku. Neuvažujte následné reakcie vzniknutých produktov s ďalším CO_2.

Fáza 3: Štvorčlenná posádka musí na obežnej dráhe vydržať ešte ďalších 48 hodín. Kabína má 75 m^3, je v nej udržiavaná teplota 22 °C a štandardný atmosférický tlak. Objemová koncentrácia CO_2 nesmie presiahnuť 0,4 %, súčasná hodnota je 0,1 %. Priemerná hmotnosť vyprodukovaného CO_2 človekom za hodinu je 42 g.

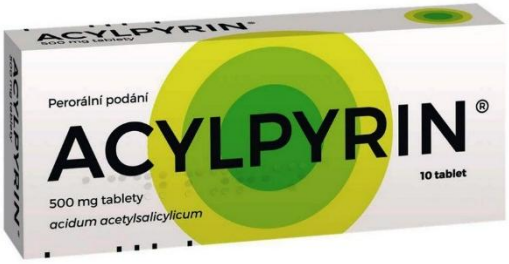
a) Koľko CO_2 vyprodukuje posádka do konca misie? Aká by bola výsledná koncentrácia, ak sme nevychytali žiaden CO_2?

b) Aká minimálna hmotnosť vami vybratého absorbentu je potrebná, aby koncentrácia CO_2 nepresiahla požadovaný limit?

Veda v zástere 1 – Liečivá

Peter Dudáš (dudas36@uniba.sk), Filip Holec, Eva Žilková

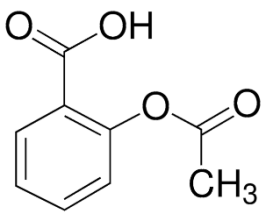
Žijeme v dobe, kedy sme veľmi ovplyvňovaní modernými technológiami, sociálnymi sieťami a taktiež umelou inteligenciou. Všetky tieto nástroje sú relatívne dobrým a spoľahlivým zdrojom informácií pre chemikov, od študentov stredných škôl až po vysokoškolských profesorov. Ale ku každej teórii patrí jednoznačne aj prax, pretože práve tá nám poskytuje niekedy viacej informácií ako odborná literatúra. A práve preto sme sa tento rok rozhodli, že Vás, riešiteľov CHEMoUK-a, postavíme trocha zo stoličiek, od teoretických úloh, práve do laboratórií. Prvým stretom chemika s laboratórium nezačína v škole, ale práve v kuchyni.



Liečivá sú v dnešnej dobe viac-menej denným parťákom pre každého z nás. Už babky bylinkárky vedeli, že v rôznych bylinkách sa ukrýva moc liečiť a preto sa v nich aj dobre vyznali. V dnešnej dobe na to ideme ale už viacej vedecky, s presným popisom, ako organické látky vplývajú na ľudský organizmus. Vývoj nového lieku začína pri návrhu molekuly, podľa toho, kde má účinkovať. Následne dochádza k sérii testov, kde sa zohľadňujú rôzne parametre, ako je liečivo stabilné, distribuované v organizme, prípadne či nedochádza k vedľajším účinkom na testoch na bunkách. Následne dochádza k testovaniu na živých organizmoch a až pokiaľ liečivo prejde touto fázou je možné ho uviesť na trh.



Acylpyrín, alebo teda kyselina acetylsalicilová, patrí k jednému z prvých komerčne dostupných liečiv už od roku 1899 a to prácou Felixa Hoffmanna z firmy Bayer. Ten ju pripravoval dvojkrokovou syntézou. Prvý krok predstavuje Kolbe-Schmittova reakcia, kde z fenolu a oxidu uhličitého za vysokého tlaku a hydroxidu sodného pripravil sodnú soľ kyseliny salicilovej. V druhom kroku nechal túto soľ zreagovať s chloridom kyseliny octovej a získal kyselinu acetylsalicilovú.



V tomto kole bude Vašou úlohou jednoduchá izolácia kyseliny acetylsalicilovej z acylpyrínu (viď obrázok). Nakoľko každý liek okrem aktívnej látky (liečiva) obsahuje aj nejaké prímesi, napríklad pre lepšiu stabilitu, tvar tabletka a podobne, je nutné ich správnym spôsobom odstrániť.

Čo budete potrebovať?

1 balenie acylpyrínu ako na obrázku, 20 ml etanolu, voda, 1 menší a 2 väčšie poháre, lievik, 2 ks odličovací tampón

POSTUP:

1. Dve tabletky acylpyrínu poriadne podrvte na jemný prášok.
2. Prášok preneste do menšieho pohára a zalejte 20 ml etanolu.
3. Roztok dôkladne miešajte 5 minút , aby sa zabezpečilo kvantitatívne rozpustenie acylpyrínu.
4. Následne si postavte jednoduchú aparatúru na filtráciu. Na vrch väčšieho pohára umiestnite lievik, do ktorého vodorovne umiestnite odličovací tampón.
5. Pripravený roztok následne prefiltrujte cez pripravenú aparatúru na filtráciu.
6. Do filtrátu, roztoku v pohári, pridajte 100 ml studenej vody a roztok umiestnite do mrazničky na 30 minút, aby došlo k vykryštalizovaniu produktu.
7. Počas čakania si zatiaľ zostrojte znova aparatúru na filtráciu ako v bode **4**. Nezabudnite ale použiť čistý odličovací tampón.
8. Po uplynutí 30 minút roztok z mrazničky vyberte a prefiltrujte na pripravenej aparatúre. Pokiaľ sa produkt nevykryštalizoval, jemne steny pohára pošúchajte lyžičkou a nechajte postáť.
9. Filtračný papier s produktom dajte vysušiť na teplé miesto na 24 hodín.
10. Po uložení filtračného papiera na teplé miesto si všetko po sebe poriadne poupratujte.
11. Po uplynutí 24 hodín produkt z tampónu opatrne preneste na čistý papier a označte ho CHEMoUK 2026.



Nakoľko za Vašu prácu by sme vám aj radi pridelili nejaké body, keďže stále ide o súťaž, budem potrebovať od vás nejaký dôkaz, že ste úlohu aj robili. Počas práce v kuchyni si pravidelne foťte jednotlivé kroky (roztok s tabletkou, filtrácia, vykryštalizovaný produkt z mrazničky, produkt na označenom papieri) a tieto nám následne vložíte do protokolu podľa šablóny.

Čo má obsahovať protokol:

1. **Hlavička:** Tu uvediete názov úlohy a označenie, ako pri iných úlohách.
2. **Teoretický úvod:** Tu popíšete nejaký krátky úvod o liečive, na čo je dobré a podobne.
3. **Pomôcky:** Tu uvediete, čo všetko ste na prácu potrebovali.
4. **Postup:** Tu v jednotlivých krokoch popíšete, ako ste postupovali a pri relevantných krokoch aj fotodokumentáciu, ktorá je spomínaná vyššie.
5. **Diskusia:** Tu opíšete, čo ste počas práce pozorovali, ako sa správal roztok, zrazenina, tuhá látka, a ako by ste možno postup vylepšili, prípadne nejaké vaše vychytávky, čo ste počas práce použili.
6. **Záver:** Tu opíšete, čo čo sa Vám počas práce podarilo a čo vám táto úloha dala. Taktiež budeme radi, ak nám tu zanecháte v zvlášť odstavci hodnotenie úlohy.

Odovzdávať nám budete iba takto štruktúrovaný protokol s fotodokumentáciou ako PDF. Pre objektívne hodnotenie prosíme, aby ste túto úlohu robili samostatne, nie v skupinkách.

Veľa šťastia pri Vašej práci – tím autorov 😊