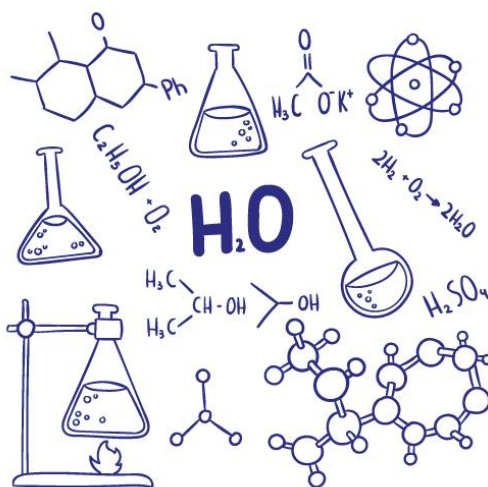




KEMIJA S VJEŽBAMA

Interna skripta za četvrti razred prirodoslovne gimnazije



Autor: Vedran Vulić

Prirodoslovna škola Vladimira Preloga, Zagreb, rujan 2026.

TABLICA SADRŽAJA

PISANJE LABORATORIJSKOG DNEVNIKA.....	2
PRUŽANJE PRVE POMOĆI U KEMIJSKOM LABORATORIJU	4
GRAFIČKI I TABLIČNI PRIKAZ PODATAKA	6
Kvalitativna analiza sastava organskog spoja	9
Funkcionalne skupine.....	11
Najčešće metode i tehnike rada u organskoj kemiji	12
Kromatografija	13
PREKRISTALIZACIJA.....	14
Destilacija.....	15
Destilacija pri atmosferskom tlaku	16
Frakcijska destilacija.....	17
Destilacija vodenom parom.....	19
Nezasićeni ugljikovodici – Alkeni	20
Nezasićeni ugljikovodici – Alkini	22
Halogenalkani (Alkil-halogenidi).....	24
Sinteza i svojstva octene kiseline.....	25
Esteri.....	26
Acetilsalicilna kiselina (Aspirin®).....	27
Sinteza benzojeve kiseline i benzilnog alkohola.....	28
Talište	29
Polimeri.....	30
Ugljikohidrati.....	32
Monosaharidi i disaharidi	33
Polisaharidi	34
Hidroliza škroba enzimima	35
Refraktometrija	36
Kemijska kinetika – Inverzija saharoze	38
Masti i ulja	40
Krema za ruke	41
Tko se boji sapuna još?	42
Kromatografija aminokiselina	43
Potenciometrijska titracija aminokiselina.....	44
Proteini – Reakcije dokazivanja proteina.....	46
Proteini – Denaturacija i koagulacija.....	47
Enzimi	48
Fotokolorimetrija	49
Upute za rad s fotokolorimetrom – Vernier.....	51
Dodatak.....	56
Literatura:	57

PISANJE LABORATORIJSKOG DNEVNIKA

Svaka vježba u laboratorijskom dnevniku treba sadržavati sljedeće sastavnice napisane **točno ovim redoslijedom**:

- 1.) **NAZIV VJEŽBE** – naziv vježbe koji jasno daje naslutiti o čemu će biti riječ
- 2.) **RADNI ZADATK** – radni zadatak vrlo kratko i pobliže opisuje naziv vježbe, odnosno pokazuje cilj vježbe
- 3.) **PRIBOR I KEMIKA LIJE** – potrebno je navesti sav stakleni, metalni, porculanski i ostali pribor koji se koristio tijekom vježbe; također, potrebno je navesti i sve kemikalije (naziv i kemijsku formulu) te njihova agregacijska stanja kao i koncentraciju
- 4.) **OPIS POSTUPKA** – kratko opisati postupak koji se koristio tijekom rada. Opis postupka mora biti svakome tko ga čita jasan do te mjere da ga može izvesti bez poteškoća.
- 5.) **SKICA APARATURE** – skica aparature crta se rukom, **NAŠILJENOM** grafitnom olovkom ili tehničkom olovkom uz pomoć **PRIBORA ZA CRTANJE** (ravnalo, trokut); na crtežu je potrebno naznačiti što se nalazi u pojedinom dijelu aparature; crteži trebaju biti uredni i pregledni te treba paziti na omjere. Aparatura se sastoji od minimalno **DVA DIJELA**. Npr. Ako se cijela vježba izvodila u jednoj ili više čaša i/ili epruvetama to NIJE aparatura.
- 6.) **OPAŽANJA** – kratkim rečenicama ili natuknicama potrebno je navesti sva bitna opažanja, tj. sve ono što ste **VIDJELI, OSJETILI MIRISOM, OPIPOM** ili **SLUHOM**. Npr.: Miješanjem plave otopine A i zelene otopine B nastaje žuti talog. Dodatak bezbojne otopine C nastalom žutom talogu, uzrokuje pojavu mjehurića i nestanak taloga.
- 7.) **JEDNADŽBA KEMIJSKE REAKCIJE** – opis promjene simbolički je prikaz (zapis) promjene koja se dogodila u vježbi bilo da se radi o kemijskoj ili fizikalnoj promjeni; sve kemijske promjene opisuju se jednadžbama kemijske reakcije u kojima se **OBAVEZNO** naznačuje **AGREGACIJSKO STANJE** svakog sudionika reakcije, a piše se u ravnini s kemijskim simbolima (NE u INDEKSU); za opis fizikalnih promjena i hodograma pokusa koristiti sheme i **dijagrame tijeka**.
- 8.) **REZULTATI MJERENJA** – kod rezultata mjerenja ili eksperimentalnih podataka potrebno je zapisati sve odmjerene volumene tekućine ili odvagane mase tvari; ukoliko ima puno podataka, podaci se mogu organizirati tablično radi bolje preglednosti; **TABLICA IMA SVOJ NAZIV KOJI SE PIŠE IZNAD SAME TABLICE! IZA BROJA SLIJEDI KRATAK OPIS ŠTO TABLICA PRIKAŽUJE!**
- 9.) **RAČUN** – izračun mora sadržavati sve izraze i formule, pravilne oznake fizikalnih veličina (m , V , p , ...) i mjerne jedinice **u svakom koraku računa**
- 10.) **GRAFIČKI PRIKAZ** – grafovi se crtaju **NAŠILJENOM** grafitnom olovkom ili tehničkom olovkom na **milimetarskom papiru** koji treba zalijepiti u dnevnik rada; **SVAKI GRAF IMA SVOJ NAZIV KOJI SE PIŠE ISPOD SLIKE, A U NASTAVKU SLIJEDI KRATAK OPIS ŠTO PRIKAŽUJE GRAF**; u prvom polugodištu grafove crtate rukom, a u drugom možete koristiti alat MS Excel – vidjeti **Grafički i tablični prikaz podataka**
- 11.) **ZAKLJUČAK** – u zaključku treba kratko objasniti uočene promjene, iznijeti i komentirati najvažnije rezultate pokusa; zaključak se uvijek i prije **svega iznosi na temelju opažanja, jednadžbe kemijske reakcije odnosno promjene do koje je došlo**; osim toga, treba navesti načine kako bi se moglo postići bolje rezultate i objasniti gdje su eventualni nedostaci eksperimenta; također, u zaključku se **MORA u jednoj rečenici odgovoriti na RADNI ZADATAK**; primjerice ako je radni zadatak: odrediti gustoću uzorka metala, onda u zaključku jedna rečenica mora biti: gustoća uzorka metala iznosi g/mL te se prema literaturnim podacima može zaključiti da je uzorak metala olovo;

LABORATORIJSKI DNEVNIK DIO JE PRIBORA I UVIJEK GA MORATE IMATI NA VJEŽBAMA! NASTAVNIK MOŽE BEZ PRETHODNE NAJAVE OD UČENIKA ZATRAŽITI LABORATORIJSKI DNEVNIK NA PREGLED TE GA OCIJENITI!

PRAVILA REDA I RADA – MJERE SIGURNOSTI PRI RADU U KEMIJSKOM LABORATORIJU

Zbog mnogih opasnosti koje prijete u laboratoriju, treba ponoviti način rada, mjere sigurnosti i opreza. Neoprezan i nepromišljen pristup radu u kemijskom laboratoriju može lako izazvati nezgodu. Zbog toga svaki član laboratorijskog kolektiva mora biti potpuno i ozbiljno svjestan svojih dužnosti:

- proučiti dobro propis za rad, raditi pažljivo, te se pridržavati svih uputstava,
- za vrijeme boravka u laboratoriju i tijekom izvođenja vježbi potrebno je nositi **ZAKOPČANU** pamučnu ili lanenu **KUTU** i **zaštitne naočale**,
- osobe koje imaju dužu kosu, obavezno povezuju kosu,
- prilikom rada s koncentriranim kiselinama i/ili lužinama, uz prethodno navedenu zaštitnu opremu, obavezno je i nošenje zaštitnih rukavica,
- zaštitne rukavice se nikada ne nose pri radu s plinskim plamenikom,
- pripremiti sve što je potrebno za rad i sve što bi moglo zatrebati tijekom izvođenja vježbe,
- posuđe kojim se služite pri izvođenju vježbe mora biti čisto, a svi ostaci po završetku vježbe, moraju se baciti u za to određenu posudu,
- kemikalije iz laboratorija ne uzimati niti odnositi, za bilo kakvu upotrebu, izvan laboratorija,
- apsolutno svaku kemikaliju smatrati otrovom i tako se odnositi prema njoj,
- kemikalije se ne pipetiraju ustima, već korištenjem propipete,
- otvor epruvete (posude) pri zagrijavanju držati okrenut od sebe, ali paziti na kolegu/icu,
- pri sastavljanju aparatura uvijek ispitati sve cijevi na aparaturi (da nije neka slučajno začepljena) jer može doći do eksplozije,
- ne nositi u laboratorij ukrasne predmete (posebno one vrijedne), jer u slučaju štete škola ne odgovara - nastojati da laboratorij uvijek bude dobro proventiliran,
- prati ruke nakon izvedene vježbe, **NE jesti i NE piti u laboratoriju**,
- ne ostavljati aparaturu bez nadzora dok se reakcija odvija,
- nikada ne raditi sam/a u laboratoriju,
- **voditi brigu o urednosti i organiziranosti radnog mjesta u laboratoriju**,
- oprezno postupati pri radu s lako hlapljivim i lako zapaljivim tvarima (npr. eter, aceton, alkohol, benzin i sl.). Ove tekućine ne smiju se držati u otvorenim bocama ili posudama koje se ne mogu potpuno zatvoriti (pare ovih tvari u smjesi sa zrakom su lako zapaljive i eksplozivne smjese),
- lako hlapljive i lako zapaljive tvari ne grijati otvorenim plamenom (ne paliti plamenik u blizini ovih tvari), a najbolje je s ovim kemikalijama raditi s posebnim oprezom u digestoru,
- prije napuštanja radnog mjesta i laboratorija: **ugasiti sve plinske plamenike, zatvoriti dovode plina i vode, isključiti električne grijače i druge uređaje, spremi reagense na svoje mjesto, obrisati sve izljeve i radno mjesto**
- ako se i pored sveg opreza dogodi nezgoda pozvati:

194 - hitna pomoć,

193 - vatrogasci,

112 - poziv za žurnu pomoć.

PRUŽANJE PRVE POMOĆI U KEMIJSKOM LABORATORIJU GHS PIKTOGRAMI OPASNOSTI

Da bi se olakšala trgovina na svjetskoj razini i istovremeno zaštitilo zdravlje ljudi i okoliš, u okviru Ujedinjenih naroda (UN) su tijekom 12 godina brižljivoga rada izrađeni usklađeni kriteriji za razvrstavanje i označivanje, koji su rezultirali Globalno usklađenim sustavom razvrstavanja i označivanja kemikalija (GHS).

Opasnosti pri upotrebi opasnih tvari i smjesa prikazane su piktogramima u **obliku romba s crvenim obrubom**.

					
nagrizajuće	eksplozivno	zapaljivo	opasno za vodeni okoliš	oksidirajuće	opasno za zdravlje

		
otrovno	plin pod tlakom	štetno

U kemijskom laboratoriju postoji mogućnost od raznih povreda tijekom rada zato svaka osoba koja radi u kemijskom laboratoriju mora znati osnove prve pomoći, odnosno osnovne postupke kako pomoći sebi ili drugoj povrijeđenoj osobi. U kemijskom laboratoriju povrede možemo svrstati u nekoliko najčešćih kategorija.

1.) OPEKLINE

- najčešće nastaju zbog hvatanja vrućih predmeta golim rukama, ali mogu nastati i zbog polijevanja vrućim tekućinama
- opečeno mjesto potrebno je hladiti pod mlazom hladne vode iz vodovoda (optimalno 15 °C); **NIKAKO koristiti led, masti, kreme, praškove i ostale pripravke te ih stavljati na opečeno mjesto** (Zašto?)
- ako je opekline veća i došlo je do stvaranja plikova na opečeno mjesto potrebno je staviti **ALUPLAST** (flaster za opekline) pri čemu **metalizirana (srebrnosiva) strana ide na opečeno mjesto – HITNO ZATRAŽITI MEDICINSKU POMOĆ**

2.) POSJEKOTINE

- najčešće nastaju pri radu sa staklenim priborom, a okarakterizirane su vanjskim krvarenjem
- ako je posjekotina manja, a krvarenje kapilarno ono prestaje samo po sebi ili se zaustavlja stavljanjem manjeg ili većeg flastera ranu koja se prethodno može očistiti antiseptičkim sredstvom za rane, kao što je primjerice *Octenisept* – **NE ČISTITI RANU ALKOHOLOM, MAZATI KREMAMA, MASTIMA ILI BILO KAKVIM DRUGIM PRIPRAVCIMA**
- ukoliko je posjekotina veća, a krvarenje vensko ili arterijsko, potrebno je provjeriti je li u rani ostao komadić stakla i odstraniti ga sterilnom pincetom; napraviti stisak (kompresiju) na žilu koja je blizu posječenog mjesta; u pravilu na ruku (nadlaktica); na ranu se stavlja kompresivni zavoj – **HITNO ZATRAŽITI MEDICINSKU POMOĆ**

3.) POVREDE UZROKOVANE KEMIJSKIM DJELOVANJEM REAGENSA

- najčešće su povrede kože i očiju, a nastaju zbog ne nošenja zaštitnih rukavica odnosno zaštitnih naočala – **UVIJEK NOSITI ZAŠTITNE NAOČALE**
- najopasnije kemikalije u laboratoriju su jake i koncentrirane kiseline i lužine - ako kiselina ili lužina dospije na kožu potrebno je poliveno mjesto odmah obrisati krpom i ispirati pod mlazom tekuće vode; **NE NEUTRALIZIRATI KOŽU SLABIM KISELINAMA ILI LUŽINAMA**
- dođe li do vidljivih promjena na koži (u obliku plikova, opekline, mjehura...) potrebno je odmah zatražiti medicinsku pomoć
- ako kiselina ili lužina dospije u oko potrebno je što prije oko dugotrajno ispirati (**minimalno 15 minuta**) pod mlazom vode i **HITNO ZATRAŽITI MEDICINSKU POMOĆ**

4.) TROVANJA

- najčešće nastaju uslijed udisanja otrovnih para ili gutanja štetnih kemikalija
- ukoliko je došlo do gutanja treba postupiti ovisno o tome što je progutana tvar; ako je progutana tvar kiselina, lužina, soli teških metala, benzin, petrolej, otapala za boje ili tvar koja uzrokuje pjenjenje - **NIKAKO SE NE IZAZIVA POVRAĆANJE - HITNO ZATRAŽITI MEDICINSKU POMOĆ**
- kod ostalih progutanih tvari, popiti 2 – 3 žlice aktivnog ugljena (*carbo medicinalis*) u čaši vode; NE davati aktivni ugljen ako je progutana kiselina ili lužina
- ukoliko je došlo do udisanja štetnih para ili plinova, nesrećenu osobu potrebno je izvesti na svjež zrak, a u slučaju otežanog disanja ili gubitka svijesti, osobu postaviti u **bočni položaj, provjeravati disanje i puls te HITNO ZATRAŽITI MEDICINSKU POMOĆ**
- kontaktirati **Centar za kontrolu otrovanja (CKO) na broj: 01 / 2348 - 342**

5.) POŽARI

- u laboratoriju uzroci požara mogu biti razni
- vrlo je važno **znati što gori** u laboratoriju, tj. što je izazvalo požar (npr. nije svejedno gori li obična tkanina, električna instalacija, organsko otapalo ili je požar izazvao zapaljen natrij)
- u slučaju većih požara obavezno nazvati vatrogasce na broj **193**
- prije napuštanja laboratorija, potrebno je:
 - 1.) zatvoriti sve plinske ventile, uključujući i **GLAVNI** plinski ventil
 - 2.) upaliti svjetlo
 - 3.) zatvoriti sve prozore (onemogućiti dotok zraka)
 - 4.) što brže napustiti laboratorij prateći plan evakuacije (na vratima svih učionica i laboratorija)

SADRŽAJ ORMARIĆA PRVE POMOĆI

dimenzije: 370 x 300 x 150 mm

- 2 paketa po 25 kompresu sterilne hidrofilne gaze (10 x 10 cm)
- 1 boca dezinfekcijskog sredstva (250 mL)
- 1 boca vodikova peroksida (250 mL)
- 1 vrećica rashladnog sredstva
- 1 gumena vrpca za stezanje
- 1 paket flastera (20 flastera u 4 različite veličine)
- 1 par zaštitnih rukavica
- 1 flaster u kolutu (5 m x 1,25 cm)
- 1 neistkan sterilan pokrov za opekline (60 x 40 cm)
- 2 zavoja (kolut, 4 m x 5 cm)
- 1 zavoj (kolut, 4 m x 7 cm)
- 1 metalne škariće dužine 10 cm s plastičnim ručicama
- 6 sigurnosnih igala („ziherice“)
- 1 sapun od 15 grama
- 4 paketa hidrofilne vate po 50 grama
- 2 plastične udlage (182 x 25 x 3 mm)
- 1 posudica za pod bradu



GRAFIČKI I TABLIČNI PRIKAZ PODATAKA

Grafički prikaz – prikaz podataka u koordinatnom sustavu

Eksperimentalno dobiveni podatci, radi što zornijeg prikaza, predočuju se tablično i grafički. Kod izrade grafičkog prikaza za niz eksperimentalno dobivenih podataka treba voditi računa o nekim jednostavnim pravilima:

- Ispravno navesti što graf prikazuje, primjerice, *Ovisnost topljivosti bakrova(II) sulfata o temperaturi*.
- Na apscisu (x-os) nanosimo nezavisno promjenljivu veličinu (nezavisna varijabla), a na ordinatu (y-os) zavisno promjenljivu veličinu (zavisna varijabla).
- Naznačiti značenja osi korištenjem omjera simbola **odgovarajuće fizikalne veličine i mjerne jedinice**.
- Odrediti veličinu dijelova skale na pojedinim osima tako da se točno definira vrijednost između dviju podjela na osi, što ovisi o veličini zadanog dijagrama i rasponu dobivenih vrijednosti. Ako bi u dijagramu ostala velika praznina, **ishodište koordinatnog sustava ne mora imati vrijednost nula, već vrijednosti treba odabrati tako da iskoristimo veći dio površine predloženog grafa**. Veličina dijelova skale na pojedinim osima ne mora biti jednaka.
- Eksperimentalno dobivene podatke treba jasno naznačiti kao **točke** u grafu. Točke se mogu **zaokružiti kružićem (•)** ili prikazati u **obliku križića (x)**.
- Kod crtanja eksperimentalne krivulje ili pravca **NE spajamo točke ravnom crtom**, od točke do točke, već nastojimo pogoditi matematičku ovisnost te krivulje ili pravca povlačeći je tako da ona prolazi kroz veći broj točaka, ali i da podjednak broj točaka bude iznad ili ispod krivulje. **Dobivena krivulja ili pravac NE MORA prolaziti kroz SVE točke** jer je moguće da su pojedina mjerenja izvedena s određenom eksperimentalnom pogreškom.

Grafički prikaz u MS Excel (2010)

Prilikom obrade podataka na vježbama iz fizikalne kemije, često puta je potrebno podatke prikazati grafički u čemu može poslužiti MS Excel

Osnovne upute za prikazivanje grafova u MS Excelu:

- 1.) U ćelije se uvijek prvo unosi nezavisna varijabla (vrijednosti koje će se nalaziti na x osi), a tek onda zavisna varijabla (vrijednosti koje će se nalaziti na y osi) – **OVO JE NAJVAŽNIJI KORAK I NIKAKO SE VRIJEDNOSTI X I Y NE SMIJU ZAMIJENITI!**
- 2.) Nakon unosa svih x i svih y vrijednosti, držanjem lijevog klika miša označe se oba stupca i iz gornjeg izbornika odabere **INSERT (UMETNI) → SCATTER (GRAF)** i to prvi koji nema nikakve linije ili crte.
- 3.) Nako toga, odmah se pojavljuje prikaz pri čemu još nema oznaka osi. Sada je potrebno obrisati sve pomoćne linije, kao i oznaku **Series 1** (klikom na linije i **Series 1** i tipka Delete).
- 4.) S obzirom da su točke označene s rombovima, to treba promijeniti ili u **•** ili **x**, a veličinu treba postaviti na 4; DESNI klik na oznake (romb) → **FORMAT DATA SERIES → MARKER OPTIONS → BUILT-IN → TYPE (• ili x) → SIZE (4)**
- 5.) Sada je potrebno prilagoditi x i y os, tj. početne vrijednosti na grafu tako da bude ispunjena cijela površina grafa – **GRAF NE MORA I NE TREBA POČINJATI OD ISHODIŠTA (0,0)**; najprije lijevi, a potom desni klik na vrijednosti x os – **FORMAT AXIS → MINIMUM** (upisati vrijednost koja bi najbolje odgovarala) – isti postupak je i za y os. Također, nije loše upisati i podjelu osi (**MAJOR UNIT**) – upisati vrijednost koja bi najbolje odgovarala (bolje je upisati manju vrijednost od one koju je Excel odredio, jer je kasnije lakše iščitavati graf)

6.) Nakon toga, nije loše dodati oznake. Ponovno, lijevi, a potom desni klik na vrijednosti x osi; **FORMAT AXIS → MAJOR TICK MARK TYPE → INSIDE; MINOR TICK MARK TYPE → INSIDE**

7.) Nakon toga, potrebno je dodati liniju koja najbolje opisuje dobivenu krivulju – najčešće pravac; desni klik na točku na grafu (sve točke moraju biti označene) → **ADD TRENDLINE (dodaj crtu trenda) → LINEAR → DISPLAY EQUATION ON CHART (prikaži jednadžbu na grafu)**

8.) **OVO JOŠ UVIJEK NIJE GRAF!** Naime, još nema oznaka osi. S gornje alatne trake, odabere se LAYOUT (Poredak) → **AXIS TITLE (naziv osi) → PRIMARY HORIZONTAL AXIS TITLE → TITLE BELOW AXIS**; sada je prikazan mali prozor ispod grafa u koji se upisuje fizikalna veličina i mjerna jedinica.

9.) **FIZIKALNA VELIČINA SE UVIJEK PIŠE UKOSO (ITALIC)**: V , m , p ... osim pH. Nakon fizikalne veličine se stavlja kosa crta (/) i onda ide mjerna jedinica. Ako je mjerna jedinica složena treba je pisati kao umnožak. **Npr.: $c / \text{mol dm}^{-3}$, a NE $c / \text{mol/dm}^3$ jer je zbunjujuće.** Eksponent ili indeks se dodaju tako da se prvo sve upiše u jednom redu, a potom se označi držeći lijevi klik i kod gornjeg izbornika odabere **FONT** te potom **SUPERSCRIPT** (eksponent) (ili **SUBSCRIPT** (indeks)).

10.) Graf je gotov. Graf se može normalno kopirati u, npr. Wordov dokument i ispisati te zalijepiti u dnevnik. **Graf je slika i ispod nalijepljenog grafa mora pisati: Slika 1. (ili već koji broj slike je po redu) i naziv, tj. opis što graf prikazuje.**

11.) Ako je potrebno nešto računati, naravno da je apsolutno dozvoljeno koristiti jednadžbu pravca koju je Excel odredio i iz nje računati nepoznatu vrijednost. Također, i na samom ispisanom grafu, može se ucrtati tražena vrijednost.

Tablični prikaz

Obratite pozornost pri definiranju zaglavlja tablice. Kao i u grafičkom prikazu, simbol odgovarajuće fizikalne veličine također treba podijeliti mjernom jedinicom.

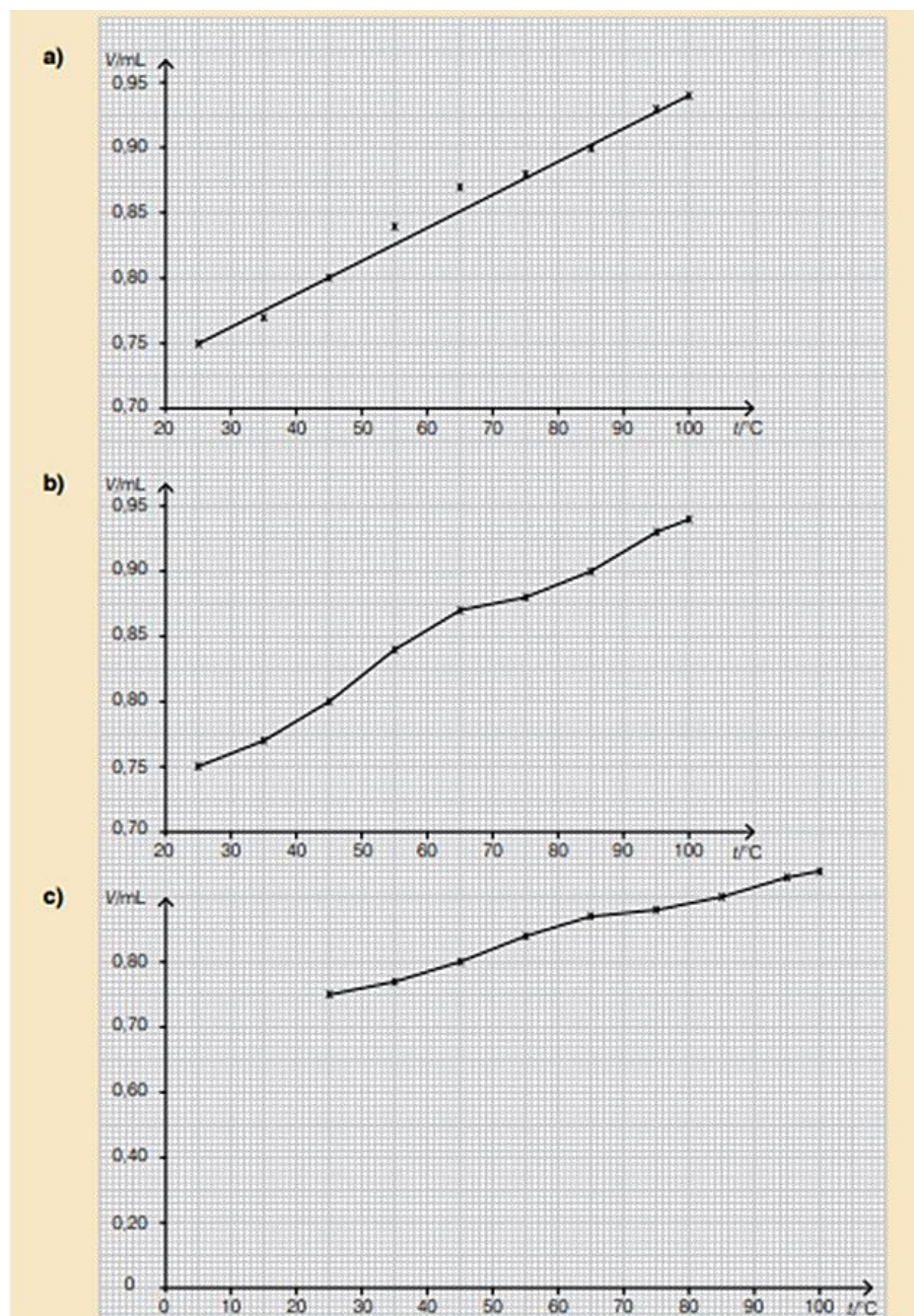
U tablici su navedeni podatci mjerenja promjene volumena plina s temperaturom pri konstantnom tlaku. Prikaži grafički **ovisnost volumena plina o temperaturi** pri konstantnom tlaku.

Iz zadnje navedene rečenice slijedi kako je **volumen plina zavisno promjenljiva veličina (zavisna varijabla)** te se vrijednosti volumena plina ucrtavaju na ordinatu (y-os), a temperatura je **nezavisno promjenljiva veličina (nezavisna varijabla)** te se vrijednosti temperature ucrtavaju na apscisu (x-os)

Grafički prikaz ovisnosti volumena plina o temperaturi pri konstantnom tlaku.

a) ispravno crtanje grafa; b) i c) neispravno crtanje grafa

V/mL	t/°C
0,75	25
0,77	35
0,80	45
0,84	55
0,87	65
0,88	75
0,90	85
0,93	95
0,94	100



Napomena: Umjesto izraza *konstantni tlak* može i treba se navesti koliki je bio taj konstantni tlak u uvjetima izvođenja eksperimenta (npr. 1 bar, 1 atm, 101,3 kPa...). Također, nije naodmet navesti i o kojem je plinu riječ (npr. vodik, dušik, kisik, helij...)

Naziv vježbe: Kvalitativna analiza sastava organskog spoja

Radni zadatak: U organskom spoju dokazati ugljik, vodik, dušik, sumpor i halogeni element

Dokazivanje ugljika

Pribor i kemikalije: čaša ili Erlenmeyerova tikvica od 250 mL, šibice, svijeća, vodovodna voda.

Opis postupka: Erlenmeyerovu tikvicu napunite do polovice hladnom vodom. Zapalite svijeću. Iznad plamena svijeće držite Erlenmeyerovu tikvicu. Zabilježite Opažanja.

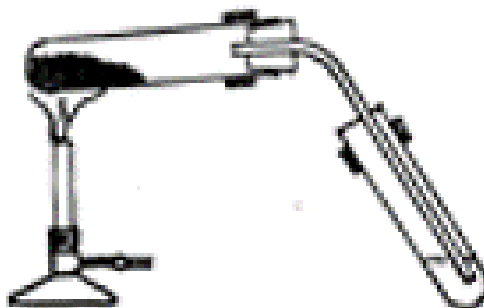
Dokazivanje ugljika i vodika u organskom spoju

Pribor i kemikalije: dvije epruvete, probušeni gumeni čep, savinuta staklena cijev, plamenik, željezni stalak, hvataljka, gumena cijev, žličica, plamenik., uzorak organske tvari (limunska kiselina), bakrov(II) oksid, bistra otopina kalcijeva hidroksida (vapnena voda) ili bistra otopina barijeva hidroksida (baritna voda).

Opis postupka: Sastavite aparaturu prema slici. U suhu epruvetu (ili epruvetu za odsisavanje) stavite malo smjese organske tvari i CuO(s) (na vrhu žličice). Epruvetu začepite čepom kroz koji prolazi savinuta staklena cijev i pričvrstite hvataljkom kako je prikazano na slici. U drugu epruvetu ulijte malo vapnene vode. Plamenikom lagano zagrijavajte smjesu u epruveti i promatrajte promjene. Što primjećujete na gornjem hladnijem dijelu epruvete? Što primjećujete u epruveti s vapnenom vodom?

Napomene: Zagrijavajte lagano, dodajte malo CuO , a umjesto vapnene vode, možete koristiti baritna voda, $\text{Ba(OH)}_2(\text{aq})$.

Skica aparature:



Slika 1. Aparatura za dokazivanje ugljika i vodika

Dokazivanje dušika u organskom spoju

Pribor i kemikalije: epruveta (epruveta sa sadržajem iz prethodnog pokusa - dokazivanja C i H), stakleni štapić, stalak, plamenik, pinceta, tvrdo kuhano jaje, NaOH(s) , conc. HCl , crveni lakmus papir.

Opis postupka: Usitnite tvrdo kuhano jaje i pomiješajte s NaOH(s) . 1 do 2 g ove smjese stavite u epruvetu u kojoj se nalazi ostatak organske tvari od dokazivanja C i H. Smjesu u epruveti lagano promiješajte staklenim štapićem. Epruvetu učvrstite na stalku (pogledati sliku). Smjesu lagano zagrijavajte dok se ne počne razvijati plin. Navlaženim crvenim lakmus papirom provjerite mijenja li se boja lakmus papira. Pokušajte ustanoviti miris nastalog plina. Uronite stakleni štapić u conc. HCl i prinesite ga otvoru epruvete. Što primjećujete?

Skica aparature:



Slika 1. Aparatura za dokazivanje dušika

Dokazivanje sumpora u organskom spoju

Pribor i kemikalije: epruveta, plamenik, traka filter papira (1 cm x 3 cm), bjelanjak jajeta, otopina NaOH, $w(\text{NaOH}) = 30\%$, otopina CH_3COOH ili otopina HCl, $\text{Pb}(\text{Ac})_2$ (aq). **$\text{Pb}(\text{Ac})_2$ je oznaka za olovov(II) acetat – $\text{Pb}(\text{CH}_3\text{COO})_2$**

Opis postupka: Stavite u epruvetu malo bjelanjka jajeta, dodajte otopine NaOH i sadržaj prokuhajte. Zakiselite sadržaj (indikator) octenom ili klorovodičnom kiselinom. Pokušajte ustanoviti karakterističan miris nastalog plina. **OPREZ!** Nastali plin je otrovan. Ne udišite veće količine. Traku filter papira navlažite otopinom olovova(II) acetata, prinesite traku otvoru epruvete i lagano zagrijte sadržaj.

Skica aparature:

Dokazivanje halogenog elementa (klora) u organskom spoju

Pribor i kemikalije: satno staklo, bakrena žica (5 do 10 cm), pluteni čep, plamenik, uzorak tvari (PVC žica, kloroform, CHCl_3 , CCl_4).

Opis postupka: Utisnite komad Cu-žice u pluteni čep. Slobodni kraj žice užarite sve dok ne nestane boja plamena, a zatim je malo ohladite. Na satno staklo ulijte malo uzorka. U tu otopinu uronite užareni kraj Cu-žice i ponovno stavite u bezbojni plamen. Drugi način izvođenja pokusa je da se užarenom bakrenom žicom prijeđe preko PVC žice te na taj način skine površinski sloj PVC-a. Nakon toga se žica ponovno unese u plamen plamenika i uoči boja plamena.

Opažanja:

Jednadžbe kemijskih reakcija:

Zaključak:

Naziv vježbe: Funkcionalne skupine

Radni zadatak: Napraviti test za dokazivanje hidroksilne i aldehidne skupine

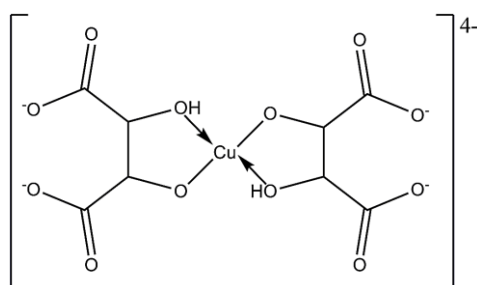
Pribor i kemikalije: epruvete sa stalkom za epruvete, čaša od 250 ml, plamenik, stativ, ekološka mrežica, voda, **Lucasov reagens** (otopina bezvodnog cinkovog klorida u koncentriranoj klorovodičnoj kiselini), otopina **Fehlinga I** (otopina bakrovog(II) sulfata), otopina **Fehling II** (alkalna otopina kalijevog natrijevog tartarata), **Tollensov reagens** (otopina amonijaka srebrnog nitrata), metanol, etanol, izopropanol, terc-butanol, aldehyd (acetaldehyd ili bilo koji aldehyd s atomom vodika na α -atomu ugljika), keton (aceton)

Opis vježbe:

PRIJE VJEŽBE OPERITE SVE EPRUVETE OTOPINOM S DETERDŽENTA I ČETKICOM ZA PRANJE, ISPERITE VODOVODNOM VODOM I NA KRAJU DESTILIRANOM VODOM!

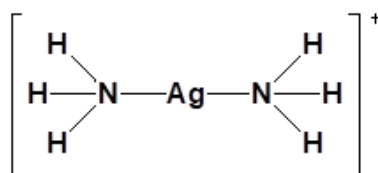
- 1.) Ulijte 1 – 2 mL primarnog (npr. metanola ili etanola), sekundarnog (npr. izopropanol) i tercijarnog alkohola (npr. *tert*-butanol) u tri epruvete. Nakon toga dodajte malo Lucasovog reagensa u svaku epruvetu. Promatrajte što se događa tijekom pet minuta i zapišite opažanja.
- 2.) Zagrijte vodovodnu vodu u kuhalu do vrenja. Prelijte vodu u čašu od 250 mL i nastavite grijati plamenikom tako da voda kontinuirano vrije.
- 3.) Pripremite otopinu Fehlingova reagensa **tako da u epruvetu ulijete 2 mL otopine Fehling I i 2 mL otopine Fehling II (omjer 1:1)**. Što možete primijetiti? Podijelite otopinu u tri epruvete.
- 4.) Ulijte **aldehid u prvu epruvetu, keton u drugu, a treća epruveta je kontrolna**. Stavite sve tri epruvete u čašu s kipućom vodom i promatrajte što se događa. Zapišite opažanja.
- 5.) Pripremite Tollensov reagens miješanjem: **1 mL otopine srebrnog nitrata, 0,5 mL otopine natrijevog hidroksida te na to dodajte otopinu amonijaka, i protresite sadržaj, tako da se talog otopi**. Podijelite otopinu u dvije epruvete.
- 6.) Epruvete u kojima je Tollensov reagens postavite u čašu s kipućom vodom. Pažljivo dodajte samo nekoliko kapi aldehida u prvu epruvetu i nekoliko kapi ketona u drugu epruvetu. Zapišite svoja zapažanja.

Fehlingov reagens sadrži dvije otopine, a dobivena modra otopina sadrži kompleksni ion:



Slika 1. Strukturna formula bis(tartarato)kupratnog(II) iona

Tollensov reagens je amonijakalna otopina srebrova nitrata koja također sadrži kompleksni ion, $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]^+$:



Slika 2. Strukturna formula diaminsrebrova(I) iona

Metode i tehnike u laboratoriju za organsku kemiju

Najčešće laboratorijske metode i tehnike u organskoj kemiji su:

1.) EKSTRAKCIJA

2.) KROMATOGRAFIJA

3.) PREKRISTALIZACIJA

4.) DESTILACIJA

EKSTRAKCIJA

- odnosi se na prijenos spoja (spojeva) iz krute tvari ili tekućine u drugo otapalo ili fazu

- najčešće se koristi ekstrakcija tekućina-tekućina, koji se odvija u **LIJEVKU ZA ODJELJIVANJE**

- kad se otopina ulije u lijevak za odjeljivanje i protrese otapalom koje se ne može miješati, otopljene tvari često se djelomično otapaju u oba sloja (vodeni sloj i organski sloj)

- kad se uspostavi ravnoteža, omjer koncentracije otopljene tvari u svakom sloju je konstantan za svaki sustav te se može izraziti vrijednošću **K (KOEFIJIENT RAZDJELJENJA)** – **Nernstov zakon razdjeljenja**

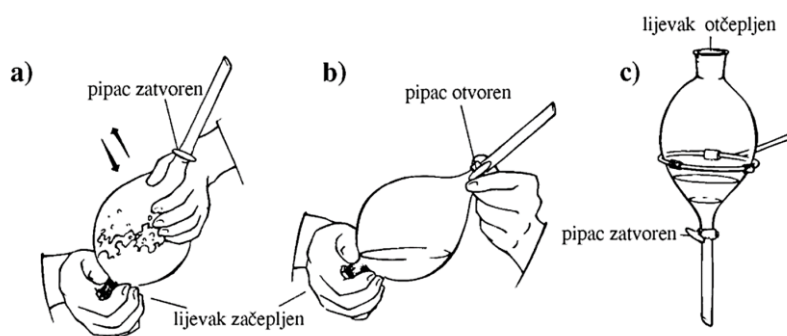
Naziv vježbe: Ekstrakcija

Radni zadatak: Izdvojiti jod iz vodene otopine dietil-eterom ili kloroformom

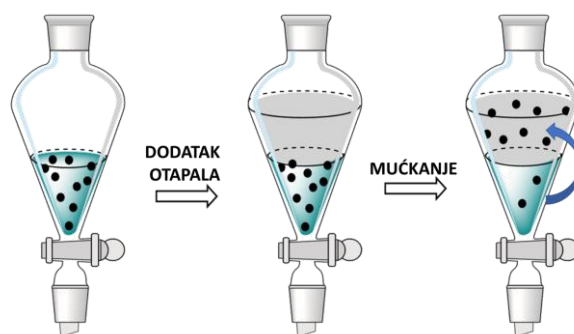
Pribor i kemikalije: vodena otopina joda (I_2 , aq), dietil-eter, kloroform, lijevak za odjeljivanje, metalni stalak, metalni prsten, obični lijevak, menzura, čaša, Erlenmeyerova tikvica

Opis postupka:

Postavite lijevak za odvajanje u metalni prsten koji je pričvršćen za metalni stalak. U lijevak za odjeljivanje dodajte približno 10 mL vodene otopine joda. Uočite boju otopine joda. Zatim dodajte 10 mL dietil-etera ili kloroforma u menzuru i pomoću običnog lijevka i prenesite u lijevak za odjeljivanje. Začepite lijevak za odjeljivanje i dobro protresite smjesu. Povremeno prestanite tresti i otvorite ventil na lijevku za odvajanje kako biste izjednačili tlak. Nakon toga postavite lijevak za odjeljivanje na željezni prsten i **odmah MAKNITE ČEP**. Pričekajte nekoliko minuta dok se postigne ravnoteža i jasno uočite dva sloja. Provjerite boju. Ispustite donji sloj do Erlenmeyerove tikvice, a gornji sloj kroz otvor lijevka. Vratite vodeni sloj u lijevak za odjeljivanje, dodajte dietil eter ili kloroform i ponovite postupak. Uočite intenzitet boje.



Slika 1. Ekstrakcija: **a)** izmućkavanje, **b)** izjednačavanje unutarnjeg i vanjskog tlaka, **c)** odjeljivanje slojeva



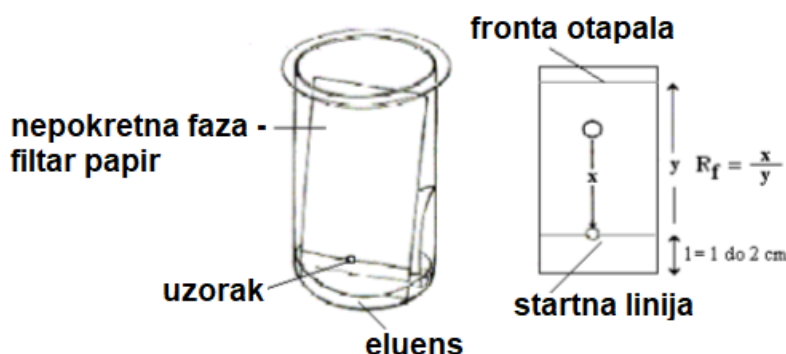
Slika 2. Odjeljivanje slojeva

Naziv vježbe: Kromatografija

Radni zadatak: Izolirati biljne pigmente iz raznobojnog lišća odabrane biljne vrste tankoslojnom kromatografijom na papiru

Uvod:

Pod kromatografijom se podrazumijevaju metode odvajanja koje se temelje na različitoj raspodjeli komponenti uzorka između dvije faze koje se gibaju jedna u usporedbi s drugom. Metodu je među prvima razvio Mikhail Semjonovič Tsvet početkom 20. st. **Nepokretna (stacionarna) faza** može biti krutina ili tekućina, **pokretna (mobilna)** tekućina ili plin. Kromatografija na papiru zasniva se na razdiobi tvari koju razdjeljujemo (npr. ekstrakt pigmenta) između otapala kao tekuće mobilne faze (smjesa otapala, **eluens**) i stacionarne faze krutog **adsorbensa** (npr. filtrirni papir). Kod ovakve kromatografije otapalo se uspinje uz papir zbog kapilarnih sila pri čemu dolazi do prenošenja i razdvajanja komponenti smjese. Kad se otapalo približi gornjem rubu papira, papir se izvadi iz komore i zabilježi se udaljenost do koje je došlo otapalo (*fronta otapala*). Papir s definiranim mjestima adsorbirane tvari zove se **kromatogram**.



Slika 1. Tankoslojna kromatografija – postupak razvijanja kromatograma

Komponente smjese poznatog sastava mogu se identificirati na temelju izračunatih **R_f vrijednosti** (faktor zadržavanja, engl. *related to front*). Općenito se tankoslojna kromatografija koristi za **identificiranje tvari, kontrolu čistoće nekog spoja, praćenje tijeka reakcije**, ali i u **preparativne svrhe**.

Pribor i kemikalije: filtrirni papir, čaša, kovanica, Petrijeva zdjelica, olovka, tarionik s tučkom, staklene kapilare za nanošenje uzorka, kromatografsko otapalo [(medicinski benzin (100 ml), petroleter (25 ml) i aceton (20 ml))], raznobojno lišće bilja (list blitve, list kelja, list božićne zvijezde (*Euphorbia pulcherrima*), lišće listopadnog stabla....)

Opis postupka:

- 1.) Podijelite listove prema bojama, izrežite škarama te uklonite peteljke.
- 2.) U tarionik dodajte usitnjeno lišće, jušnu žlicu čistog pijeska, 2 mL acetona te usitnite u tarioniku i prelijte s oko 20 mL acetona.
- 3.) Nakon 5 – 10 minuta profiltrirajte dobivenu otopinu. Na kromatografskom papiru označite startnu liniju **olovkom** (1 – 2 cm od ruba) te nanosite uzorak kapilaram i postavite u čašu sa smjesom otapala.
- 4.) Nakon što se razviju i uoče svi biljni pigmenti, papir se izvadi iz čaše označi fronta otapala olovkom. Papir se osuši i izračuna **R_f vrijednost** za pojedini biljni pigment.

PREKRISTALIZACIJA

- metoda razdvajanja smjesa (homogenih i heterogenih) koja se najčešće koristi za čišćenje onečišćenih tvari

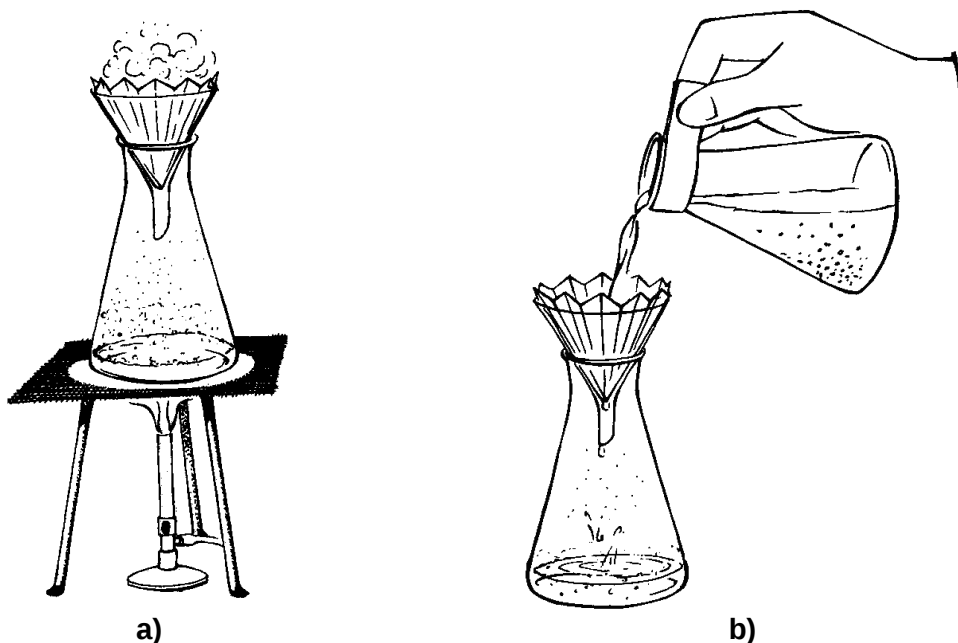
- da bi se neka tvar mogla očistiti prekriztalizacijom, mora imati svojstvo da je u odabranom otapalu pri **povišenoj temperaturi** puno topljivija nego pri sobnoj temperaturi.

- za otapanje tvari uzima se **što manja količina otapala**, kako bi se pri povišenoj temperaturi dobila **zasićena otopina** s obzirom na otoplenu tvar koja se želi prekriztalizirati

- hlađenjem pročišćene otopine dolazi do kristalizacije čiste tvari iz **matičnice**

- prisutna onečišćenja u vrućoj otopini prije filtriranja mogu biti topljiva i netopljiva: topljiva onečišćenja neće iskristalizirati hlađenjem jer otopina nije zasićena s obzirom na njih, a netopljiva se uklanjaju filtriranjem vruće otopine preko naboranog filter papira

- kao tvar za pročišćavanje često se koristi i **aktivni ugljen** koji ima veliku **specifičnu površinu** (do 2500 m²/g) te ima sposobnost **adsorpcije** (vezanja) nečistoća



Slika 1. Prekriztalizacija - **a)** zagrijavanje lijeka s naboranim filter papirom, **(b)** filtriranje vruće otopine preko **NABORANOG** filter papira

Opis postupka:

- vaganje nečiste tvari (benzojeve kiseline – **$m = 1\text{ g}$**)
- otapanje onečišćene tvari u što manjoj količini otapala (vode) pri povišenoj temperaturi – otopina mora biti **ZASIĆENA** s obzirom na tvar koja se želi prekriztalizirati
- dodavanje aktivnog ugljena (na vrh žličice)
- vruća filtracija (na filter papiru zaostaju nečistoće, a u filtratu pročišćena otopina)
- hlađenje - kristalizacija čiste tvari (slika **b)**)
- vakuum filtracija - odvajanje izlučenih kristala od matičnice
- sušenje čiste tvari
- vaganje i izračun udjela nečistoća u uzorku; izračun iskorištenja

VAŽNO: lijek, Erlenmeyerova tikvica i naborani filter papir moraju se istovremeno zagrijavati (slika **a)**) kada se i otapa benzojeva kiselina u tikvici kako ne bi došlo do kristalizacije na filter papiru!

Naziv vježbe: Destilacija

Radni zadatak: Složiti aparature za najčešće korištene destilacije u laboratoriju

Pribor: metalni stalci, stezaljke, ugate hvataljke, okrugle hvataljke, tronog, ekološka mrežica, okrugla tikvica s ubrušenim grlom, nastavak za destilaciju, Liebigovo hladilo, Vigreuxova kolona lula, Erlenmeyerova tikvica (predloška)

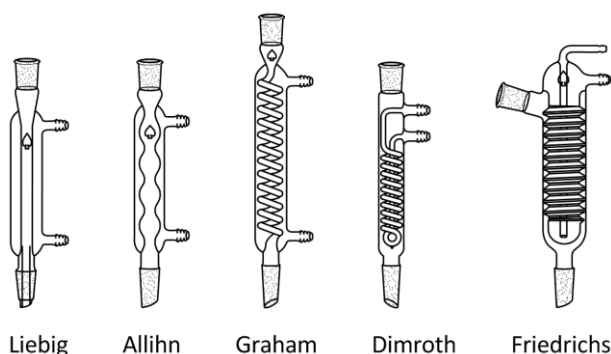
Uvod:

Destilacija je fizikalna metoda odvajanja sastojaka iz homogene smjese (otopine) na temelju razlike u **hlapljivosti** i **vrelištu**. Postupak odvajanja tvari iz otopine selektivnim isparavanjem i kondenzacijom. Kako smjesa vrije, para je bogatija hlapljivijom komponentom, koja se kondenzira (u hladilu) i skuplja odvojeno (u **PREDLOŠKU**).

Neizostavan dio koji se koristi tijekom cijelog procesa destilacije su **kamenčići za vrenje**. To su komadići **neglaziranog porculana (ili staklene kapilare)** koji se dodaju u tekuće smjese kako bi se jednoliko zagrijavale. Naime, tijekom zagrijavanja otopine može doći do lokalnog pregrijavanja tekućine, tj. tekućina se može zagrijati iznad temperature vrelišta, a onda odjednom prijeđe u paru uz „poskakivanje”. Pojava se naziva **ZAKAŠNJELO VRENJE** i vrlo je nepoželjna u laboratoriju pa se sprječava upravo dodatkom kamenčića za vrenje i/ili miješanjem i umjerenim zagrijavanjem.

U laboratoriju se koriste sljedeće vrste destilacija:

- 1.) DESTILACIJA PRI ATMOSFERSKOM TLAKU
- 2.) FRAKCIJSKA DESTILACIJA
- 3.) DESTILACIJA VODENOM PAROM
- 4.) VAKUUMSKA DESTILACIJA



Slika 1. Različite vrste hladila

Zadatci:

- 1.) Kalijev nitrat je otopljen u vodi. Kojom destilacijom će se postići najbolje odvajanje kalijeva nitrata od vode? Zašto? Koji se zakon vrijedi u tom slučaju?
- 2.) Tekuća smjesa sastoji se od cikloheksana ($t_v = 80\text{ }^{\circ}\text{C}$), dietil-etera ($t_v = 34\text{ }^{\circ}\text{C}$) i kloroforma ($t_v = 61\text{ }^{\circ}\text{C}$). Koja je metoda destilacije najbolja za odvajanje sva tri otapala? Zašto? Čime biste zagrijavali smjesu i koje hladilo biste upotrijebili (Slika 1.)? Zašto?
- 3.) Spoj **X** ima vrelište $350\text{ }^{\circ}\text{C}$ i otopljen je u vodi. Koja je metoda destilacije najbolja za odvajanje spoja **X** od vode?
- 4.) Imenujte tehnike i ukratko opišite postupak (prikažite shematski) kojim biste odvojili svaku od sljedećih tvari u smjesi: **željezni prah**, **čvrsti sumpor**, **čvrsti natrijev klorid**. Svaka tvar po završetku odvajanja mora biti u čvrstom stanju.
- 5.) Zrak je homogena smjesa koja se većinskim dijelom sastoji od dušika i kisika. Koja je metoda destilacije najbolja za odvajanje kisika i dušika? Kako se taj proces naziva u industriji?

Naziv vježbe: Destilacija pri atmosferskom tlaku

Radni zadatak: Odvojiti sastojke iz smjese destilacijom pri atmosferskom tlaku

Pribor i kemikalije: pribor je naveden uz skicu aparature, lijevak, štoperica, otopina modre galice, kamenčići za vrenje

Opis postupka:

1.) Sastavite aparaturu prema Slici 1.

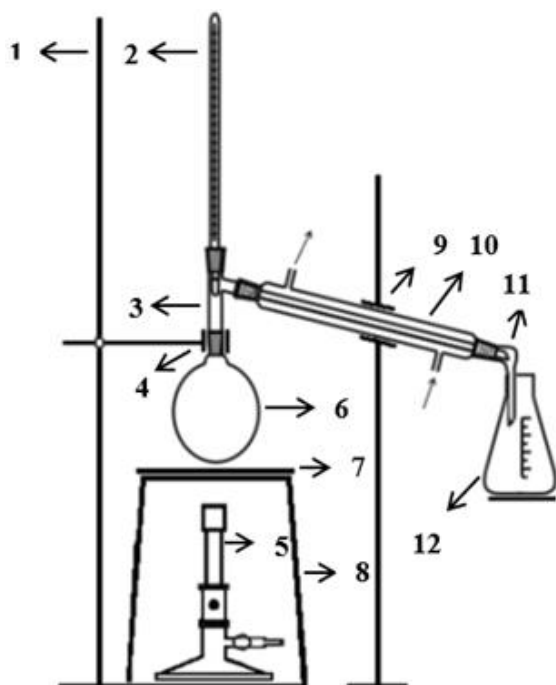
2.) Prvo učvrstite **SAV METALNI PRIBOR**, a tek onda **SAV STAKLENI PRIBOR**.

3.) Učvrstite okruglu tikvicu i ulijte oko 30 – 40 mL otopine modre galice. Dodajte kamenčiće za vrenje. Sastavite ostatak aparature. **Pazite na položaj rezervoara termometra!** Očitajte temperaturu na termometru.

4.) Upalite plamenik. Postavite plamenik ispod tronoga i ekološke mrežice i u tom trenutku pokrenite štopericu. Svaku minutu očitajte temperaturu i rezultate prikažite tablično i grafički.

5.) Prikažite termogram, tj. ovisnost temperature o vremenu zagrijavanja otopine modre galice. Kada prva kap kapne iz lule u predlošku označite tu točku kao vrelište.

Skica aparature:



Slika 1. Skica aparature za destilaciju pri atmosferskom tlaku

1 –
2 –
3 –
4 –
5 –
6 –
7 –
8 –
9 –
10 –
11 –
12 –

Opis promjene:

Zapažanja:

Zaključak:

- 1.) Što je vrelište i koja je veza između vrelišta i tlaka pare?
- 2.) Kako vrelište tekućine ovisi o atmosferskom tlaku? Pri kojem tlaku je određeno vrelište svih čistih tvari?
- 3.) Ima li više vrelišta otopina ili čisto otapalo? Objasni svoj odgovor.
- 4.) Zašto je kod destilacije pri atmosferskom tlaku važno da je otopljena tvar nehlapljiva?
- 5.) Kako se iz homogene smjese (otopine) mogu odvojiti tvari koje imaju bliska vrelišta pri atmosferskom tlaku (npr. smjesa etanola ($t_v = 78\text{ °C}$) i vode ($t_v = 100\text{ °C}$)?)
- 6.) Objasni zašto je vrelište vode više od vrelišta etanola?

Naziv vježbe: Frakcijska destilacija

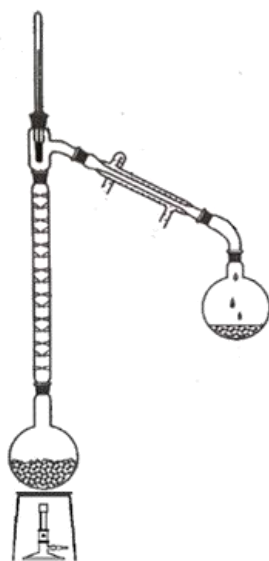
Radni zadatak: Odvojiti etanol od vode frakcijskom destilacijom te odrediti volumni udio etanola u dobivenom uzorku

Pribor i kemikalije: plamenik, tronog, ekološka mrežica željezni stalci, okrugle i uglate hvataljke, okrugla tikvica s ubrušenim grlom (100 mL), Vigreuxova kolona, nastavak za destilaciju, termometar (do 110 °C), Liebigovo hladilo, lula, predloška (menzura, tikvica ili porculanska zdjelica), uzorak etanola određenog volumnog udjela, bezvodni bakrov(II) sulfat

Opis postupka:

- 1.) Okruglu tikvicu od 100 mL predajte nastavniku/ici.
- 2.) Sastavite ostatak aparature za frakcijsku destilaciju pri atmosferskom tlaku. Svi ubrušeni dijelovi moraju biti podmazani **tankim** slojem laboratorijske masti.
- 3.) Uzorak za destilaciju dobit ćete od profesora/tehničarke (okrugla tikvica od 100 mL s ubrušenim grlom). **Volumen uzorka je 30 mL.**
- 4.) U istu tikvicu dodajte nekoliko kamenčića za vrenje te učvrstite tikvicu za ostatak aparature.
- 5.) Uzorak u tikvici zagrijavajte plamenikom preko ekološke mrežice te bilježi promjene temperature u **vremenskim razmacima od 1 minute.**
- 6.) Kad prva kap kapne iz hladila u predlošku označite u tablici temperaturu početka destilacije.
- 7.) Pratite mijenja li se temperatura tijekom destilacije. Uzorak zagrijavajte tako da **tekućina jednolično destilira kap po kap (jedna kap tijekom jedne ili dvije sekunde). NE GRIJATI prejako niti preslabo; REGULIRAJ jakost plamena!**
- 8.) Ukoliko destilat **kapa presporo** ili **curi**, zagrijavanje je preslabo ili prejako!
- 9.) Zabilježite temperaturu kad počne destilacija druge frakcije, te promijeni predlošku.
- 10.) U menzuri izmjerite volumen alkoholne frakcije i izračunajte volumni udio etanola u uzorku. Izračunajte pogrešku mjerenja.

Skica aparature:



Slika 1. Aparatura za frakcijsku destilaciju

Rezultati mjerenja:**Tablica 1.** Promjena temperature s vremenom tijekom frakcijske destilacije etanola

Broj mjerenja	t / min	$\vartheta / ^\circ\text{C}$	Broj mjerenja	t / min	$\vartheta / ^\circ\text{C}$	Broj mjerenja	t / min	$\vartheta / ^\circ\text{C}$
1.	0		15.			29.		
2.			16.			30.		
3.			17.			31.		
4.			18.			32.		
5.			19.			33.		
6.			20.			34.		
7.			21.			35.		
8.			22.			36.		
9.			23.			37.		
10.			24.			38.		
11.			25.			39.		
12.			26.			40.		
13.			27.			41.		
14.			28.			42.		

Grafički prikaz:

Na milimetarskom papiru grafički prikaži mjerenja kao **ovisnost temperature o vremenu zagrijavanja**. (Napomena: Pazi na zavisnu i nezavisnu varijablu; pazi na raspodjelu na osima!)

Naziv vježbe: Destilacija vodenom parom

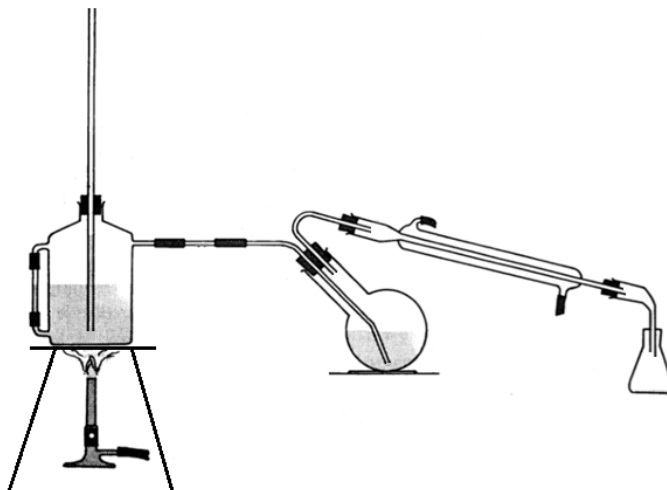
Radni zadatak: Izolirati hidrolat (cvjetna voda) iz aromatične biljke

Pribor i kemikalije: kotlić (generator pare), staklene cijevi s gumom, čep s dva otvora, veća tikvica s okruglim ili ravnim dnom, duže Liebigovo hladilo, lula, plamenik, tronog, ekološka mrežica, stativ, stezaljka i okrugla hvataljka

Opis postupka:

- 1.) Sastavite aparaturu prema slici 1. Zagrijte vodu u kuhalu za vodu do vrenja.
- 2.) Postavite bakreni kotlić pare na ekološku mrežicu, a zatim ga napunite (polovica volumena) kipućom vodom.
- 3.) Napunite tikvicu s okruglim ili ravnim dnom usitnjenim biljnim uzorkom (lavanda, ružmarin, kora naranče, kora limuna, geranij...).
- 4.) Upalite plamenik i zagrijavajte vodu u bakrenom kotliću šuštećim plamenom. Kad primijetite da vodena para izlazi, pričvrstite gumeno crijevo na staklenu cijev u tikvicu s okruglim (ravnim) dnom.
- 5.) Skupljajte emulziju vode i ulja koja je ekstrahirana (hidrolat) iz biljke koju ste koristili.

Skica aparature:



Slika 1. Aparatura za destilaciju vodenom parom

Zadatci:

- 1.) Smjesa pentana i heksana destilira pri 40 °C i 1 atm. Izračunajte množinski udio svakog spoja u smjesi ako je tlak pare pri 40 °C čistog pentana 873 mmHg, a čistog heksana 277 mmHg? (**Rj.:** $x(\text{pentan}) = 81 \%$; $x(\text{heksan}) = 19 \%$)
- 2.) Metanol ima tlak pare 11,7 kPa, a etanol 5,9 kPa pri 25 °C. Ako se 40 grama metanola pomiješa s 200 grama etanola, a otopina je idealna, izračunajte:
 - a) parcijalni tlakovi svake komponente; (**Rj.:** $p^*(\text{CH}_3\text{OH}) = 2,62 \text{ kPa}$; $p^*(\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}) = 4,56 \text{ kPa}$)
 - b) ukupni tlak pare smjese;
 - c) množinski udio plinske frakcije (**Rj.:** $x(\text{CH}_3\text{OH}) = 0,365$; $x(\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}) = 0,635$)
- 3.) Tlak vodene pare je 84,52 kPa pri 95 °C. Izračunajte masu vode koja je potrebna za destilaciju 100 grama brombenzena ako je atmosferski tlak 100 kPa. (**Rj.:** $m(\text{H}_2\text{O}) = 62,63 \text{ g}$)
- 4.) Izračunajte masu nitrobenzena koji destilira s 1 gramom vode ako je vrelište smjese pri 1033 hPa 99 °C. Tlak pare vode pri tom tlaku i temperaturi iznosi 974 hPa. (**Rj.:** $m(\text{nitrobenzen}) = 0,41 \text{ g}$)

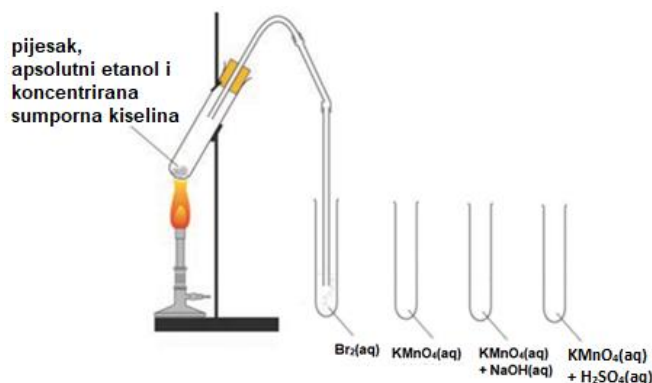
Radni zadatak: Dobivanje i ispitivanje svojstava etena (etilena)

Pribor i kemikalije: epruvete i stalak za epruvete, epruveta za odsisavanje s gumenom cijevi, gumeni čep za epruvetu, plamenik, etanol ($w = 96 \%$), koncentrirana sumporna kiselina, otopina joda; Lugolova otopina (vrlo razrijeđena; **svijetlo žute boje**), **razrijeđena** otopina kalijeva permanganata (svijetlo ljubičaste boje), sumporna kiselina ($c = 2 \text{ mol dm}^{-3}$), natrijeva lužina ($c = 2 \text{ mol dm}^{-3}$)

Opis postupka:

- 1.) U četiri epruvete redom dodajte oko 2 mL sljedećih otopina: bromnu vodu u prvu epruvetu te otopinu kalijeva permanganat u drugu, treću i četvrtu epruvetu.
- 2.) U treću epruvetu dodajte još 1 mL natrijeve lužine, a u četvrtu epruvetu dodajte još 1 mL razrijeđene sumporne kiseline. Uočite boje u svim epruvetama.
- 3.) U epruvetu za odsisavanje stavite suhi pijesak tako da je visina pijeska otprilike 3-4 cm. Prilikom stavljanja pijeska potrebno je paziti da pijesak ne završi u gumenoj cijevi koja je spojena na epruvetu.
- 4.) Dodajte apsolutni etanol na pijesak toliko da je sav pijesak natopljen i da je razina etanol još barem 1 mL iznad pijeska.
- 5.) Nakon ovog koraka, pozovite nastavnika da pregleda aparaturu.
- 6.) Nastavnik će doći do vas i dodati nekoliko kapi koncentrirane sumporne kiseline.
- 7.) Stavite gumeni čep na epruvetu i prilagodite visinu aparature tako da gumena cijev može lako doseći do dna epruveta na stalku ispunjenih kemikalijama (vidi skicu aparature).
- 8.) Počnite lagano zagrijavati sadržaj epruvete plamenikom tako da smjesa vrije polako. Smjesu zagrijavajte u početku malim polušuštećim plamenom. Plamenik cijelo vrijeme držite za postolje, a **NE NA STOLU**. Ako niste sigurni, pitajte nastavnika/icu da vam prilagodi visinu plamena.
- 9.) Uronite gumenu cijev u prvu epruvetu na stalku (bromna voda) dok ne dođe do vidljive promjene. Nakon toga, vrlo brzo izvlačite gumenu cijev i uvodite plin u preostale tri epruvete. Pri tome je važno da ste spretni i da niti u jednom trenutku ne prekidate zagrijavanje u epruveti s pijeskom, etanolom i koncentriranom sumpornom kiselinom
- 10.) Kada uočite promjenu u zadnjoj (četvrtoj) epruveti, izvadite gumenu cijev iz epruvete i ostavite je da slobodno stoji u zraku. Ostavite aparaturu da se u potpunosti ohladi.
- 11.) Zapišite Opažanja i jednadžbe kemijskih reakcija.

Skica aparature:



Opažanja:

Jednadžba kemijske reakcije:

Zaključak:

Zadatci:

1.) Koristeći podatke u tablici izračunaj reakcijsku entalpiju za reakciju između etena i klorovodika:

veza	C–H	H–Cl	C–Cl	C=C	C–C
$\Delta_b H / \text{kJ mol}^{-1}$	413	427	339	614	347

- a)** Napiši jednadžbu kemijske reakcije koristeći Lewisovu simboliku. Imenuj nastali produkt prema pravilima IUPAC nomenklature.
- b)** Kojem tipu organske reakcije pripada opisana kemijska reakcija?
- c)** Je li opisana reakcija endotermna ili egzotermna? Prikaži opisanu reakciju na entalpijskom dijagramu.
- d)** Ako u reakciji sudjeluje $1,2 \cdot 10^{23}$ molekula etena i 0,4 mol klorovodika, koliko litara produkta može maksimalno nastati pri normalnim uvjetima?
- e)** Koliko iznosi iskorištenje reakcije ako je u reakciji nastalo 3,5 L produkta pri normalnim uvjetima?

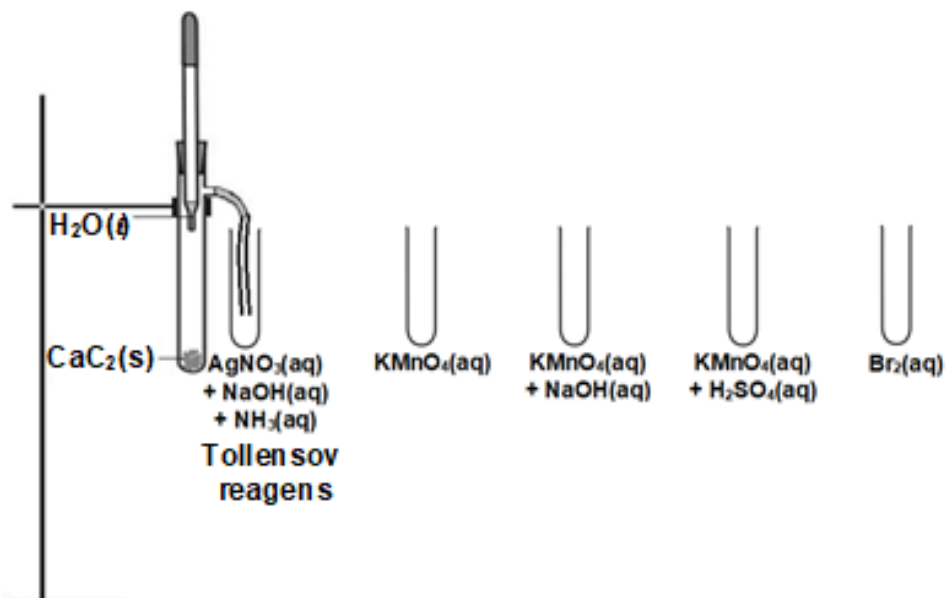
Radni zadatak: Pripremiti i ispitati svojstva etina (acetilena)

Pribor i kemikalije: metalni stalak, stezaljka, uglata hvataljka, stalak s epruvetama, epruveta za odsisavanje s gumenim crijevom, kapaljka s gumenim čepom, kalcijev karbid (CaC_2 , s), bromna voda (ili otopina joda), otopina kalijevog permanganata, sumporna kiselina (H_2SO_4) = 2 mol dm^{-3}), **Tollensov reagens** (otopina srebrnog nitrata (AgNO_3 , aq), natrijeva lužina ($\text{c}(\text{NaOH}) = 2 \text{ mol dm}^{-3}$) otopina amonijaka ($\text{c}(\text{NH}_3) = 2 \text{ mol dm}^{-3}$), otopina fenolftaleina

Opis postupka:

- 1.) Osušite epruvetu za odsisavanje tako da dodate nekoliko kapi acetona i ostavite da aceton ishlapi.
- 2.) Dok se epruveta za odsisavanje suši, pripremite Tollensov reagens. Dodajte 1 mL otopine srebrnog nitrata, 1-2 kapi natrijeve lužine i otopine amonijaka dok otopina ne postane potpuno bezbojna i prozirna.
- 3.) Dodajte nekoliko mililitara svake od navedene otopine u ostale tri epruvete ovim redoslijedom: otopina **kalijevog permanganata u drugu epruvetu**, otopina **kalijevog permanganata s nekoliko kapi natrijeve lužine u trećoj epruveti** i otopina **kalijevog permanganata s nekoliko kapi otopine sumporne kiseline u četvrtoj epruvetu**. (Nastavnik će izvesti reakciju s bromnom vodom).
- 4.) Sve četiri epruvete s otopinama stavite u stalak za epruvete.
- 5.) Pričvrstite **SUHU** epruvetu za odsisavanje za metalni stalak. Nastavnik će dodati nekoliko komada čvrstog kalcijevog karbida u epruvetu za odsisavanje.
- 6.) Pripremite čašu s vodovodnom vodom.
- 7.) Uzmite malo vode u kapaljku i pažljivo pričvrstite kapaljku s gumenim čepom na epruvetu sa bočne strane (skica aparature). **NE KAPAJTE VODU IZ KAPALJKE!!!**
- 8.) Stavite gumenu cijev u epruvetu s otopinom Tollensovog reagensa i lagano kapnite nekoliko kapi vode na kalcijev karbid. Odmah počinje burna reakcija.
- 9.) Čim uočite promjene, **brzo isperite gumenu cijev u čašici s vodom i premjestite je u drugu epruvetu**.
- 10.) Ponovite postupak i s preostale dvije epruvete tako da gumenu cijev uranjate u epruvete s otopinama. **Svaki put, isperite gumenu cijev prije uranjanja u novu epruvetu**.
- 11.) Na kraju dodirnite dno epruvete za odsisavanje, izvadite kapaljku s gumenim čepom i dodajte nekoliko kapi otopine fenolftaleina. Zapišite sva zapažanja.

Skica aparature:



Opažanja:

Jednadžbe kemijskih reakcija:

Zaključak:

Zadatci:

1.) Potpunim izgaranjem 1 mola etina oslobađa se toplina od 1301,1 kJ.

a) Napišite termokemijsku jednadžbu reakcije i nacrtajte entalpijski dijagram za opisanu reakciju.

b) Koliko litara etina je sagorjelo ako je oslobođena toplina bila 53,99 kJ. Plin etin mjereno je pri 20 °C i tlaku 101,3 kPa.

2.) Pronađite, na internetu za što se za plin etin najčešće koristi(o) nekad i danas.

3.) Možemo li sakupljati plinovite ugljikovodike (npr. metan, etan, eten, etin ...) pod vodom? Objasnite.

Naziv vježbe: Halogenalkani (Alkil-halogenidi)

Radni zadatak: Pripremite kloretnan (etil-klorid)

Pribor i kemikalije: menzura od 10 mL, Vigreuxova kolona, tikvica s okruglim dnom, plamenik, željezni stalak, ekološka mrežica, tronog, stezaljka, uglata hvataljka, tehnička vaga, apsolutni etanol (C_2H_5OH), koncentrirana sumporna kiselina (H_2SO_4 , konc.), natrijev klorid ($NaCl$, s)

Opis postupka:

- 1.) Pričvrstite tikvicu s okruglim dnom za metalni stalak tako da tronog i ekološka mrežica budu ispod tikvice.
- 2.) Dodajte **10 mL apsolutnog etanola**, a nastavnik/ica će dodati **5 mL koncentrirane sumporne kiseline**. Što možete primijetiti?
- 3.) Izvažite **5 g natrijevog klorida** i dodajte u tikvicu s okruglim dnom koristeći lijevak. Stavite Vigreuxovu kolonu na tikvicu s okruglim dnom.
- 4.) Zagrijavajte sadržaj nekoliko minuta **laganim plamenom**, a nakon nekog vremena prinesite upaljenu šibicu otvoru Vigreuxove kolone. Zabilježite opažanja.

Skica aparature:



Zadatci:

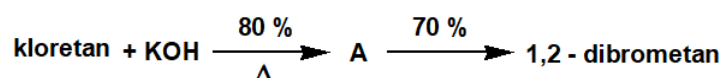
1.) Napišite jednadžbe kemijskih reakcija i imenujte organski produkt(e):

- | | |
|------------------------------|-----------------------------------|
| a) propen + Br_2 | b) but-1-en + HCl |
| c) 2-metillpent-1-en + HBr | d) 2-klorheksan + $NaOH / \Delta$ |

2.) Plinska smjesa u kojoj se nalazi 18,8 g metana i 18,0 g klora izložena je UV zračenju. Reakcijom je nastao tekući produkt, spoj **X**, i plinoviti produkt, HCl . U spoju **X** maseni udio ugljika je 10,06 %, vodika 0,84 %, a klora 89,1 %.

- a) Odredite empirijsku formulu spoja **X**. Napišite jednadžbu, gore opisane, kemijske reakcije.
- b) Izračunajte teoretsku masu nastalog spoja **X**. Odredite mjerodavni reaktant u reakciji.
- c) Izračunajte masu reaktanta u suvišku.
- d) Ako je u reakciji dobiveno 8,5 g spoja **X**, izračunajte iskorištenje reakcije.

3.) Pogledajte reakcijsku shemu. Ako je uzeto 100 mL kloroetana gustoće 0,8898 g/mL, koliko se može dobiti se 1,2-dibrometana. Iskorištenje reakcije u svakom koraku zapisano je iznad strelica.



Naziv vježbe: Sinteza i svojstva octene kiseline

Radni zadatak: Sintetizirati octenu kiselinu i ispitati neka njezina svojstva

Pribor i kemikalije: epruvete, epruveta za odsisavanje s gumenom cijevi, gumeni čep za epruvete, čaša, plamenik, kamenčići za vrenje, univerzalni indikator papirić, 96 %-tni etanol, razrijeđena otopina kalijeva permanganata, koncentrirana sumporna kiselina, uzorak metala (Zn, Al, Fe...), olovov(II) oksid, kalcijev oksid, kalcijev karbonat

Opis postupka:

SINTEZA OCTENE KISELINE

- 1.) Usitni se led i stavi u čašu zajedno s natrijevim kloridom i vodom – ledena kupelj.
- 2.) Sastavi se aparatura za zagrijavanje u epruveti za odsisavanje.
- 3.) U epruvetu za odsisavanje stave se kamenčići za vrenje. Zatim se ulije 7 mL razrijeđene otopine kalijeva permanganata, 1 mL etanol i 1,5 mL koncentrirane sumporne kiseline (profesor).
- 4.) Prilagodi visinu aparture, tj. epruvete tako da je gumena cijev do dna uronjena u epruvetu koja je postavljena u čašu s ledenom kupelji.
- 5.) Sadržaj epruvete za odsisavanje zagrijava se u početku laganim plamenom, a potom jače tako da otopina vrije kontinuirano nekoliko minuta.
- 6.) Na kraju se ispita miris destilata tako da se pare rukom usmjeruju prema sebi (OPREZ! Oštar miris), a potom univerzalnim indikatorskim papirićem i očita pH vrijednost.

ISPITIVANJE SVOJSTAVA OCTENE KISELINE

- 1.) Destilat se podijeli na četiri dijela (ukoliko ne nastane dovoljno kiseline, u digestoru se ulije malo koncentrirane octene kiseline). Prvom dijelu destilata doda se komadić bakrene žice.
- 2.) Drugom, trećem i četvrtom dijelu destilata se dodaju redom komadići uzorka metala i olovova(II) oksida, kalcijeva oksida i kalcijeva karbonata. Otvoru svake epruvete, nakon 1-2 minute prinese se zapaljena šibica

Skica aparature:

Opažanja:

Jednadžbe kemijskih reakcija:

Zaključak:

Zadatci:

- 1.) Octena kiselina je sastojak kupovnog octa. Izračunaj **množinsku i masenu koncentraciju** octene kiseline u octu, ako je u njemu maseni udio octene kiseline 9 %, a gustoća octa $1,01 \text{ g cm}^{-3}$. (Rj. $c = 1,515 \text{ mol dm}^{-3}$, $\gamma = 90,9 \text{ g dm}^{-3}$)
- 2.) Konstanta ionizacije octene kiseline pri 25°C je $K_a = 1,75 \cdot 10^{-5} \text{ mol dm}^{-3}$, a množinska koncentracija octene kiseline je 1 mol dm^{-3} . Izračunaj pH, pK_a i stupanj ionizacije octene kiseline. (Rj. $\text{pH} = 2,4$ $pK_a = 4,75$, $\alpha = 0,4 \%$)
- 3.) Osim octene kiseline, postoje i klorni derivati octene kiseline pa je tako najjači derivat trikloroctena kiselina. Ako pK_a vrijednost trikloroctene kiseline iznosi 0,66, Koliko iznosi pH vrijednost i stupanj ionizacije trikloroctene kiseline čija je koncentracija 1 mol dm^{-3} ?
- 4.) Salicilna kiselina je poznati derivat benzojeve kiseline. Njezino sustavno ime je **2-hidroksibenzojeva kiselina** koja se može dobiti sintezom iz fenola s ugljikovim dioksidom i natrijeve lužine. Potom se dobivenom međuproduktu dodaje sumporna kiselina i nastaje salicilna kiselina. Koliko grama salicilne kiseline se može dobiti iz 5 grama fenola ako je iskorištenje reakcije bilo 86 %.

Naziv vježbe: Esteri

Radni zadatak: Pripremiti estere, napisati jednadžbe esterifikacije i ustanoviti njihov miris

Pribor i kemikalije: stalak s epruvetama, vodena kupelj (čaha od 600 mL, tronog, ekološka mrežica, plamenik, voda), bezvodni natrijev acetat, benzojeva kiselina, alkoholi (metanol, etanol, propan-1-ol, propan-2-ol (izopropanol), 2-metilpropan-2-ol (*tert*-butanol), butan-1-ol, pentan-1-ol, koncentrirana sumporna kiselina

Opis postupka:

OPREZ! RAD S KONCENTRIRANOM SUMPORNOM KISELINOM!!!

- 1.) U kuhalu za vodu zagrijte vodu do vrenja. Prelijte vodu u čahu od 600 mL i postavite na ekološku mrežicu na tronogu ispod kojeg vodu nastavite zagrijavati blagim plamenom tako da voda u čahi lagano vrije.
- 2.) U pet suhih epruveta stavite na vrh žličice bezvodnog natrijeva acetata. Ukoliko epruvete nisu suhe, isperite ih s vrlo malo acetona ili 96 %-tnog etanola i pričekajte da acetona, odnosno, etanol ispari.
- 3.) U svaku epruvetu ulijte oko 2 mL različitih alkohola, dodajte 1 – 2 kapi koncentrirane sumporne kiseline i pažljivo postavite epruvete u vodenu kupelj.
- 4.) U šestu epruvetu stavite 1 žličicu benzojeve kiseline i dodajte oko 2 mL metanola te 1 – 2 kapi koncentrirane sumporne kiseline i pažljivo postavite epruvetu u vodenu kupelj.
- 5.) Nakon 3 – 5 minuta izvadite epruvete iz vodene kupelji koristeći drvenu hvataljku, kako se ne biste opekli, i postavite ih u stalak. Ustanovite miris svakog dobivenog estera.

Skica aparature:

Opažanja:

Zaključak:

Zadatci:

1.) Jabučna je kiselina slaba organska kiselina prisutna u biljkama, osobito u kiselom voću, primjerice jabukama i grožđu. Na slici je prikazana strukturna formula molekule jabučne kiseline.

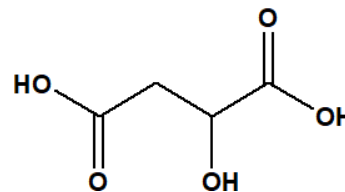
a) Koje vrste funkcijskih skupina ima ta kiselina. Napišite ih i imenujte.

b) Napišite molekulsku formulu jabučne kiseline.

c) Izračunajte maseni udio vodika u jabučnoj kiselini.

d) Koliko mola natrijeva hidroksida je potrebno za neutralizaciju 1 mol jabučne kiseline?

e) Soli jabučne kiseline nazivaju se malati (*lat.* jabuka – *malus*). Kalijev malat (E351) prirodno je sredstvo za **reguliranje kiselosti**. Napišite kemijsku formulu kalijeva malata. Kakav je pH otopine kalijeva malata (< 7 , > 7 , $= 7$ ili ≈ 7). Objasni jednadžbom kemijske reakcije.



2.) a) Napišite jednadžbu kemijske reakcije esterifikacije u kiselj sredini između etanola i octene kiseline.

b) Imenujte nastali ester.

c) Izračunajte množine svih sastojaka u ravnoteži ako je u reakcijsku posudu pri 100 °C stavljeno 0,250 mol octene kiseline i 0,125 mol etanola. Koncentracijska konstanta ravnoteže iznosi, $K_c = 4,00$

(Rj.: $[C_2H_5OH] = 0,02 \text{ mol}$; $[CH_3COOOH] = 0,145 \text{ mol}$; $[CH_3COOC_2H_5] = [H_2O] = 0,105 \text{ mol}$)

Naziv vježbe: Acetilsalicilna kiselina (Aspirin®)

Radni zadatak: Sintetizirati acetilsalicilnu kiselinu Fisherovom esterifikacijom i ispitati njezina svojstva

Pribor i kemikalije: okrugla tikvica, Vigreuxova kolona, graduirana pipeta (5 mL), čaša, menzura, kapalica, tronog, ekološka mrežica, aparatura za vakuum filtraciju, salicilna kiselina (2-hidroksibenzojeva kiselina), anhidrid octene kiseline (acetanhidrid), destilirana voda, koncentrirana fosforna kiselina, metanol, otopina željezova(III) klorida

Opis postupka:

1.) U okruglu tikvicu od 100 mL izvažite **2 g salicilne kiseline** i potom pipetom (u digestoru) dodajte **5 mL acetanhidrida** te **šest kapi koncentrirane fosforne kiseline**.

2.) Tikvicu uronite u vruću vodenu kupelj (čaša s vrućom vodom na tronogu) i miješajte desetak minuta dok se sav sadržaj potpuno ne otopi.

3.) Na tikvicu postavite Vigreuxovu kolonu i održavajte temperaturu kupelji na oko 85 °C. Zagrijavati sadržaj 15 – 20 minuta. Izvadite tikvicu iz kupelji i maknite Vigreuxovu kolonu.

4.) Bistroj otopini dodajte 5 – 10 mL hladne vode (iz hladnjaka) i smjesa dobro ohladite na ledenoj kupelji. Nakon dvadestak minuta bi se trebali formirati sitni bijeli kristali.

4.) Izradite papirnatu lađicu i izrežite kružni filter papir te ih izvažite i izračunajte iskorištenje.

5.) Dobiveni kristali profiltrirajte preko Büchnerova lijevka i ostavite na zraku da se osuše.

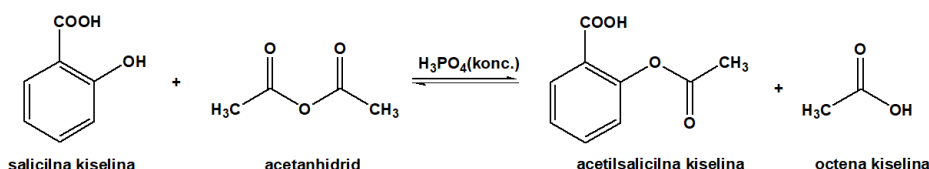
Hidroliza Aspirina®

1.) U epruvetu stavite (na vrh žličice) acetilsalicilne kiseline (ili usitnite u tarioniku tabletu Aspirina) te dodajte oko 5 mL vode. Dobivenu otopinu razdijelite na dva dijela.

2.) U jednu epruvetu dodajte 5 kapi otopine željezova(III) klorida te zabilježite opažanja.

3.) Otopinu Aspirina u drugoj epruveti zagrijavajte 2 – 3 minute pri temperaturi vrenja. Nakon hlađenja dodajte 5 kapi otopine željezov(III) klorida. Zapišite opažanja.

Jednadžba kemijske reakcije:



Opažanja:

Rezultati mjerenja:

$$m_1(\text{lađica} + \text{filter papir}) = \text{_____ g}$$

$$m_2(\text{lađica} + \text{filter papir} + \text{acetilsalicilna kiselina}) = \text{_____ g} \quad \eta =$$

$$m(\text{acetilsalicilna kiselina}) = m_2 - m_1 = \text{_____ g}$$

Zaključak:

1.) Koja je uloga koncentrirane fosforne kiseline?

2.) Objasni promjenu boje u kemijskim testovima sa salicilnom i acetilsalicilnom kiselinom.

3.) Acetilsalicilna kiselina se prodaje kao lijek pod trgovačkim imenom Aspirin®. Pronađi podatke u koju svrhu se koristi Aspirin. Od kada su poznata svojstva aspirina? Koja biljka sadrži slične spojeve, tj. koristila se za istu svrhu kao i aspirin.

4.) Konstanta ionizacije acetilsalicilne kiseline iznosi $3,4 \cdot 10^{-4} \text{ mol dm}^{-3}$. Ako se u 250 mL vode otopi 500 mg aspirina, koliko iznosi pH i stupanj ionizacije acetilsalicilne kiseline?

Pretpostavite da je volumen vode jednak volumenu otopine te je sva acetilsalicilna kiselina sadržana u obliku aspirina.

Naziv vježbe: Sinteza benzojeve kiseline i benzilnog alkohola

Radni zadatak: Pripremite 2,5 g benzojeve kiseline i 2 g benzilnog alkohola

Pribor i kemikalije: Erlenmeyerova tikvice od 100 mL, gumeni čep, stakleni štapić, menzura od 5 mL, menzura od 10 mL, lijevak za odjeljivanje, tehnička vaga, metalni stalak, metalni prsten, satno staklo, pinceta, Büchnerov lijevak, vodena sisaljka, univerzalni indikator papir, papirnata lađica, filter papir, natrijev hidroksid (NaOH, s), benzaldehid (C₆H₅COH, l), dietil-eter (CH₃CH₂OCH₂CH₃, l), natrijev karbonat (Na₂CO₃, s), koncentrirana klorovodična kiselina (HCl, konc.)

Opis postupka:

Prije početka rada pripremite papirnatu lađicu, izrežani filter papir prema odabranom Büchnerovom lijevku, složite aparaturu za ekstrakciju, pincetu, zaštitne naočala, rukavice i dvije krpe!

Oksidacija benzaldehida

- 1.) Ulijte **4 mL destilirane vode** u Erlenmeyerovu tikvicu od 100 mL i **oprezno** dodavajte 4 g (granulu po granulu) natrijeva hidroksida. Natrijev hidroksid važite na satnom staklu a ne u papirnatu lađicu!!
- 2.) Začepite tikvicu gumenim čepom i uz **snažno mućkanje** hladite pod mlazom vode.
- 3.) Kada se sadržaj potpuno ohladi, dodajte **4,8 mL benzaldehida** uz **snažno mućkanje sve dok ne dobijete gustu emulziju**.
- 4.) Ostavite smjesu da miruje 30 minuta. Zatim u tikvicu dodavajte postepeno toliko destilirane vode da se otopi dobiveni sadržaj (oko 25 mL).

Izolacija benzilnoga alkohola

- 1.) Otopinu prelijte u lijevak za odjeljivanje, ekstrahirajte benzilni alkohol dva puta s po 10 mL etera.
- 2.) Donji (vodeni) sloj, tj. natrijev benzoat ispustite u Erlenmeyerovu tikvicu, a gornji (eterski) sloj (benzilni alkohol) prenesite u reagens bocu te sušite s Na₂CO₃ do sljedećeg radnog dana u hladnjaku.

Izolacija benzojeve kiseline

- 1.) Vodenoj otopini dobivenog natrijevog benzoata koja je zaostala nakon ekstrakcije (u hladnjaku; u Erlenmeyerovoj tikvici) dodajte **uz miješanje** koncentriranu klorovodičnu kiselinu (oko 5 mL – U DIGESTORU!) do **pH = 1 – 2** (test na satnom staklu s univerzalnim indikatorskim papirićima) pri čemu **taloži benzojeva kiselina**.
- 2.) Izvažite papirnatu lađicu s filter papirom za vakuum filtraciju. **Zabilježite masu!**
- 3.) Talog benzojeve kiseline vakuum filtracijom odvojite pomoću Büchnerovog lijevka i **dobro ispere** hladnom vodom da se ukloni kiselina.
- 4.) Filter papir sa sirovom benzojevom kiselinom ostavite u lađici da se suši na zraku do idućeg radnog dana. **Na lađicu zabilježite ime i prezime, razred, datum i sadržaj.**
- 5.) **Ispraznite** i operite bocu za odsisavanje!

Naziv vježbe: Talište

Radni zadatak: Odrediti talište (ne)čiste benzojeve kiseline

Pribor i kemikalije: sirova benzojeva kiselina, prekristalizirana benzojeva kiselina, Thieleov aparat tube, staklena cijev, kapilarne cjevčice

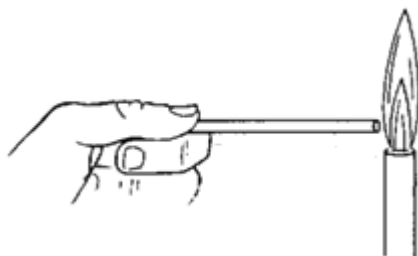
Uvod:

Talište se može koristiti za identifikaciju tvari te kao pokazatelj njezine čistoće. Talište čvrste tvari definirano je kao temperatura pri kojoj čvrsta tvar postoji u ravnoteži s tekućinom pri vanjskom tlaku ($p = 1 \text{ atm} = 101\,325 \text{ Pa}$).

Čisti kristalni spoj obično ima oštru točku taljenja i potpuno se tali u uskom temperaturnom rasponu od najviše **0,5 – 1 °C**. Prisutnost čak i male količine nečistoća obično uzrokuje značajno povećanje širine područja tališta. Raspon tališta **> 5 °C ukazuje na to da je tvar nečista**. Za uzorak čiji je identitet poznat, može se procijeniti stupanj čistoće usporedbom njegovog tališta s onom čistog uzorka.

Opis postupka:

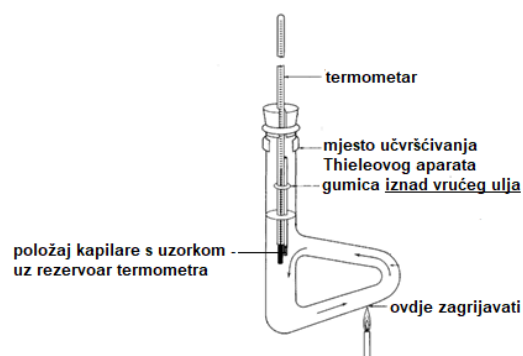
- 1.) Uzmite staklenu kapilarnu cjevčicu i zatalite je na jednom kraja pomoću plamenika (slika 1.)
- 2.) Uzimajte malo po malo čiste (prekristalizirane) benzojeve kiseline u kapilarnu cjevčicu i ispuštajte cijev zatvorene prema dolje kroz dužu staklenu cijev.
- 3.) Upotrijebite najmanju količinu benzojeve kiseline koja se može vidljivo taliti (1 – 2 mm pakirane čvrste tvari u kapilarnoj cjevčici)
- 4.) Pričvrstite kapilarnu cjevčicu na termometar tako da se uzorak nalazi uz rezervoar termometra.
- 5.) Sastavite aparaturu za određivanje tališta u Thieleovom aparatu (slika 2.).
- 6.) Počnite zagrijavati dio na Thieleovom aparatu na kojem je metalna mrežica. Na prvu naznaku taljenja čvrste tvari zapišite temperaturu (t_1).
- 7.) Kad se cijela čvrsta tvar potpuno otali (bistra, bezbojna tekućina), zapišite temperaturu (t_2).
- 8.) Ponovite cijeli postupak sa sirovom i prekristaliziranom benzojevom kiselinom, ali ovaj put upotrijebite termoblok za određivanje tališta tvrtke Vernier® i LabQuest® 2.
- 9.) Provjerite i usporedite krivulje taljenja (grafikon temperature u odnosu na vrijeme) za sirovu i prekristaliziranu benzojevu kiselinu. Usporedite talište s onom koju ste primijetili pomoću Thieleova aparata.



Slika 1. Zataljivanje kraja kapilarne cjevčice

Opažanja:

Zaključak:



Slika 2. Thieleov aparat za određivanje tališta

Sinteza bioplastike iz krumpirova škroba

Pribor i kemikalije čaša od 100 mL, stakleni štapić, satno staklo, Petrijeva zdjelica, tehnička vaga, tronog, eko mrežica, plamenik, sušionik, klorovodična kiselina, $c(\text{HCl}) = 0,1 \text{ mol dm}^{-3}$, natrijeva lužina, $c(\text{NaOH}) = 0,1 \text{ mol dm}^{-3}$, glicerol, prehrambena boja, univerzalni indikator papir.

Opis rada:

- 1.) U čaši odvagajte 5 g škroba u prahu.
- 2.) Dodajte 50 mL destilirane vode i 6 mL klorovodične kiseline.
- 3.) Sadržaj miješajte staklenim štapićem dok ne dobijete mutnu bijelu otopinu.
- 4.) U smjesu dodajte 4 mL glicerola i pomiješajte staklenim štapićem.
- 5.) Čašu sa sadržajem poklopite satnim staklom te zagrijavajte na srednjem plamenu oko 15 min.
- 6.) Ostavite otopinu da se ohladi.
- 7.) Ispitajte pH vrijednost dobivene otopine te postupno dodavajte natrijevu lužinu do neutralizacije.
- 8.) Ukoliko želite da bioplastika bude obojena u ovom koraku dodajte željenu prehrambenu boju.
- 9.) Dobivenu otopinu izlijte iz čaše u Petrijevu zdjelicu te ravnomjerno razlijte po dnu zdjelice (naginjte zdjelicu dok se otopine ne razlije od ruba do ruba zdjelice).
- 10.) Petrijevu zdjelicu sa sadržajem sušite u sušioniku na 80°C približno dva sata (vrijeme sušenja ovisi o debljini sloja bioplastike).

Sinteza bioplastike iz kukuruznog škroba

Pribor i kemikalije: čaša od 50 mL, stakleni štapić, Petrijeva zdjelica ili bilo kakva podloga za razmazivanje plastike, tehnička vaga, tronog, eko mrežica, plamenik, sušionik, glicerol, ocat, kukurzni škrob

Opis rada:

- 1.) U čaši odvagajte 7,5 g kukuruznog škroba u prahu
- 2.) Dolijte 30 mL demi vode i 2,5 mL glicerola
- 3.) Sadržaj promiješajte staklenim štapićem
- 4.) Čašu sa sadržajem zagrijavajte na laganom plamenu uz neprestano miješanje
- 5.) Kada smjesa postane ljepljiva i prozirna prestanite zagrijavati
- 6.) Dobivenu smjesu izlijte iz čaše u Petrijevu zdjelicu te ravnomjerno razlijte po dnu zdjelice prema željenoj debljini. (Naginjte zdjelicu dok se otopine ne razlije od ruba do ruba zdjelice).
- 7.) Petrijevu zdjelicu sa sadržajem sušite u sušioniku na 80°C približno dva sata (vrijeme sušenja ovisi o debljini sloja bioplastike).

Sinteza bioplastike iz mlijeka

Pribor i kemikalije: čaša od 400 mL, čaša od 250 mL, menzura od 5 mL, stakleni štapić, Petrijeva zdjelica ili bilo kakva podloga za razmazivanje plastike, cijedilo, tronog, eko mrežica, plamenik, sušionik, mlijeko, ocat.

Opis rada:

- 1.) U čašu od 400 mL ulijte 200 mL mlijeka
- 2.) Mlijeko lagano zagrijavajte uz miješanje sve dok se ne pojavi pjena.
- 3.) Prekinite zagrijavanje te u zagrijano mlijeko dodajte 5 mL octa.
- 4.) Sadržaj miješajte staklenim štapićem minutu do dvije.
- 5.) Na čašu od 250 mL postavite cjedilo te lagano prelijte dobivenu smjesu preko cijedila.
- 6.) Cijedilo lagano protresite kako bi se dobivena masa što bolje procijedila i postala kompaktna.
- 7.) Procijeđenu masu rasporedite po podlozi tako da debljina bude od 5 do 10 mm.
- 8.) Masu sušite oko dva sata na temperaturi od 80 °C.

Sinteza biostakla

Pribor i kemikalije: čaša od 250 mL, stakleni štapić, termometar, plastična posudica koja će poslužiti kao kalup, tronog, eko mrežica, plamenik, glicerol ($w = 1\%$), želatina u prahu.

Opis rada:

- 1.) U 100 mL otopine glicerola dodajte 12 g želatine u prahu te promiješajte sadržaj staklenim štapićem.
- 2.) **Lagano** zagrijavajte sadržaj, miješajte termometrom i pripazite da temperatura smjese ne prijeđe 95 °C (**ukoliko nastaje pjena ODMAH prekinite zagrijavanje**).
- 3.) Kada smjesa postane ujednačena, prekinite zagrijavanje i izlijte smjesu u pripremljeni kalup. Možete izliti tanki sloj smjese u Petrijevu zdjelicu i pričekati da se ohladi, potom lagano izvadite ohlađenu smjesu i prebacite preko okrenute porculanske zdjelice).
- 4.) Očvršćivanje biostakla može trajati i do nekoliko dana.

NAPOMENA: sloj bioplastike prilikom izlivanja u kalup ne smije biti predebeo jer će tijekom sušenja doći do pojave plijesni.

Dokazivanje ugljikohidrata Molischovim reagensom

Pribor i kemikalije: epruvete, kapalica ili pipeta, menzura (ili odmjerne kiveta) **Molischov reagens** (otopina koja sadrži α -naftol (naftalen-1-ol) otopljen u etanolu), koncentrirana sumporna kiselina, uzorak bilo kojeg ugljikohidrata (glukoza, fruktoza, maltoza...) uzorak aminokiseline (glicin)

Opis postupka:

1. U epruvetu se odmjeri 2 mL otopine maltoze (ili bilo kojeg drugog ugljikohidrata) te se otopini dodaju 3 kapi Molischovog reagensa i sadržaj promiješa.
2. Uz stijenku se vrlo pažljivo i polako ulije 2 mL koncentrirane sumporne kiseline i uoče promjene
3. Isti postupak ponovi se s aminokiselinom glicin.
4. Dodatkom sumporne kiseline zbog različitih gustoća otopina ugljikohidrata i sumporne kiseline, na granici se formira ljubičasti prsten koji upućuje na dokaz ugljikohidrata

Dokazivanje ketoza - razlikovanje ketoze od aldoza Seliwanoffovim reagensom

Pribor i kemikalije: epruvete, plamenik, čaša od 200 mL s vrućom vodom, kapalica ili pipeta, menzura (ili odmjerne kiveta) Seliwanoffov reagens (otopina koja sadrži rezorcinol (benzen-1,3-diol) otopljen u koncentriranoj klorovodičnoj kiselini)

Opis pokusa:

1. U 3 epruvete se redom ulije 1 mL glukoze, maltoze i fruktoze te se doda 5 mL Seliwanoffova reagensa u svaku od epruveta.
2. Promiješa se sadržaj svih triju epruveta te se epruvete postave u vruću vodenu kupelj na 30 sekundi.
3. Crvena boja upućuje na dokaz ketoze u uzorku. Aldoza sa Seliwanoffovim reagensom daje puno slabije obojenje.

Zadatci:

- 1.) U oba testa, reakcija se odvija preko nastanka **FURFURALA** (furan-2-karbaldehid). Prikaži strukturnu formulu furfurala.
- 2.) Izgaranjem 1 mola glukoze **oslobodi** se 2805 kJ topline.
 - a) Izračunaj masu glukoze koja je potrebna za tu reakciju.
 - b) Izračunaj masu glukoze koja je potrebna da bi se oslobodilo 5000 kJ topline.
 - c) Kolika se energija oslobodi ako izgara 50 grama glukoze.
- 3.) Pri 70 °C može se otopiti 357 g glukoze u 100 g vode, a pri 25 °C može se otopiti 91 g glukoze u 100 g vode. Koliko glukoze će iskristalizirati iz 500 g zasićene otopine hlađenjem otopine sa 70 °C na 25 °C?

Naziv vježbe: Monosaharidi i disaharidi

Pribor i kemikalije: epruvete, plamenik, čaša od 200 mL s vrućom vodom, tronog, ekološka mrežica, kuhalo za vodu, Fehling I (otopina modre galice), Fehling II (lužnata otopina kalijeva natrijeva tartarata), Benedictov reagens (otopina modre galice + natrijev karbonat + limunska kiselina), Trommerov reagens, Tollensov reagens (otopina srebrova nitrata + natrijeva lužina + amonijak)

Opis pokusa:

Prije početka, pokusa potrebno je postaviti čašu s vrućom vodom (iz kuhala) na tronog s mrežicom i nastaviti zagrijavati plamenikom – vodena kupelj.

1.) U epruvete se stavi oko 2 mL različitih otopina šećera (glukoza, fruktoza, maltoza, laktoza...)

2.) U sve epruvete se doda prethodno pripremljena otopina Fehlingova/Benedictova/Trommerova reagensa i sve epruvete postave se na vruću vodenu kupelj i promatraju zapažanja.

3.) Pokus se može izvesti i sa svježim priređenim Tollensovim reagensom koji sadrži $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]^+$ ione.

4.) Pogledajte vježbu *Funkcionalne skupine*.

NAPOMENA: Pokus se može izvesti i s različitim uzorcima koji sadrže šećere kao što su npr. med, javorov sirup, voćni sokovi...

FEHLINGOV REAGENS: Fehling I (vodena otopina **bakrova(II)** sulfata) + Fehling II (lužnata otopina kalijeva natrijeva tartarata)

BENEDICTOV REAGENS: vodena otopina **bakrova(II)** sulfata + natrijev karbonat + natrijev citrat

TROMMEROV REAGENS: vodena otopina **bakrova(II)** sulfata + natrijeva lužina

Zapažanja:

Jednadžbe kemijskih reakcija:

Zaključak:

Zadaci:

1.) Zašto se za neke šećere kaže da su reducirajući, a za neke da su nereducirajući?

2.) Istraži na internetu razliku između glukonske i glukuronske kiseline.

3.) Istraži na internetu i na deklaraciji pića, koja se umjetna sladila ili zaslađivači najčešće dodaju u napitke *bez šećera*?

Naziv vježbe: Polisaharidi

Radni zadatak: Odrediti maseni udio škroba u krumpiru

Pribor i kemikalije: čaša od 400 mL ili 600 mL, staklenka sa zatvaračem, tehnička vaga, gaza, nož, kuhinjski ribež, filter papir, papirnata ladica, krumpir, voda, Lugolova otopina

Opis postupka:

- 1.) Ogulite manji krumpir, izvažite i naribajte na ribežu. Dobivenu kašu stavite u staklenku, razrijedite s malo vode, zatvorite i snažno tresite s obje ruke kako bi škrobna zrnca izašla iz stanica (minimalno 10 minuta).
- 2.) Procijedite smjesu kroz gazu u čašu. Vratite kašu u staklenku, ponovno dodajte malo vode cijeli postupak ponovite barem tri puta.
- 3.) Mutni filtrat ostavite da sedimentira barem 15 minuta, tj. da se istaloži škrob. Talog isperite vodom, ponovno ostavite da istaloži škrob, a zatim dekantirajte otopinu iznad škroba.
- 4.) Izvažite filter papir i ladicu i prebacite škrob iz staklenke na filter papir.
- 5.) Ostavite škrob da se suši na zraku do sljedećeg radnog dana, a zatim izvažite filter papir i ladicu s osušenim škrobom te izračunajte maseni udio škroba u krumpiru (teoretska vrijednost iznosi 14 – 22 %)
- 6.) Promatrajte škrobna zrnca pod mikroskopom i skiciraju u dnevniku.

NAPOMENA: Filtracija i vakuum filtracija ovdje nisu učinkovite metode, jer škrobna zrnca vrlo brzo zatvore pore na filter papiru što dalje usporava i onemogućava filtraciju.

Rezultati mjerenja:

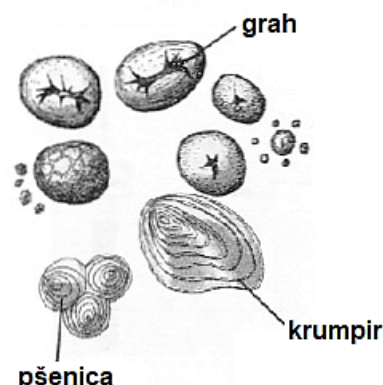
$$m_1(\text{krumpir}) = \text{_____ g}$$

$$m_2(\text{filter papir} + \text{ladica}) = \text{_____ g}$$

$$m_3(\text{filter papir} + \text{ladica} + \text{škrob}) = \text{_____ g}$$

$$m_4(\text{škrob}) = m_3 - m_2 = \text{_____ g}$$

$$w(\text{škrob, krumpir}) = \frac{m_4(\text{škrob})}{m_1(\text{krumpir})} =$$



Slika 1. Škrobna zrnca

Pitanja:

- 1.) Koja dva polimera ulaze u sastav škroba? Koje su ključne razlike između ta dva polimera?
- 2.) 2,04 g celuloze otopljeno je u 100 mL organskog otapala te je ukupni volumen otopine bio 150 mL. Celuloza je prirodni polisaharid koji se sastoji od molekula glukoze međusobno povezanih u lance. Opća formula jedne podjedinice je $\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5$. Izmjereni osmotski tlak otopine pri 20 °C je 139 Pa. Koliko glukoznih jedinica, $\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5$, prosječno ima u celuloznom lancu? (Rj.: $N(\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5) = 1470$)
- *3.) Glikogen je pričuvni polisaharid, koji se nalazi u mišićima i jetri. Enzimskom katalizom se razgrađuje do glukoze, glavnog izvora energije u organizmu. Na temelju podataka za entalpije veza, danih u tablici, izračunaj koliko se topline **oslobodi** oksidacijom 1 mola glukoze. (Rj.: $\Delta_c H(\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6) = -3151 \text{ kJ mol}^{-1}$)

veza	C–H	C–C	C–O	O–H	O=O	C=O	C=O (u CO_2)
$\Delta_b H / \text{kJ mol}^{-1}$	413	347	358	464	498	745	799

Naziv vježbe: Hidroliza škroba enzimima

Radni zadatak: Ispitati djelovanje enzima iz sline na hidrolizu škroba te ispitati produkte hidrolize Trommerovim reagensom

Pribor i kemikalije: epruvete, škrob, otopina modre galice, otopina natrijeva hidroksida (Trommerov reagens), otopina joda u kalijevu jodidu (Lugolova otopina), uzorak sline

1.) Pripremi se mlačna otopina škroba i razdijeli u tri epruvete. Sadržaj prve epruvete ispita se Trommerovim reagensom tako da se doda natrijeva lužina i 1 – 2 kapi otopine modre galice.

2.) U drugu i treću epruvetu dodaj se kap Lugolove otopine (otopine joda u kalijevu jodidu). Druga će epruveta poslužiti za usporedbu. U ustima se skupi malo sline i doda u treću epruvetu. Tijekom idućih 5 do 10 minuta usporedi se intenzitet plave boje u drugoj i trećoj epruveti.

3.) Kad se izgubi plava boja, u trećoj epruveti ispita se dobivena otopina Trommerovim reagensom.

Dodatni pokus za kod kuće: Uzmi koricu kruha i žvači je minimalno 5 – 10 minuta. Što se može primijetiti s okusom kruha? Objasni.

Pitanja:

- 1.)** Sadržava li svježa otopina škroba glukozu?
- 2.)** Što se dogodi kad se Lugolova otopina doda otopini škroba?
- 3.)** Koje promjene opažate nakon dodatka sline u otopinu škroba? Obrazložite.
- 4.)** Koje enzime sadržava slina? Koja je njihova uloga u probavnom sustavu?
- 5.)** Zašto je potrebno hranu temeljito prožvakati?
- 6.)** Kako brzina hidrolize škroba ovisi o temperaturi reakcijske smjese?

Naziv vježbe: Refraktometrija

Radni zadatak: Odrediti masenu koncentraciju uzorka na temelju baždarnog dijagrama

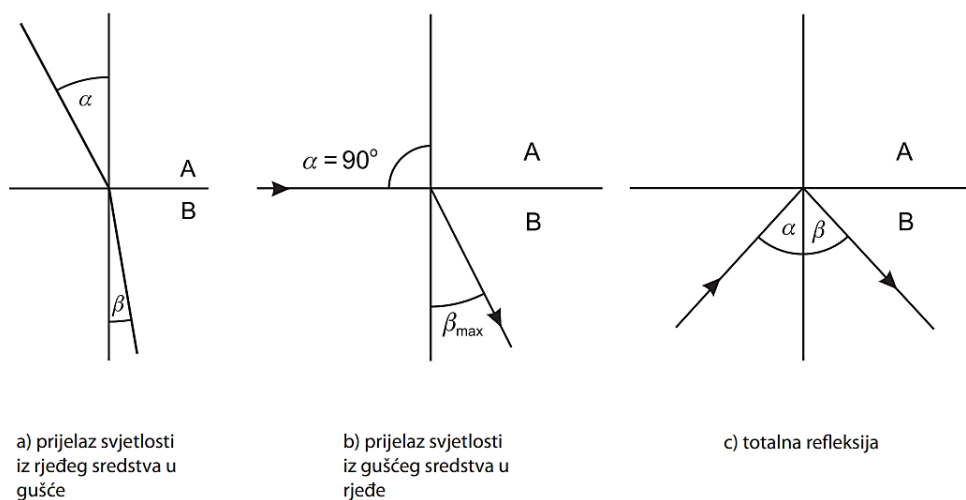
Pribor i kemikalije: refraktometar (Abbeov refraktometar s natrijevom ili volframovom žaruljom) šest odmjernih tikvica od 25,00 mL, **PLASTIČNA** kapalica, poluautomatska bireta, čaša od 100 mL, ishodna otopina saharoze ($\gamma(\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}, \text{aq}) = 120 \text{ g L}^{-1}$), destilirana voda

Uvod:

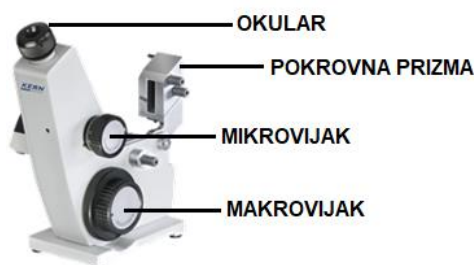
- kad svjetlost prolazi kroz otopinu, svjetlost se lomi (refrakcija) na granici dvaju medija
- **REFRAKTOMETRIJA** - metoda kvantitativne analize koja se temelji na toj pojavi i na mjerenju indeksa loma je optička metoda koja se naziva
- **indeks loma** (n_D) je **bezdimenzijska veličina** koja opisuje kako se svjetlost širi kroz optički prozirnu tvar, a definira se kao omjer između brzine svjetlosti u vakuumu c i brzine svjetlosti u tvari v ; ovisi o temperaturi pa se u eksponentu piše i temperatura, npr. n_D^{20} znači da se indeks loma odnosi na temperaturu pri 20 °C.

$$n_D^{20} = \frac{c}{v}$$

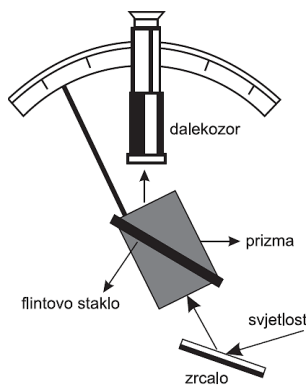
- **svjetlost se lomi prema okomici** ako svjetlost putuje putujući iz optički rjeđeg medija u optički gušći medij (npr. iz zraka u vodu) – **Slika 1. a)**
- **svjetlost se lomi od okomice** ako svjetlost putuje putujući iz optički gušćeg medija u optički rjeđi medij (npr. iz vode u zrak) – **Slika 1. b)**



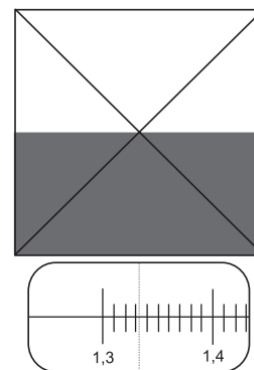
Slika 1. Granični kut loma svjetlosti



Slika 2. Abbeov refraktometar



Slika 3. Princip rada Abbeova refraktometra



Slika 4. Vidno polje Abbeova refraktometra

U Abbeovu refraktometru (slika) uzorak tekućine nalazi se između dvije prizme: **osvjetljujuće prizme i refrakcijske (lomne) prizme**. Refrakcijska prizma izrađena je od stakla s visokim indeksom loma ($n_D = 1,75$), a refraktometar je dizajniran za mjerenje indeksa loma **uzorcima čiji je indeks loma manji od onog lomne prizme**. Izvor svjetlosti projicira se kroz osvjetljujuću prizmu čija je donja površina brušena, pa se svaka točka na ovoj površini može smatrati izvorom svjetlosnih zraka koje putuju u svim smjerovima. Detektor postavljen na stražnjoj strani refrakcijske prizme pokazuje svijetlo i tamno područje koje se vidi na okularu refraktometra.

Opis postupka:

1.) Upalite odmah žarulju.

2.) Izračunajte volumene ishodne otopine (V_1) saharoze koju je potrebno dodati (**direktno iz birete**) u odmjerne tikvice od 25,00 mL. Nakon dodatka izračunatog volumena ishodne otopine, dodajte destilirane vode do oznake i dobro promiješajte sadržaj tikvica; pazite na donji meniskus.

3.) Napravite baždarenje refraktometra destiliranom vodom. Na prizmu refraktometra dodajte toliko destilirane vode da cijela prizma bude pod vodom. Zatvorite pokrovnom prizmom (slika 2) i očitajte indeks loma za vodu. Teoretska vrijednost je $n_D^{20}(\text{H}_2\text{O}) = 1,333(3)$; odstupanja su moguća jer temperatura vode, vjerojatno, nije točno 20 °C.

4.) Indeks loma očitavate na način da najprije **MIKROVIJKOM (Slika 2.) izoštravate sliku** na način da dobije te oštru granicu između svijetlog i tamnog područja. Nakon toga **MAKROVIJKOM (Slika 2.) pomičete granicu svijetlog i tamnog područja** u središte nitnog križa (**Slika 4.**). Nakon toga, kroz **OKULAR**, na skali očitavate indeks loma.

4.) Obrišite prizme, **PLASTIČNOM** kapalicom nanosite uzorak pet pripremljenih otopina saharoze.

NAPOMENA: Koristiti isključivo PLASTIČNU kapalicu i njome nanositi uzorak na prizmu refraktometra kako se ne bi izgrebala prizma!

5.) Mjerenja indeksa loma izvodite počevši s otopinom najmanje koncentracije prema većoj koncentraciji. Prije nanošenja uzorka, **kapalicu tri puta isperite otopinom** koju nanosite na prizmu.

6.) Indeks loma očitavate tri puta za svaki uzorak na način da kada jednom očitajte indeks loma, zapišete ga i potom samo **MAKROVIJKOM** pomaknete granicu te je ponovno vratite u središte nitnog križa.

7.) Rezultate prikazite tablično i grafički kao baždarni dijagram ovisnosti indeksa loma o masenoj koncentraciji saharoze.

Rezultati mjerenja:

Tablica 1. Mjerenje indeksa loma otopinama saharoze

Uzorak	$V_1 (\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}) / \text{mL}$	$\gamma_2(\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}) / \text{g L}^{-1}$	indeks loma, n_D			
			$n_{D,1}$	$n_{D,2}$	$n_{D,3}$	$\bar{n}_D$
1.						
2.						
3.						
4.						
5.						
X						

Radni zadatak: Odrediti konstantu brzine inverzije saharoze i izračunati vrijeme poluraspada

Pribor i kemikalije: polarimetar s priborom i odgovarajućom kivetom za uzorak, čaša od 250 mL (visoka), čaša od 600 mL, menzura od 100 mL, plamenik, tronog, ekološka mrežica, stakleni štapić, termometar, otopina saharoze ($w(\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}) = 20\%$), otopina klorovodične kiseline ($c(\text{HCl}) = 4 \text{ mol dm}^{-3}$), destilirana voda

Uvod:

Polarimetar – uređaj kojim se mjeri kut zakretanja polarizirane zrake svjetlosti kada prolazi kroz kivetu s uzorkom koji je optički aktivan. Kao izvor monokromatske svjetlosti koristi se natrijeva žarulja.

Optički aktivne tvari – zakreću ravninu polarizirane svjetlosti. Tvar može zakretati ravninu polarizirane svjetlosti u smjeru kazaljke na satu (+) ili u smjeru suprotnom od smjera kazaljke na satu (–). Sve tvari koje imaju barem jedan asimetrično supstituiran atom ugljika su optički aktivne tvari.

NAPOMENA: Moguće je koristiti oznake $d(+)$ ili $d(-)$ pri čemu te oznake **NEMAJU NIKAKVE VEZE S** oznakama za **apsolutnu konfiguraciju** (R ili S) kao **NI S OZNAKAMA** za **relativnu konfiguraciju** (D ili L)!

Također, uočeno je kako je kut za koji optički aktivna tvar zakreće polariziranu zraku svjetlosti proporcionalan koncentraciji tvari, duljini kivete i valnoj duljini svjetlosti, te se matematički može opisati:

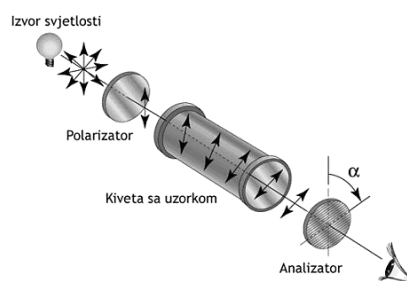
$$[\alpha]_{\text{D}}^{25} = \frac{\alpha}{\gamma \cdot l}$$

gdje je, $[\alpha]_{\text{D}}^{25}$ – **specifična moć optičkog zakretanja**, α – izmjereni kut zakretanja ($^{\circ}$), γ – masena koncentracija (u g / dm^3) i l – duljina kivete (u dm)

Oznaka **D u indeksu** označava D-liniju monokromatskog izvora zračenja, a za natrijevu žarulju iznosi 589,3 nm, a **25 u eksponentu** označava temperaturu mjerenja (25°C)



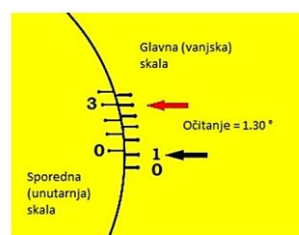
Slika 1. Polarimetar s osnovnim dijelovima



Slika 2. Zakretanje polarizirane zrake svjetlosti



Slika 3. Noniusova skala



1. broj: gdje 0 sporedne skale siječe glavnu skalu
2. broj: najbolje preklapanje oznake glavne i sporedne skale

Slika 4. Očitavanje Noniusove skale

Opis postupka:

- 1.) Uključite polarimetar, tj. natrijevu žarulju odmah po dolasku na radno mjesto.
- 2.) Nakon desetak minuta, napravite baždarenje polarimetra, tako što ćete u ispranu kivetu uliti destiliranu vodu, zatvoriti je stakalcem, gumenom brtvom i navojem.
- 3.) Očitajte kut zakretanja ($\alpha = 0^\circ$).
- 4.) Pripremljenoj otopini saharoze ($w = 20\%$) dodajte klorovodičnu kiselinu ($c = 4 \text{ mol dm}^{-3}$). Na 100 mL otopine saharoze dodaje se 25 mL otopine klorovodične kiseline.
- 5.) Napunite kivetu što je brže moguće i postavite u ležište kivete.
- 6.) Očitajte kut zakretanja α_0 (kut zakretanja saharoze na početku), a zatim očitavajte kut α_t (kut nakon vremena t) i bilježite pripadno vrijeme. Kut očitavajte u intervalu od najviše pola minute.
- 7.) Vijkom na polarimetru, podešavajte sliku dok vidnu polje na otvoru za gledanje nije jednoliko zatamnjeno. Tada očitajte kut.
- 8.) Svakih daljnjih 5 minuta očitavajte kut zakretanja u vremenu od 45 minuta.
- 9.) Zagrijte preostalu otopinu saharoze u čaši na vodenoj kupelji do 60°C kako bi se inverzija saharoze potpuno završila.
- 10.) Kad se otopina ohladi, ulijte otopinu u polarimetrijsku cijev i izmjerite α_∞ (kut kada je reakcija završena).
- 11.) Odredite konstantu brzine inverzije saharoze grafički tako da na os apscise (x-os) nanesete vrijeme inverzije t , a na os ordinate $\ln(\alpha_t - \alpha_\infty)$. Izračunajte vrijeme poluraspada, tj. poluživot.

Rezultati mjerenja:

t / min	$\alpha_t / ^\circ$	$\alpha_t - \alpha_\infty / ^\circ$	$\ln(\alpha_t - \alpha_\infty)$
∞			

Opažanja:

Zaključak:

- 1.) Koliko iznosi konstanta brzine inverzije saharoze i vrijeme poluraspada ($t_{1/2}$)
- 1.) Zašto se glukoza zove još i *dekstroza*, a fruktoza *levuloza*?
- 2.) Što je invertni šećer i gdje se koristi?

Naziv vježba: Masti i ulja

Radni zadatak: Ispitati fizikalna i kemijska svojstva masti i ulja

Pribor i kemikalije: stalak s epruvetama, stakleni štapić, kapalica, čepovi za epruvete, porculanska zdjelica, drvena hvataljka, tronog, ekološka mrežica, plamenik, uzorci ulja (suncokretovo, biljno, sojino, laneno...), margarin, svinjska mast, petroleter (ili slično organsko otapalo; benzin), bromna voda (ili otopina joda – Lugolova otopina), stearinska kiselina ($C_{17}H_{35}COOH$, s), natrijeva lužina ($w = 40\%$), fenolftalein, klorovodična kiselina, destilirana voda, deterdžent

Opis postupka:

- 1.) U epruvete redom stavite oko 1 mL različitih vrsta ulja (suncokretovo, biljno...)
- 2.) Dodajte i malo margarina, maslaca i svinjske masti. Količine svih uzoraka bi trebale biti otprilike iste.
- 3.) U sve epruvete dodajte oko 5 mL petroletera (ili benzina). Epruvete začepite i energično protresite kako bi se uzorci otopili. **NAKON MUČKANJA, ODMAH MAKNUTI ČEP S OTVORA EPRUVETE!**
- 4.) Svakoj otopini dodavajte bromnu vodu (ili otopina joda) **kapalicom kap po kap**. Nakon svake dodane kapi, promućkajte sadržaj epruvete. Brojite dodane kapi i zabilježite opažanja.
- 5.) Ustanovite broj kapi bromne vode koji je potrebno dodati u uzorak da se u uzorku zadrži žuta boja bromne vode sa zadnjom dodanom kapi.

Emulzije i emulgatori

- 6.) U epruvetu dodajte oko 2 mL ulja i isto toliko vode. Epruvetu začepite, a sadržaj energično protresite. Maknite čep s otvora epruvete i zabilježite zapažanja.
- 7.) Sadržaju epruvete dodajte 1 – 2 kapi deterdženta, začepite epruvetu i sadržaj ponovno energično protresite. Maknite čep s otvora epruvete i zabilježite zapažanja.

Dobivanje sapuna – saponifikacija

- 8.) U porculansku zdjelicu stavite 4 – 5 žličica svinjske masti te dodajte oko 10 mL natrijeve lužine ($w = 40\%$). Porculansku zdjelicu postavite na ekološku mrežicu na tronogu te sadržaj u zdjelici **lagano zagrijavajte** do uočljive promjene. Prilikom zagrijavanja, sadržaj je potrebno miješati staklenim štapićem, a porculansku zdjelicu pridržavati drvenom hvataljkom.
- 9.) Dobiveni produkt iz koraka 8.) staklenim štapićem prenesite u epruvetu (na vrh štapića). U epruvetu dodajte oko 5 mL vode, začepite sadržaj čepom i energično protresite dok se sav sadržaj ne otopi. Podijelite otopinu na dva dijela. Jednom dijelu dodajte fenolftalein, a drugom nekoliko kapi klorovodične kiseline.
- 10.) Za sve provedene reakcije napišite opažanja i jednadžbe kemijskih reakcija.

Pitanja:

- 1.) Koja je ključna razlika između masti i ulja.
- 2.) Koja je razlika između esencijalnih i neesencijalnih viših masnih kiselina?
- 3.) Napiši reakciju između 3 mola palmitinske kiseline i glicerola. Kako se zove dobiveni produkt?
- 4.) Osim s bromnom vodom (ili otopinom joda) na koji se još način može provesti test na nezasićenost masti i ulja? Napiši (skraćenu) jednadžbu kemijske reakcije.
- 5.) Što su emulzije, a što emulgatori? Koji emulgator je prisutan u jajetu, a koji u mlijeku?
- 6.) Koja je razlika (osim u okusu) između maslaca i margarina? Kako se dobiva maslac, a kako margarin?

Naziv vježbe: Krema za ruke

Radni zadatak: Pripremiti kremu za njegu kože

Pribor i kemikalije: tehnička vaga, plastična čaša, čaša od 50 mL, čaša od 200 mL, metalna ili drvena žličica, kuhalo za vodu, kutijica za kremu, shea maslac, kokosov ili kakao maslac, bademovo ulje, vosak, vitamin E, eterično ulje po želji.

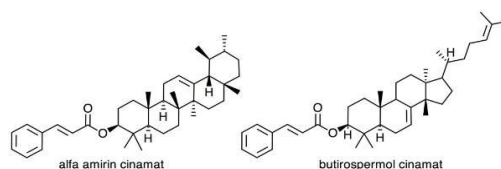
SASTOJCI KREME ZA NJEGU KOŽE:

7 g shea maslaca
2 g kokosovog ili kakao maslaca
1 g voska
10 g bademovog ulja
4 kapi vitamina E
2 – 4 kapi eteričnog ulja po želji

Opis rada:

U plastičnim čašama izvažu se sastojci tako da se u prvu čašu izvaže maslaci s voskom, a u drugu ulje. Na vodenoj kupelji u staklenoj čaši (od 50 mL) prvo se otopi smjesa voska i maslaca uz stalno miješanje. Zatim se otopljena smjesa maslaca i voska izvadi iz vodene kupelji. U mlaćnu smjesu umiješa se bademovo ulje, vitamin E i eterično ulje po želji. Smjesa prelije u plastičnu ambalažu koja se zatvori poklopcem tek kada smjesa očvrstne.

Shea maslac je odličan za njegu kože **atopičara (neurodermitis)**. Ne iritira kožu i znanstvenici su utvrdili da ne sadrži alergene. To je iznimno bitno jer koža atopičara propušta veće molekule i često nastaje alergija. Dodaje se i u emulzijske sustave te cijeli niz balzama za tijelo i usnice. Sadrži zanimljiv balans zasićene stearinske kiseline, te nezasićene oleinske kiseline. Trigliceridi zasićenih masnih kiseline **znaju tvoriti kuglice** (male grudice) u maslacu te **pripravcima od shea maslaca, pa neki katkad znaju pogrešno misliti da se „pokvario”**. Hrani i stvara zaštitni film. Sadrži veliku količinu tzv. neosapunjivih tvari (aktivnih tvari otopljenih u trigliceridima), koju mahom čine esteri cimetne kiseline. Njih bude preko 4 % u hladno prešanom i nerafiniranom maslacu. Ti spojevi upijaju UV zrake. Esteri cimetne kiseline osim apsorpcije UV zraka (mnogi kemijski filteri u kremama za sunčanje su cinamati), djeluju i protuupalno i potiču regeneraciju kože. To su α -amirin cinamat (29,3 %), butirospermol cinamat (14,8 %), α -amirin acetat (14,1 %), lupeol cinamat (9,0 %) i β -amirin cinamat (7,6 %), lupeol acetat (7,2 %), butirospermol acetat (5,8 %) i β -amirin acetat (4,9 %).



Voskovi su kemijski gledano **estri masnih kiseline i dugolančanih alkohola**. Primjer jedne molekule voska koju sadrži pčelinji vosak je triakontil-palmitat, ester dugolančanog alkohola triakontola i palmitinske kiseline.



Oni mogu sadržavati i druge tvari osim estera u užem smislu – to mogu biti i dugolančani ugljikovodici, steroli, masne kiseline i trigliceridi. Kandelila vosak je primjer voska koji sadrži puno ugljikovodika, a vosak jojobe, opisan među biljnim uljima, sadrži dosta triglicerida. Osim tih spojeva, sadrži niz organskih spojeva koji mogu davati boju, miris, čak i konzistenciju.

Kokosova mast je na sobnoj temperaturi, uglavnom oko 20 °C, čvrsta tvar. Njegove kratkolančane masne kiseline su stabilne, ne oksidiraju te se lako probavljaju, pa ga svakako može koristiti u prehrani. Sadržaj laurinske kiseline čini kokos idealnim za sapune. Natrijeva i kalijeva sol laurinske kiseline odlično se pjeni, pa dodatak kokosa kao sirovine za izradu sapuna uvijek povećava pjenjenje.

Naziv vježbe: Tko se boji sapuna još?

Radni zadatak: Ispitati i usporediti svojstva sapuna i deterdženata

Pribor i kemikalije stalak sa 6 epruveta, gumeni čepovi, satno staklo, stakleni štapić, čaša od 100 mL, vodena otopina sapuna ($w = 1\%$), vodovodna voda, destilirana voda, mineralna voda, crveni i plavi lakmus papir, razrijeđene vodene otopine klorovodične kiseline, magnezijeva klorida i kalcijeva klorida

KORAK 1. Ulijte u svih 6 epruveta oko 1 mL vodene otopine sapuna. Kapnite 1-2 kapi na crveni i plavi lakmus papir na satnom staklu, pomoću staklenog štapića. **Zabilježite opažanja.** Što na temelju opaženog možete zaključiti?

PITANJE 1. Smije li se vunena odjeća prati sapunima? Zašto?

KORAK 2. Ulijte, u **prve tri epruvete**, redom do polovice visine epruvete: destiliranu vodu, vodovodnu vodu i mineralnu vodu. Začepite epruvete i dobro promućkajte sadržaj. Nastaje li pjena? **Zabilježi opažanja.**

E1 + destilirana voda: _____

E2 + vodovodna voda: _____

E3 + mineralna voda: _____

PITANJE 2. Koja je razlika između meke i tvrde vode? U kojoj vodi, iz **KORAKA 2.**, bi se rublje najbolje opralo? Zašto?

KORAK 3. Ulijte, u preostale tri epruvete, redom oko 1 mL vodenih otopina: klorovodične kiseline, magnezijeva klorida i kalcijeva klorida. Začepite epruvete i dobro promućkajte sadržaj. Nastaje li pjena? Ostavi epruvete u stalku nekoliko minuta. **Zabilježi opažanja.**

E4 + HCl(aq) : _____

E5 + $\text{MgCl}_2\text{(aq)}$: _____

E6 + $\text{CaCl}_2\text{(aq)}$: _____

PITANJE 3. Jesu li sapuni pogodno sredstvo za pranje u kiselim otopinama i vodama koje sadržavaju otopljene kalcijeve i/ili magnezijeve soli? Zašto?

KORAK 4. Isperite sve epruvete vodovodnom vodom i destiliranom vodom. Zatim ponovite **KORAK 2.** i **KORAK 3.**, ali **ovaj puta s otopinom deterdženta**. Što možete primijetiti?

Zaključak:

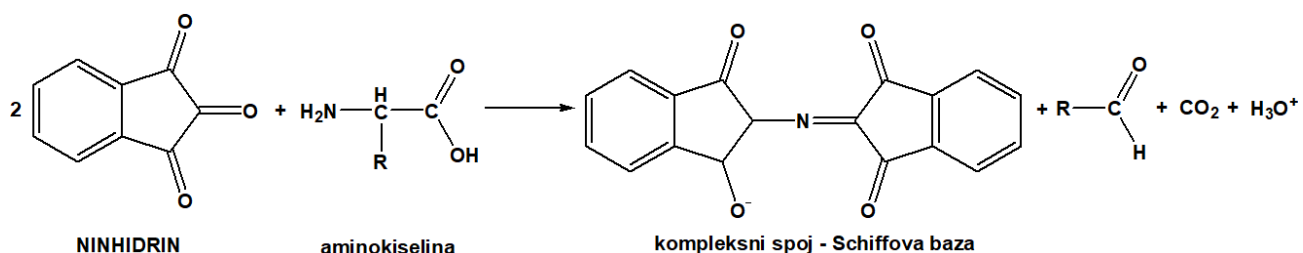
Naziv vježbe: Kromatografija aminokiselina

Radni zadatak: Odrediti sastav aminokiselina u nepoznatoj smjesi kromatografijom na papiru

Pribor i kemikalije: čaša, satno staklo, kapilara, filter papir, podloga (celuloza ili silikagel), ravnalo, smjesa za razdvajanje [etanol (53 %), kloroform (30 %), NH_3 (konc.) (15 %), voda (2 %)], otopina za bojanje (acetona + ninhidrin), aminokiseline (prolin, glicin, alanin, histidin), nepoznati uzorak (smjesa aminokiselina)

Opis rada:

Otopina aminokiselina nanese se na startnu crtu označenu na papiru (1 – 2 cm od ruba papira). Papir se postavi u čašu u koju je uliveno oko 5 mL smjese za razdvajanje. Kada se fronta otapala približi gornjem rubu (oko 2 cm od gornjeg kraja), papir se izvadi iz čaše, osuši i oboja otopinom acetona i ninhidrina. Na temelju puta aminokiseline i fronte otapala izračuna se R_f vrijednost i na temelju vrijednosti odredi se nepoznati uzorak.

Jednadžba kemijske reakcije:**Rezultati mjerenja:**

aminokiseline				
duljina puta aminokiseline (x / cm)				
fronta otapala (y / cm)				
$R_f = \frac{x}{y}$				

Nepoznati uzorak:

	UZORAK 1	UZORAK 2	UZORAK 3
duljina puta aminokiseline (x / cm)			
fronta otapala (y / cm)			
$R_f = \frac{x}{y}$			

Naziv vježbe: Potenciometrijska titracija aminokiseline

Radni zadatak: Iz grafičkog prikaza odrediti izoelektričnu točku aminokiseline

Pribor i kemikalije: bireta za HCl od 25 mL, bireta za NaOH od 25 mL, 2 graduirane pipete od 20 mL, čaša od 100 mL, pH-metar, kombinirana elektroda, magnetska miješalica, magnetsko slijedilo, otopina NaOH, $c(\text{NaOH}) = 0,2 \text{ mol L}^{-1}$, otopina HCl, $c(\text{HCl}) = 0,2 \text{ mol L}^{-1}$, otopina aminokiseline (120 mg / 40 mL destilirane vode)

Opis postupka:

- 1.) U čašu od 100 mL dodajte 40 mL uzorka, uronite kombiniranu elektrodu spojenu na prethodno uključeni i baždareni pH-metar i titrirajte sadržaj u čaši s otopinom NaOH iz birete od 25 mL.
- 2.) Lužinu dodajte u malim obrocima (po 0,5 mL), kako bi grafički prikaz titracije sadržavao što više eksperimentalnih točaka. Nakon svakog dodatka lužine pričekajte 5 – 10 sekundi, očitajte pH i zabilježite ga u tablicu.
- 3.) Na isti način titrirajte otopinu aminokiseline uzimajući novi uzorak (40 mL), a umjesto lužinom titrirajte otopinom klorovodične kiseline.
- 4.) Rezultate prikažite grafički tako da na os apscisa (x-os) nanesete dodani volumen NaOH i kiseline, a na os ordinata (y-os) očitani pH.

Rezultati mjerenja:

Tablica 1. Potenciometrijska titracija aminokiseline _____ uz natrijevu lužinu, $c(\text{NaOH}) = 0,2 \text{ mol L}^{-1}$ i klorovodičnu kiselinu, $c(\text{HCl}) = 0,2 \text{ mol L}^{-1}$.

[illegible]

Naziv vježbe: Proteini – Reakcije dokazivanja proteina

Radni zadatak: 1.) Dokazati prisutnost peptidne veze u ureji i proteinima bjelanjka jajeta
2.) Provesti ksantoproteinsku reakciju s proteinima bjelanjka jajeta

Pribor i kemikalije: stalak s epruvetama, kapalica, drvena hvataljka, plastične žličice, plamenik, šibice, stakleni štapić, destilirana voda, ureja, vodena otopina bakrova(II) sulfata, natrijeva lužina, otopina dušične kiseline, vodena otopina amonijaka

Opis postupka:

Dokazivanje peptidne veze u ureji

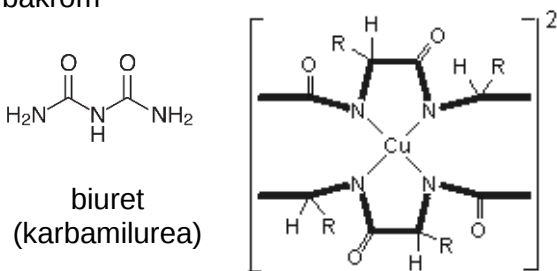
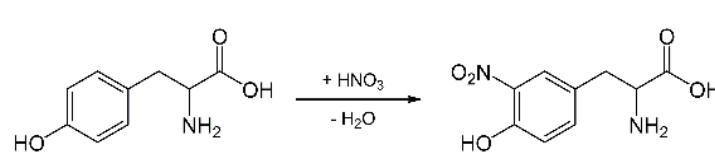
- 1.) U epruvetu, na vrh žličice, dodajte ureju i ulijte oko 1 mL destilirane vode.
- 2.) U istu epruvetu potom dodajte oko 1 mL natrijeve lužine i 2 – 3 kapi vodene otopine bakrova(II) sulfata. Sadržaj epruvete protresite i zabilježite opažanja.

Dokazivanje peptidne veze u bjelanjku jajeta (biuret reakcija) i ksantoproteinska reakcija

- 1.) U čaši razmutite dva bjelanjka jajeta s oko 200 mL destilirane vode
- 2.) Otopinu bjelanjka razdijelite u 6 epruveta.
- 3.) U jednu epruvetu dodajte oko 1 mL natrijeve lužine i 2 – 3 kapi vodene otopine bakrova(II) sulfata. Sadržaj epruvete protresite i zabilježite opažanja.
- 4.) U drugu epruvetu dodajte oko 1 mL dušične kiseline, sadržaj zagrijte. Zabilježite opažanja. Sadržaj ohladite i potom u istu epruvetu dodajte oko 1 mL otopine amonijaka. Zabilježite opažanja.

Opažanja:

Zaključak:

BIURET REAKCIJA	KSANTOPROTEINSKA REAKCIJA
- dodatkom natrijeve lužine i otopine bakrova(II) sulfata nastaje LJUBIČASTO obojenje jer se stvara kompleksni spoj s bakrom  biuret (karbamilurea)	- grč- <i>ksantos</i> – žut - dodatkom koncentrirane dušične kiseline (HNO₃) uzorku koji sadrži proteine koje u sastavu imaju aminokiseline s benzenskom jezgrom (Trp, Phe i Tyr) i zagrijavanjem nastaje ŽUTO obojenje; dodatkom amonijaka boja se mijenja u NARANČASTU 

DENATURACIJA PROTEINA

- denaturacija proteina je promjena kada protein gubi na svojoj funkciji, tj. nije više u **NATIVNOJ KONFORMACIJI**
- denaturaciju je često puta praćena vidljivim zgrušavanjem (koagulacijom) proteina, ali **NE nužno**
- **svaka denaturacija nije nužno koagulacija!**

Naziv vježbe: Proteini – Denaturacija i koagulacija

Radni zadatak: Provesti reakciju denaturacije proteina bjelanjka jajeta

Pribor i kemikalije: stalak s epruvetama, kapalica, drvena hvataljka, plastične žličice, plamenik, šibice, stakleni štapić, destilirana voda, natrijeva lužina, soli teških metala ($\text{Pb}^{2+}(\text{aq})$, $\text{Cu}^{2+}(\text{aq})\dots$), etanol ($w = 96\%$)

Denaturacija proteina bjelanjka jajeta

1.) U nekoliko epruveta ulijte otopinu bjelanjka jajeta te redom dodajte nekoliko kapi otopina soli teških metala ($\text{Pb}^{2+}(\text{aq})$, $\text{Cu}^{2+}(\text{aq})\dots$). Protresite sadržaj epruveta i zabilježite opažanja.

2.) U jednu epruvetu s otopinom bjelanjka jajeta dodajte etanol. Protresite sadržaj epruveta i zabilježite opažanja.

3.) Zagrijte sadržaj jedne epruvete s otopinom bjelanjka jajeta na plamenu plamenika. Zabilježite opažanja.

Pokus kod kuće: Uzmite dva jaja i odvojite bjelanjak od žumanjka. Bjelanjak podijelite na tri dijela. Trećinu smjese bjelanjka mikserom dobro izmiješajte bjelanjak jajeta tako da dobijete *snijeg*. Ostavite smjesu stajati **nekoliko sati**, a najbolje preko noći. Zabilježite opažanja.

Drugoj trećini bjelanjka **dodajte malo kuhinjskog octa** (najbolje alkoholni), lagano promiješajte i uočite što se događa. Zabilježite opažanja.)

Trećoj trećini bjelanjka dodajte nekog **žestokog alkoholnog pića** (poželjno da je prozirno) koje imate kod kuće (rakija, vodka...) lagano promiješajte i zabilježite opažanja. Umjesto bjelanjka jajeta (u drugom i trećem dijelu pokusa) možete koristiti i **mlijeko**.

Opažanja:

Zaključak:

1.) Što je **NATIVNA** konformacija proteina?

2.) Što je **DENATURACIJA**, a što **KOAGULACIJA** proteina? Jesu li ta dva pojma istoznačnice? Objasni.

3.) Na koji način se može narušiti nativna konformacija proteina?

4.) Koje razine struktura proteina poznajete? Koja struktura ostaje potpuno očuvana prilikom denaturacije proteina?

5.) Udio željeza kao Fe^{2+} iona u hemoglobinu je 0,333 %. Koliko Fe^{2+} iona sadrži molekula hemoglobina ako je relativna molekulska masa hemoglobina 67 100?

6.) Hormon inzulin sadrži 3,4 % sumpora.

a) Kolika je minimalna relativna molekulska masa inzulina? (**Rj.:** $M_r(\text{inzulin}) = 943$)

b) Koliko je atoma sumpora prisutno u molekuli, ako je $M_r(\text{inzulin}) = 5734$? (**Rj.:** $N(\text{S}) = 6$)

7.) Virus, koji uzrokuje neku biljnu bolest, ima oblik valjka **promjera** 15 nm, a duljinu 300 nm. Gustoća virusa je $1,37 \text{ g cm}^{-3}$. Kolika je relativna molekulska masa virusa? $u = 1,66 \cdot 10^{-24} \text{ g}$ (**Rj.:** $M_r = 4,4 \cdot 10^7$)

***8.)** Spaljivanjem 5,5600 g aminokiseline nastaje 9,1170 g ugljikova(IV) oksida i 4,6621 g vode. Drugom metodom 4,5200 g aminokiseline daje 1,4318 g amonijaka. Odredi molekulsku formulu aminokiseline. (**Rj.:** $\text{C}_6\text{H}_{15}\text{N}_3\text{O}_2$)

Naziv vježbe: Enzimi

Radni zadatak: Ispitati utjecaj pH i temperature na aktivnost enzima pekarskog kvasca (*Saccharomyces cerevisiae*)

Pribor i kemikalije: čaša od 200 mL, stalak s epruvetama, termometar do 100 °C, otopina klorovodične kiseline ($c(\text{HCl}) = 2 \text{ mol dm}^{-3}$), natrijeva lužina ($c(\text{NaOH}) = 2 \text{ mol dm}^{-3}$) univerzalni indikatorski papir, svježi pekarski kvasac, šećer, brašno.

Opis postupka:

- 1.) U približno 50 mL hladne vode razmutite četvrtinu kockice pekarskog kvasca, 2 žličice šećera i 2 žličice brašna. Sadržaj miješajte staklenim štapićem dok se ne dobije kaša bez grudica.
- 2.) U tri epruvete označene brojevima **1, 2 i 3** ulijte 4 do 5 mL dobivene kaše. U **prvu epruvetu dodajte otopinu klorovodične kiseline**, a u **treću natrijevu lužinu**. Promućkajte sadržaj epruveta i univerzalnim indikatorskim papirom ispitajte pH dobivenih otopina tako da uronite štapić u smjese u epruvetama **1, 2 i 3** i dodirnete univerzalni indikator papirić na satnom staklu. **Između svakog uranjanja štapića u smjesu, štapić operite i obrišite krpom.**
- 3.) Sve tri epruvete uronite u čašu s vodom ugrijanom na oko 40 °C. Tijekom sljedećih desetak minuta promatrajte što se događa u epruvetama. Zabilježite opažanja.
- 4.) Ponovite pokus, ali **bez dodavanja** otopine klorovodične kiseline i natrijeve lužine, tako da prvu epruvetu s kašom kvasca, šećera i brašna uronite u čašu sa smjesom vode i leda, drugu u čašu s mlačnom vodom (35 – 40 °C) a treću u čašu s kipućom ili vodom ugrijanom na više od 80 °C. Zabilježite sva opažanja.

Zadatci:

- 1.) Definirajte sljedeće pojmove: *enzim, kofaktor, koenzim, holoenzim, apoenzim, prostetička skupina*.
- 2.) U kojoj je epruveti nastalo najviše pjene?
- 3.) Zbog čega nastaje pjena?
- 4.) Kako pH otopina utječe na aktivnost enzima pekarskog kvasca?
- 5.) Kako promjena temperature utječe na aktivnost enzima pekarskog kvasca?
- 6.) Kako se mijenja brzina običnih, tj. anorganskih kemijskih reakcija s promjenom temperature? Vrijedi li ista zakonitost za brzinu biokemijskih reakcija?
- 7.) Što podrazumijevate pod pojmom *denaturiranje*? Što sve može dovesti do denaturiranja enzima?
- 8.) Vodikov peroksid se pod utjecajem katalizatora raspada na vodu i kisik.
 - a) Napišite jednadžbu kemijske reakcije raspada vodikova peroksida te naznači agregacijska stanja svih sudionika u reakciji.
 - b) U tablici su prikazani različiti volumeni razvijenog kisika tijekom 30 minuta pri 20 °C uz korištenje katalizatora **A** i **B**. Koji katalizator je djelotvorniji? Zašto?

t / min	0	5	10	15	20	25	30
$V_A(\text{O}_2) / \text{mL}$	4	8	12	16	17	18	18
$V_B(\text{O}_2) / \text{mL}$	5	10	15	16,5	18	18	18

- c) Grafički prikžite, na **ISTOM milimetarskom papiru**, tj. grafu ovisnost volumena razvijenog kisika o vremenu za **OBA** seta podataka.
- d) Objasnite zašto oba pokusa treba provoditi pri istoj temperaturi.

Naziv vježbe: Fotokolorimetrija

Radni zadatak: Odrediti masenu koncentraciju uzorka otopine koja sadrži Cu^{2+} ili Fe^{3+} ione na temelju mjerenja apsorbancije

Pribor i kemikalije pet odmjernih tikvica od 10,00 mL, automatska pipeta (1 – 5 mL), plastične kivete, stalak za kivete, fotokolorimetar (Vernier) ishodna otopina $\text{Cu}^{2+}(\text{aq})$ ili $\text{Fe}^{3+}(\text{aq})$, vodena otopina kalijeva tiocijanata ($c(\text{KSCN}) = 4 \text{ mol dm}^{-3}$), otopina dušična kiselina ($c(\text{HNO}_3) = 0,2 \text{ mol dm}^{-3}$), otopina amonijaka ($c(\text{NH}_3) = 2 \text{ mol dm}^{-3}$), destilirana voda

Uvod:

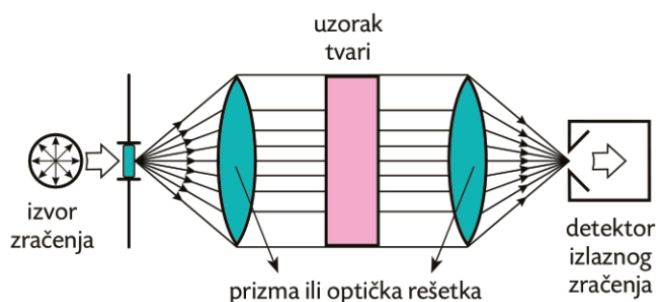
KOLORIMETRIJA – je optička metoda za određivanje koncentracije **obojenih** otopina.

Fotokolorimetrija je objektivna kolorimetrijska metoda jer se tok prolazne svjetlosti određuje mjerenjem fotostruju pomoću fotoelementa.

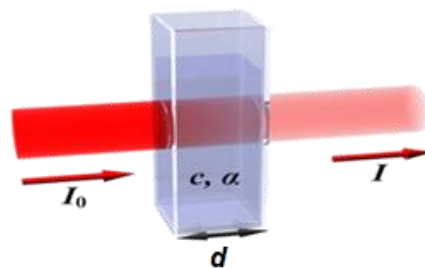
Temelji se na mjerenju **apsorbancije, A** ili **transmitancije, T** obojenih otopina pri prolazu svjetlosti užeg spektralnog područja (koju dobivamo kada bijelu svjetlost propustimo kroz optički filter).

Otopina je obojena ako apsorbira dio spektra vidljivog zračenja. Boja neke tvari prouzročena je apsorpcijom svjetlosti. Naše oko registrira reflektirano zračenje, tj. boju koja je komplementarna onoj apsorbiranoj.

Zasniva se na apsorpciji svjetlosti u obojenim otopinama, a opisana je **Lambert – Beerovim zakonom**.



Slika 1. Shematski prikaz apsorpcijskog spektrofotometra



Slika 2. Prolazak svjetlosti kroz uzorak

TRANSMITANCIJA – jednaka je omjeru intenziteta izlaznog zračenja (I) i intenziteta ulaznog zračenja (I_0); $T = \frac{I}{I_0}$ (može biti od 0 do 1, tj. od 0 do 100 %)

APSORBANCIJA – je **logaritam recipročne vrijednosti transmitancije**:

$$A = \log \frac{I_0}{I} = -\log T = abc \quad A = abc$$

Apsorbancija, **A** ovisi o:

prirodi tvari

A – apsorbancija – **BEZDIMENZIJSKA VELIČINA**

valnoj duljini upadne svjetlosti

I - intenzitet propuštenog svjetla

temperaturi

a - molarni apsorpcijski koeficijent [$\text{L mol}^{-1} \text{ cm}^{-1}$]

debljini sloja (kivete)

b – debljina sloja (kivete) [cm]

množinskoj koncentraciji (kod otopina)

c – koncentracija [mol / L]

Kako jednostavno zapamtiti Lambert – Beerov zakon:

**Što je čaša viša
i tamnija piva
to apsorbancija većom biva!**

Opis postupka:

- 1.) Pripremite pet otopina koje sadrže ione bakra, $\text{Cu}^{2+} (\text{aq})$ zadanih koncentracija (od 0,2 do $1,2 \text{ g L}^{-1}$) razrjeđivanjem ishodne otopine koncentracije, $\gamma_1(\text{Cu}^{2+}) = 6 \text{ g L}^{-1}$.
- 2.) Otopine pripremite tako da izračunate vrijednosti volumena ishodne otopine, biretom odmjerite u odmjerne tikvice i u svaku menzurom dodajte 3 mL otopine amonijaka*.
- 3.) Odmjerne tikvice potom dopunite destiliranom vodom do oznake i dobro promiješajte. Otopini zadanog uzorka bakrovih(II) iona nepoznate koncentracije dodajte 3 mL otopine amonijaka dopunite destiliranom vodom do oznake i dobro promiješajte.
- 4.) Pripremite slijepu probu tako da u odmjernu tikvicu automatskom pipetom dodate samo 2 mL otopine amonijaka i 1 mL destilirane vode. Promiješaj sadržaj kivete. Odmjernu tikvicu potom dopunite destiliranom vodom do oznake i dobro promiješajte.
- 5.) Slijepu probu koristite za baždarenje fotokolorimetra. Nakon baždarenja fotokolorimetra odredite valnu duljinu, λ , kod koje ćete vršiti mjerenja. Pripremljenim otopinama isperite i napunite kivete, očitajte apsorbanciju i dobivene vrijednosti upišite u tablicu.

***NAPOMENA:** AKO SE KORISTI OTOPINA KOJA SADRŽI Fe^{3+} IONE, ONDA SE UMJESTO OTOPINE AMONIJAKA, DODAJE 2 mL OTOPINE KALIJEVA TIOCIANATA I 2 mL OTOPINE DUŠIČNE KISELINE.

Rezultati mjerenja:

Uzorak	$V(\text{)} / \text{mL}$	$\gamma(\text{)} / \text{g L}^{-1}$	A
1.			
2.			
3.			
4.			
5.			
X			

Grafički prikaz: Ovisnost apsorbancije o masenoj koncentracije ispitivane tvari.

Zadatci:

- 1.) Izračunajte postotak transmitancije ako je: **a)** $A = 950$; **b)** $A = 0,120$
- 2.) Izračunajte apsorbanciju ako je: **a)** $T = 90 \%$; **b)** $T = 10 \%$
- 3.) Vodena otopina kalijeva permanganata množinske koncentracije $7,5 \cdot 10^{-5} \text{ mol dm}^{-3}$ propušta 36 % zračenja valne duljine 525 nm. Kolika je apsorbancija ovog uzorka? (**Rj.:** 0,444)
- 4.) Otopini nekog spoja, množinske koncentracije $2,5 \cdot 10^{-4} \text{ mol dm}^{-3}$ određena je transmitancija od 58,6 % pri valnoj duljini od 347 nm, u kiveti debljine 5,00 cm. Izračunajte molarni asporpcijski koeficijent spoja pri 347 nm. (**Rj.:** $a = 185,6 \text{ L mol}^{-1} \text{ cm}^{-1}$)

- 1.) Fotokolorimetar se spoji s uređajem *LabQuest2* i uključi u struju - *LabQuest2* automatski prepoznaje fotokolorimetar.
- 2.) Pomoću tipaka $\lt \gt$ na fotokolorimetru namjesti se valna duljina (430 nm, 470 nm, 565 nm ili 635 nm). Za određivanje Cu^{2+} odabere se **635 nm**, a za određivanje Fe^{3+} odabere se **470 nm**.
- 3.) U kivetu se ulije **uzorak za kalibraciju** (sadrži sve otopine, osim otopine uzorka koji se određuje; $\text{Cu}^{2+}(\text{aq})$ odnosno $\text{Fe}^{3+}(\text{aq})$) te se slijepa proba postavi u kolorimetar i zatvori poklopac. Kod određivanja Cu^{2+} uzorak za kalibraciju sadrži destiliranu vodu i otopinu amonijaka, a kod određivanja Fe^{3+} uzorak za kalibraciju sadrži destiliranu vodu, otopinu kalijeva (ili amonijeva) tiocijanata i dušičnu kiselinu. Uzorak se pripremi tako da se u jednoj kiveti dodaju jednake količine svih otopina.
- 4.) Pritisne se tipka **CAL** na kolorimetru te započinje treperiti crvena žaruljica na kolorimetru. Kada crvena žaruljica prestane treperiti kalibracija je gotova. **SLIJEPA PROBA JE JOŠ UVIJEK U KOLORIMETRU!**
- 5.) Odaberu se postavke provođenja eksperimenta tako da se na ekranu *LabQuest2* klikne prstom:
 - a) **RATE → MODE → EVENTS WITH ENTRY**
 - b) umjesto **EVENT** upiše se „**masena koncentracija**” ili skraćeno „**mas. konc.**”
 - c) pod **UNIT** se upiše „**g/L**”
 - d) stisne se **OK**
- 6.) Kako bi se započeo eksperiment pritisne se **zeleni znak**  pri **samom dnu u donjem lijevom uglu** na ekranu *LabQuest2* (**Slika 1.**)
- 7.) Izvadi se slijepa proba (kiveta s destiliranom vodom i amonijakom).
- 8.) Postavi se **prvi uzorak** poznate koncentracije u **kiveti 1** u kolorimetar. U tom trenutku započinje očitavanje vrijednosti apsorbancije u desnom uglu.
- 9.) Kada se vrijednost apsorbancije stabilizira (nakon desetak sekundi) pritisne se **KEEP** (odmah desno pokraj )
- 10.) Odmah se otvara prozor u koji je potrebno unijeti koncentraciju uzorka 1. **PRI TOME JE VAŽNO DA SE KONCENTRACIJA UNOSI S TOČKOM**; npr. **0.52**, a **NE 0,52**
- 11.) Izvadi se **uzorak 1** i postavi **uzorak 2** poznate koncentracije i ponavljaju se koraci **9.)** i **10.)**
- 12.) Kada se snimi svih 5 uzoraka pritisne se **crveni znak**  u donjem lijevom uglu na ekranu *LabQuest2*)
- 13.) Sada je potrebno analizirati dobivene podatke pa se pritisne:
 - a) **ANALYZE → CURVE FIT → ABSORBANCE**
 - b) **CHOOSE FIT → LINEAR → OK** (vidi se baždarni dijagram ovisnosti apsorbancije o masenoj koncentraciji te su s desne strane odmah prikazani i parametri dobivene jednadžbe pravca)
- 14.) Sada se snima **nepoznati uzorak**:
 - a) Ukloni se zadnja kiveta iz kolorimetra (**uzorak 5**)

b) postavi se nepoznati uzorak i zatvori kolorimetar.

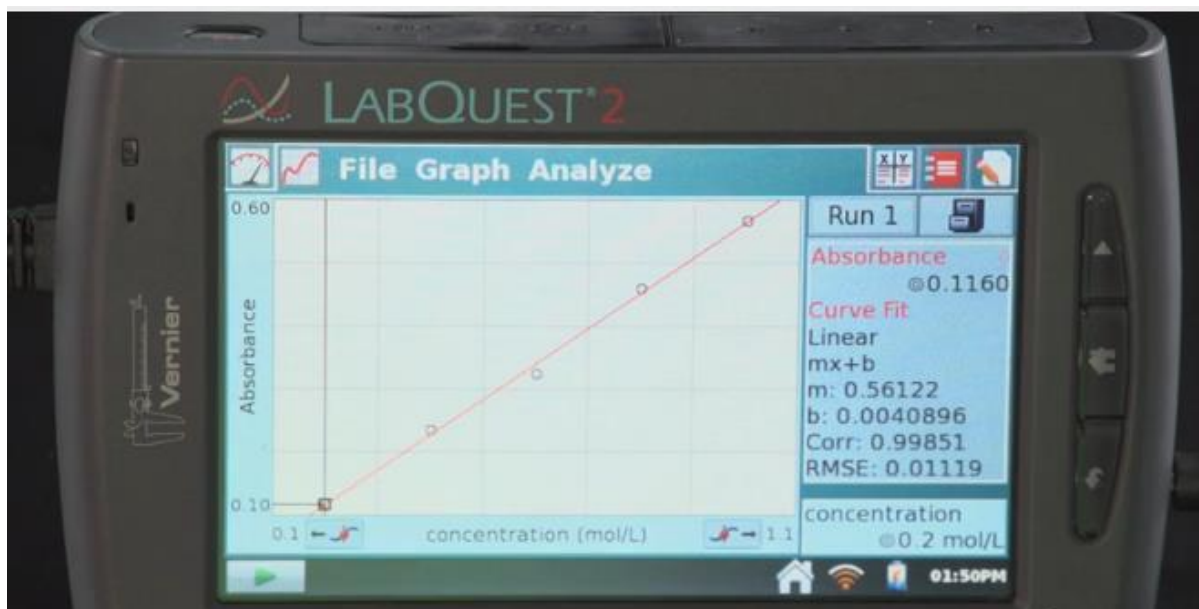
c) pritisne se  u **gornjem lijevom uglu ekrana LabQuest2** te će se na ekranu pokazati vrijednost apsorbancije za nepoznati uzorak; tu vrijednost si učenici trebaju zapisati u tablicu.

d) pritisne se  pri vrhu ekrana s desne strane LabQuest2 uređaja – ponovno se vidi baždarni dijagram (ovisnost apsorbancije o masenoj koncentraciji) s ucrtanim točkama i pravcem

e) ANALYZE → INTERPOLATE

15.) Sada je moguće ići prstom po ekranu, tj. pravcu i što je moguće više se približiti vrijednosti očitane apsorbancije (u koraku 14.c)) koja se s desne strane mijenja kako prstom prelazite po pravcu. Pomoću tipki  i  može se postići preciznije približavanje očitanoj vrijednosti apsorbancije i u donjem lijevom uglu se može direktno očitati masena koncentracija pri toj apsorbanciji.

16.) Ukoliko je potrebno spremiti ovaj graf odabrati **FILE → SAVE**. Imenovati dokument: najbolje na način da se imenuje **kojem uzorku je određeno talište, te razred i koja grupa**; npr. **fotokolorimetrija Cu²⁺_4.A_A grupa**



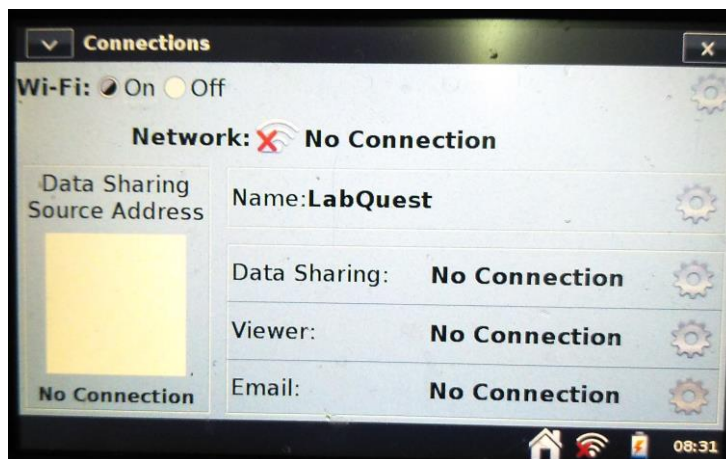
Slika 1. Izgled ekrana LabQuest2 tijekom očitavanja vrijednosti apsorbancije i koncentracije

17.) Uređaj LabQuest2 gasi se na ikoni  → **SYSTEM → SHUT DOWN**

Konfiguracija mail adrese za slanje grafova i podataka s LabQuest2 uređaja

1.) Prije svega potrebno je spojiti se na Wi-Fi; jedan od ponuđenih **s tim da je savjet da netko od učenika ili nastavnik/ica uključi prijenosni HotSpot** na mobilnom uređaju te da se povezivanje LabQuest2 uređaja na Wi-Fi napravi na taj način.

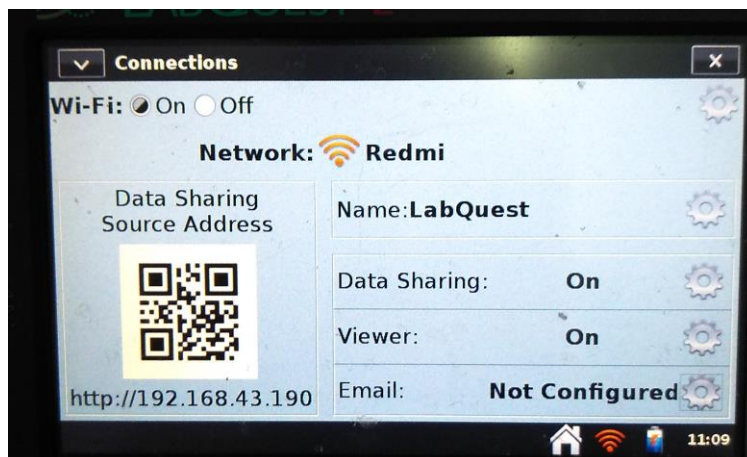
2.) Pritiskom na  na ekranu LabQuest2 uređaja vidjet će se sljedeće – Slika 2.:



Slika 2. Izgled ekrana prije spajanja na WiFi

3.) Nakon uključivanja **prijenosnog HotSpot-a** na mobitelu, pritisnite zupčanik  u gornjem desnom kutu (ispod X) na ekranu LabQuest2 uređaja i pojavit će se mreže na koje se možete spojiti. Odaberite onu koja odgovara mobilnom uređaju na kojem je „otvoren” HotSpot.

4.) Kada se LabQuest2 uređaj spoji trebalo bi se vidjeti sljedeće – Slika 3.:

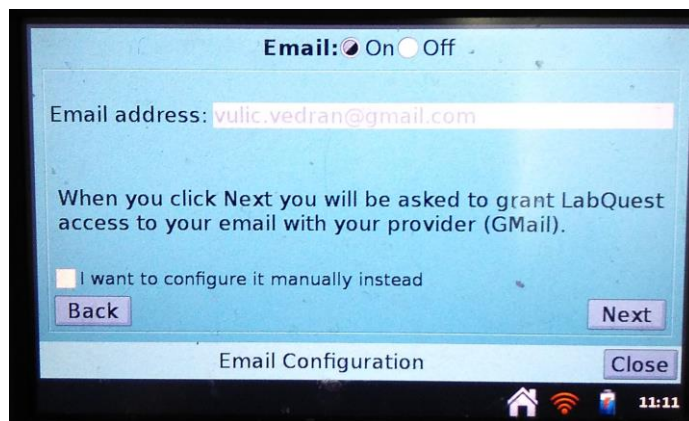
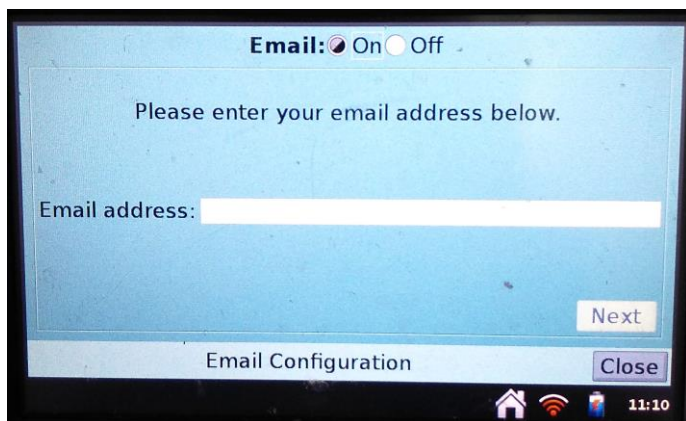


Slika 3. Izgled ekrana nakon spajanja na WiFi – vidljiva je mogućnost dijeljenja podataka (Data Sharing: On), ali još **NIJE** konfiguriran Email (Email: Not Configured)

5.) Nakon toga potrebno je pritisnuti zupčanik  koji se nalazi odmah pokraj oznake **Not Configured** (kod Emaila).

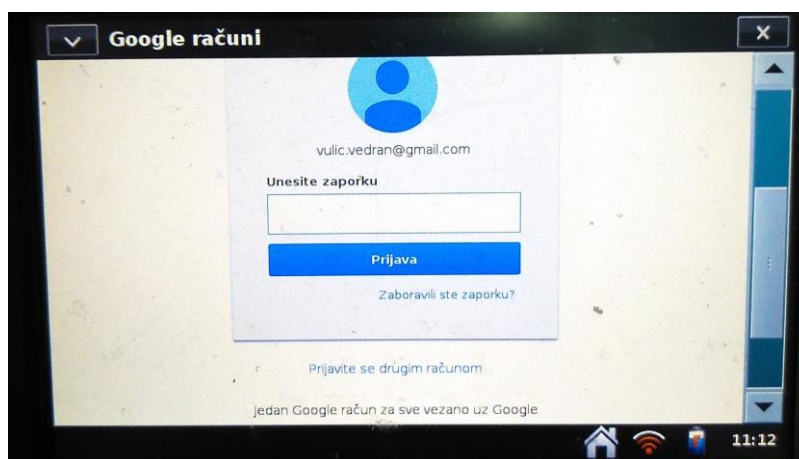
6.) Otvara se prozor u koji je potrebno unijeti e-mail adresu koja se želi konfigurirati; to može biti adresa nastavnika/ice ili razredna mail adresa. **Upišite mail adresu** i pritisnite **NEXT** (donji desni kut) – Slika 4.

7.) Nakon što pritisnete **NEXT** – Slika 10. i ponovno pritisnite **NEXT**



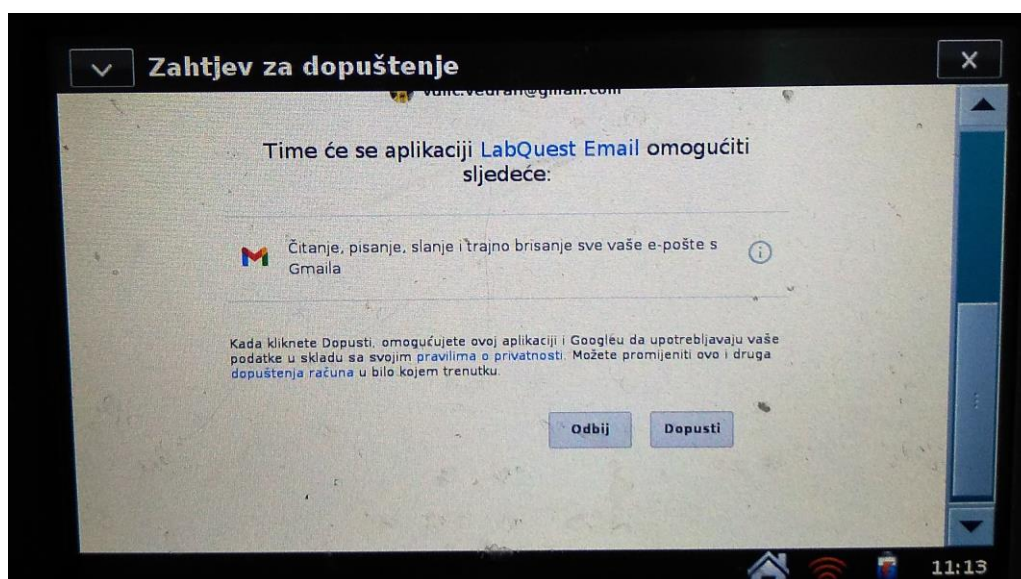
Slika 4. Konfiguracija e-mail adrese

8.) Nakon ovog koraka uređaj prepoznaje domenu upisane e-mail adrese (*gmail*, *hotmail*, *yahoo*...) i preusmjerava na korisnički račun u koji morate upisati lozinku mail adrese – Slika 5.



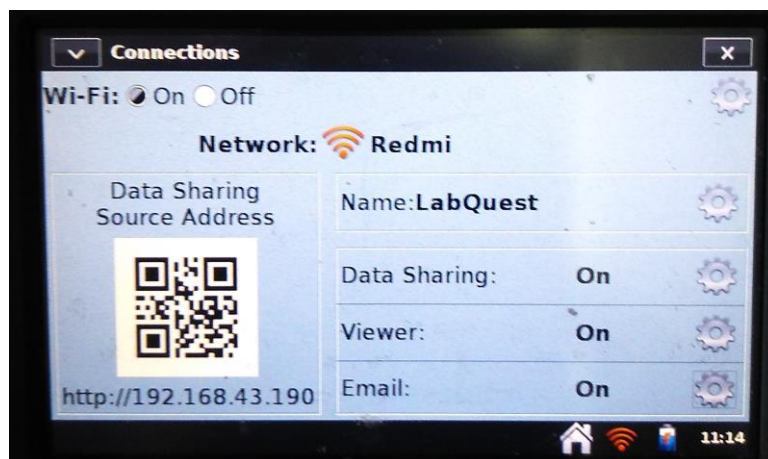
Slika 5. Upisivanje lozinke za pristup e-mailu

9.) Nakon što upišete lozinku dobit ćete **Zahtjev za dopuštenje** kako bi *LabQuest2* bio konfiguriran s odabranim mailom; pritisnite **DOPUSTI** i nakon nekoliko sekundi biste trebali primiti mail u kojem će pisati kako ste uspješno konfigurirali odabranu mail adresu s *LabQuest2* uređajem (*You have successfully configured the mailer in your Vernier LabQuest*) – Slika 6.



Slika 6. Zahtjev za dopuštenje

10.) Sada, kada ponovno pritisnete  na ekranu *LabQuest2* uređaja vidjet ćete sljedeće – **Slika 7.:**



Slika 7. Izgled ekrana nakon konfiguracije e-maila (Email: On)

11.) Sada je moguće sve spremljene podatke (**FILE** → **OPEN** i odabir spremljene datoteke) s *LabQuest2* uređaja slati na mail, **i to ne samo na e-mail adresu koja je konfigurirana, već i na druge mail adrese.** Pritisnite znak **X** (gornji desni ugao) i vratite se na graf. Pritiskom na ikonu  dobiva se slika zadnjeg grafa (**Slika 1.**).

12.) Kada se na ekranu pojavi slika grafa odabrati **FILE** → **EMAIL** → **GRAPH**. Nakon toga pojavljuje se prozor u koji je potrebno upisati e-mail adresu na koju se želi poslati graf **To:**, ali također moguće je graf poslati i na druge mailove (kopije) **CC:**

13.) Ako je sve u redu, kroz nekoliko sekundi, graf bi trebao doći na upisanu/e mail adresu/e, bilo onu konfiguriranu, bilo neku sasvim drugu/e, ovisno koju/e ste upisali.

Dodatak

STANDARDNI REDUKCIJSKI ELEKTRODNI POTENCIJALI
ODABRANIH REDOKS-SUSTAVA U VODENIM OTOPINAMA PRI 25 °C

TEMELJNE PRIRODNE KONSTANTE

Veličina	Znak	Vrijednost
brzina svjetlosti u vakuumu	c_0	$3,00 \times 10^8 \text{ m s}^{-1}$
Planckova konstanta	h	$6,63 \times 10^{-34} \text{ J s}$
elementarni naboj	e	$1,60 \times 10^{-19} \text{ C}$
masa mirovanja elektrona	m_e	$9,11 \times 10^{-31} \text{ kg}$
masa mirovanja protona	m_p	$1,67 \times 10^{-27} \text{ kg}$
masa mirovanja neutrona	m_n	$1,67 \times 10^{-27} \text{ kg}$
atomska masena konstanta, unificirana atomska jedinica mase, dalton	$m_u = 1 \text{ u} = 1 \text{ Da}$	$1,66 \times 10^{-27} \text{ kg}$
Avogadrova konstanta	L, N_A	$6,02 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$
Boltzmannova konstanta	k	$1,38 \times 10^{-23} \text{ J K}^{-1}$
Faradayeva konstanta	F	$9,65 \times 10^4 \text{ C mol}^{-1}$
molarna plinska konstanta	R	$8,31 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$
nula Celzijeve temperature		273 K
molarni volumen idealnoga plina ($p = 101 \text{ kPa}$, $t = 0 \text{ °C}$)	V_m	$22,4 \text{ L mol}^{-1}$

Shematski prikaz	E° / V
$\text{Au}^+ \text{Au}$	1,692
$\text{Cl}^- \text{Cl}_2$	1,358
$\text{Br}^- \text{Br}_2$	1,087
$\text{Hg}^{2+} \text{Hg}$	0,851
$\text{Ag}^+ \text{Ag}$	0,800
$\text{I}^- \text{I}_2$	0,535
$\text{Cu}^+ \text{Cu}$	0,521
$\text{OH}^- \text{O}_2$	0,401
$\text{Cu}^{2+} \text{Cu}$	0,342
$\text{H}^+ \text{H}_2$	0
$\text{Fe}^{3+} \text{Fe}$	-0,037
$\text{Pb}^{2+} \text{Pb}$	-0,126
$\text{Sn}^{2+} \text{Sn}$	-0,137
$\text{Ni}^{2+} \text{Ni}$	-0,257
$\text{Co}^{2+} \text{Co}$	-0,28
$\text{Cd}^{2+} \text{Cd}$	-0,352
$\text{Fe}^{2+} \text{Fe}$	-0,447
$\text{Cr}^{3+} \text{Cr}$	-0,744
$\text{Zn}^{2+} \text{Zn}$	-0,762
$\text{Cr}^{2+} \text{Cr}$	-0,913
$\text{Mn}^{2+} \text{Mn}$	-1,185
$\text{Ti}^{2+} \text{Ti}$	-1,630
$\text{Al}^{3+} \text{Al}$	-1,662
$\text{Mg}^{2+} \text{Mg}$	-2,372
$\text{Na}^+ \text{Na}$	-2,711
$\text{Ca}^{2+} \text{Ca}$	-2,868
$\text{Ba}^{2+} \text{Ba}$	-2,912
$\text{K}^+ \text{K}$	-2,931
$\text{Cs}^+ \text{Cs}$	-3,026

PERIODNI SUSTAV ELEMENATA

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
1 H 1,01																	2 He 4,00
3 Li 6,94	4 Be 9,01											5 B 10,8	6 C 12,0	7 N 14,0	8 O 16,0	9 F 19,0	10 Ne 20,2
11 Na 23,0	12 Mg 24,3											13 Al 27,0	14 Si 28,1	15 P 31,0	16 S 32,1	17 Cl 35,5	18 Ar 39,9
19 K 39,1	20 Ca 40,1	21 Sc 45,0	22 Ti 47,9	23 V 50,9	24 Cr 52,0	25 Mn 54,9	26 Fe 55,8	27 Co 58,9	28 Ni 58,7	29 Cu 63,5	30 Zn 65,4	31 Ga 69,7	32 Ge 72,6	33 As 74,9	34 Se 79,0	35 Br 79,9	36 Kr 83,8
37 Rb 85,5	38 Sr 87,6	39 Y 88,9	40 Zr 91,2	41 Nb 92,9	42 Mo 95,9	43 Tc [98]	44 Ru 101	45 Rh 103	46 Pd 106	47 Ag 108	48 Cd 112	49 In 115	50 Sn 119	51 Sb 122	52 Te 128	53 I 127	54 Xe 131
55 Cs 133	56 Ba 137	57-71 lantanoidi	72 Hf 178	73 Ta 181	74 W 184	75 Re 186	76 Os 190	77 Ir 192	78 Pt 195	79 Au 197	80 Hg 201	81 Tl 204	82 Pb 207	83 Bi 209	84 Po [209]	85 At [210]	86 Rn [222]
87 Fr [223]	88 Ra [226]	89-103 aktinoidi	104 Rf [261]	105 Db [262]	106 Sg [266]	107 Bh [264]	108 Hs [277]	109 Mt [268]	110 Ds [269]	111 Rg [272]	112 Cn [285]						
			57 La 139	58 Ce 140	59 Pr 141	60 Nd 144	61 Pm [145]	62 Sm 150	63 Eu 152	64 Gd 157	65 Tb 159	66 Dy 163	67 Ho 165	68 Er 167	69 Tm 169	70 Yb 173	71 Lu 175
			89 Ac [227]	90 Th 232	91 Pa 231	92 U 238	93 Np [237]	94 Pu [244]	95 Am [243]	96 Cm [247]	97 Bk [247]	98 Cf [251]	99 Es [252]	100 Fm [257]	101 Md [258]	102 No [259]	103 Lr [262]

Literatura:

1. V.Karas Gašparec, T.Pinter, V.Hankonyi: *Praktikum kemije za student medicine*, Školska knjiga, Zagreb, 1989.
2. S. Borčić, O. Kronja: *Praktikum preparativne organske kemije*, Školska knjiga , Zagreb, 1991.
3. A. Kučak: *Vježbe iz biokemije*, Profil, Zagreb, 2003.
4. S. Rupčić Petelinc, Z. Weihnacht: *Praktikum iz fizikalne kemije za srednje strukovne škole*, Školska knjiga, Zagreb, 2005.
5. M. Sikirica: *Zbirka kemijskih pokusa za osnovnu i srednju školu*, Školska knjiga, Zagreb, 2011.
6. J. M. Berg, J. Tymoczko, L. Stryer: *Biokemija*, Školska knjiga, Zagreb, 2013.
7. V. Petrović Peroković, I. Weygand Đurašević, D. Verbanac: *Biokemija*, Školska knjiga, Zagreb, 2015.
8. T. Begović, M. Luetić, F. Novosel, V. Petrović Peroković, S. Rupčić Petelinc: *Kemija 4*, udžbenik kemije u četvrtom razredu gimnazije, Školska knjiga, Zagreb, 2021.
9. <https://www.ncvvo.hr/drzavna-matura-2020-2021-ljetni-rok-2/> (datum pristupa: 1. kolovoza 2021.)