

"56. srečanje mladih raziskovalcev Slovenije 2022"

Osnovna šola Janka Padežnika Maribor,

Iztokova 6, 2000 Maribor



DALJŠA ZABAVA Z MEHURČKI

Raziskovalno področje: INTERDISCIPLINARNO

(kemija – fizika)

RAZISKOVALNA NALOGA

Mentorici:

Julijana Djaković

Suzana Tomšič Mavrič

Avtorici:

Naja Bokan

Anja Koritnik

Maribor, 2022

KAZALO VSEBINE

KAZALO TABEL.....	3
KAZALO GRAFOV	3
KAZALO SLIK.....	4
POVZETEK	5
ABSTRACT	6
1 UVOD	7
1.1 RAZISKOVALNI PROBLEM	8
1.2 HIPOTEZE	8
1.3 TEORETIČNE OSNOVE.....	8
1.3.1 Milni mehurček	8
1.3.2 Molekula vode.....	9
1.3.3 Mila in detergenti - površinsko aktivna sredstva.....	11
1.3.4 Površinska napetost	12
2 OSREDNJI DEL NALOGE.....	15
2.1 METODOLOGIJA	15
2.1.1 Metoda proučevanja pisnih virov	15
2.1.2 Metoda eksperimentiranja	15
2.1.3 Metoda analize podatkov in interpretacija.....	16
2.2 OPIS POTEKA DELA IN ANALIZA REZULTATOV	16
2.2.1 Priprava na eksperimentalno delo	16
2.2.2 Potek eksperimentalnega dela	17
2.2.3 Rezultati opazovanja in analiza	20
2.2.3.1 Merjenje obstojnosti mehurčkov v raztopinah narejenih z vodovodno vodo pri temperaturi prostora 24°C (sobna temperatura)	20
2.2.3.2 Merjenje obstojnosti mehurčkov v raztopinah narejenih z destilirano vodo pri temperaturi prostora 24°C	22
2.2.3.3 Merjenje obstojnosti mehurčkov v raztopinah narejenih z ohlajeno vodovodno vodo (10°C) in s segreto vodovodno vodo (50°C) pri temperaturi prostora 24°C	23
2.2.3.4 Merjenje obstojnosti mehurčkov v raztopinah narejenih z ohlajeno vodovodno vodo (10°C) in s segreto vodovodno vodo (50°C) pri temperaturi prostora 13°C	24
2.2.3.5 Merjenje površinske napetosti.....	25

3 RAZPRAVA	26
4 DRUŽBENA ODGOVORNOST.....	27
5 ZAKLJUČEK.....	28
6 VIRI IN LITERATURA	29
6.1 PISNI VIRI.....	29
6.2 SPLETNI VIRI	29
7 PRILOGE	31

KAZALO TABEL

Tabela 1: Obstoječnost mehurčkov pri temperaturi prostora 24°C (vodovodna voda).....	20
Tabela 2: Obstoječnost mehurčkov pri temperaturi prostora 24°C (destilirana voda).....	22
Tabela 3: Obstoječnost mehurčkov pri temperaturi prostora 24°C (ohlajena vodovodna voda 10°C).....	23
Tabela 4: Obstoječnost mehurčkov pri temperaturi prostora 24°C (segreta vodovodna voda 50°C).....	23
Tabela 5: Obstoječnost mehurčkov pri temperaturi prostora 13°C (ohlajena vodovodna voda 10°C).....	24
Tabela 6: Obstoječnost mehurčkov pri temperaturi prostora 13°C (segreta vodovodna voda 50°C).....	24

KAZALO GRAFOV

Graf 1: Obstoječnost mehurčkov pri temperaturi prostora 24°C (vodovodna voda).....	21
Graf 2: Primerjava obstojnosti mehurčkov iz raztopin z vodovodno in destilirano vodo pri sobni temperaturi (24°C).....	22
Graf 3: Primerjava obstojnosti mehurčkov v raztopinah narejenih z ohlajeno vodovodno vodo (10°C) in s segreto vodovodno vodo (50°C) pri temperaturi prostora 24°C	23
Graf 4: Primerjava obstojnosti mehurčkov v raztopinah narejenih z ohlajeno vodovodno vodo (10°C) in s segreto vodovodno vodo (50°C) pri temperaturi prostora 13°C	24

KAZALO SLIK

Slika 1: Milni mehurčki.....	7
Slika 2: Milni mehurček	9
Slika 3: Molekula vode.....	10
Slika 4: Vodikove vezi med molekulami vode	10
Slika 5: Delitev površinsko aktivnih sredstev	11
Slika 6: Primerjava kemijske sestave mil in detergentov	12
Slika 7: Sile na molekule v kapljevini	13
Slika 8: »Hoja« po vodi	13
Slika 9: Vodna kapljica	13
Slika 10: Kapilarnost živega srebra in vode	14
Slika 11: Kot omočitve	14
Slika 12: Mila in detergenti	18
Slika 13: Priprava raztopin	18
Slika 14: Kupljena raztopina	18
Slika 15: Pihanje mehurčkov.....	19
Slika 16: Merjenje časa obstoja mehurčka	19
Slika 17: Raztopina segreta na 50°C	19
Slika 18: Mehurček v hladnem prostoru pri 13°C.....	20
Slika 19: Merjenje površinske napetosti	25
Slika 20: Krogi na mehurčku.....	28

POVZETEK

Vsi se z veseljem spomnimo otroških dni in zabavnih trenutkov z milnimi mehurčki. To je klasična zabava, ki je nikoli ne prerastemo. Mehurčke je zabavno pihati, pokati in loviti, ko plujejo v vetru, ter opazovati, kako se sončni žarki v njih odbijajo in ustvarjajo pisane podobe. Žalostni smo, ko se nam posebej lep mehurček prehitro razpoči.

Zanimalo nas je, kakšni so pogoji za čim daljšo obstojnost mehurčkov. V eksperimentalnem delu smo ugotavljali, ali nam kupljena raztopina za pihanje mehurčkov nudi daljšo zabavo kot tista, ki jo pripravimo doma.. Preverili smo tudi, ali trdota vode ter temperatura raztopine in okolice vplivajo na obstojnost mehurčkov. Ugotovili smo, da ima temperatura zelo velik vpliv.

Želimo si, da bodo naše ugotovitve v pomoč vsem, ki želijo čim daljšo zabavo z milnimi mehurčki.

Ključne besede: milni mehurček, površinska napetost, raztopina milnice, trdota vode, temperatura, obstojnost mehurčka

ABSTRACT

We all happily remember childhood days and fun moments with soap bubbles. It's a classic fun activity we never outgrow. It's amusing to blow, burst and hunt bubbles when they fly in the wind, and watch the sun's rays bounce off them and create colorful images. We feel sad when a particularly beautiful bubble bursts all too quickly.

We were interested in the conditions needed for the longest possible permanence of bubbles. In the experimental part, we determined whether the purchased solution for blowing bubbles offers us longer fun than the home-made one. We also tested whether the hardness of the water and the temperature of the solution and the surroundings affect the stability of the bubbles. We found that temperature has a very strong impact.

We hope that our findings will help everyone wanting to have endless fun with soap bubbles.

Key words: soap bubble, surface tension, soap solution, water hardness, temperature, bubble permanence

1 UVOD

Verjetno ni nikogar med nami, ki se ne bi čudil lepoti milnega mehurčka. Mavrične kroglice, ki vztrajajo nekaj sekund, preden v trenutku izginejo, očarajo tako otroke, ki pihajo mehurčke, kot ljubitelje namakanja v topli kopeli po dolgem dnevu.

Milni mehurčki so pravzaprav lep primer povezovanja matematike, fizike in kemije. Če kad napolnimo samo z vodo, mehurčkov ni. Ko vodi dodamo milo, nam to – poleg tega, da spere umazanijo – ustvari čudovite penaste mehurčke. Skrivnost čarobne moči mila nam bo pomagala razkriti kemija. Molekule mila imajo dva različna konca: en konec vodo privlači, drugi konec pa jo odbija. Ko se milo pomeša z vodo, omogoča, da se zrak ujame v sfero molekul mila, ki med seboj ujamejo tanko plast vode. Nastane majhna krogla oziroma mehurček. Skrivnost, zakaj vedno nastanejo mehurčki v obliki krogle, pa nam pomaga razkriti fizika. Zaradi površinske napetosti gladina zavzame najmanjšo možno površino. Telo, ki zavzame najmanjšo možno površino, pa je krogla.



Slika 1: Milni mehurčki (lasten vir)

1.1 Raziskovalni problem

Zanimalo nas je, ali je možno ustvariti pogoje za čim daljšo obstojnost mehurčkov, saj smo žalostni, ko se nam posebej lep mehurček prehitro razpoči. Zavedamo se, da na te čudovite mavrične krogle vpliva mnogo dejavnikov, zato smo se odločili raziskati le nekaj teh. Iskali smo odgovore na naslednja vprašanja:

- Ali temperatura okolja oz. raztopine vplivata na obstojnost milnih mehurčkov?
- Ali trdota vode vpliva na obstojnost milnih mehurčkov?
- Ali nam kupljena raztopina za pihanje milnih mehurčkov nudi daljšo zabavo kot doma pripravljena raztopina milnice?

1.2 Hipoteze

Na podlagi raziskovalnih vprašanj smo postavili naslednje hipoteze:

1. Mehurčki iz kupljene raztopine za izdelavo milnih mehurčkov so najdlje obstojni.
2. Dodatek glicerola k raztopini milnice omogoča daljšo obstojnost milnega mehurčka kot dodatek sladkorja.
3. Milni mehurčki, narejeni iz raztopine z destilirano vodo, so dlje časa obstojni.
4. Pri nižji temperaturi okolice so milni mehurčki dlje obstojni.
5. Pri nižji temperaturi milnice so milni mehurčki dlje obstojni.

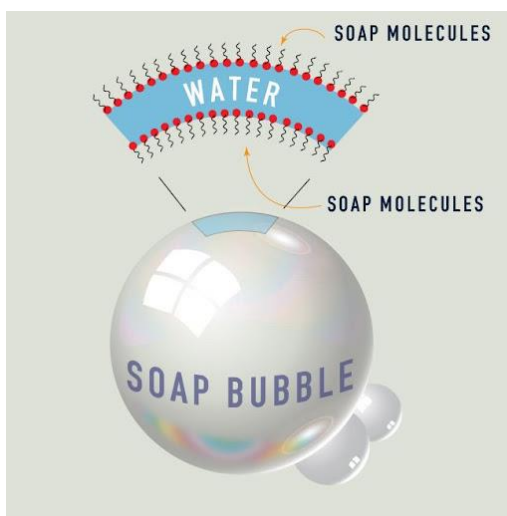
1.3 Teoretične osnove

1.3.1 Milni mehurček

Milni mehurček je voda, ujeta med dve plasti molekul milnice. Notranjost pa zapolnjuje zrak. Hidrofobni del molekule mila se obrne navzven oz. stran od vode, hidrofilni del pa k vodi. Tako se milnica v vodi kar najbolje razporedi po površini, tako da so polarne glave molekul milnice v vodi, repi pa segajo nad gladino. Ravno te značilnosti stabilizirajo milni mehurček in ga naredijo bolj obstojnega.

Mehurčki so zaradi površinske napetosti okroglih oblik. Opna iz milnice zavzame vedno najmanjšo možno površino. (povzeto po: <https://www.knjiznica-celje.si/raziskovalne/4201104251.pdf>)

Milni mehurček je torej zelo tanka plast milne vode v obliki sfere. Površino mehurčka vidimo v mavričnih barvah. Milni mehurčki so navadno obstojni le nekaj trenutkov, nato se razpočijo sami od sebe ali pa zaradi stika z drugim telesom. (povzeto po: https://sl.wikipedia.org/wiki/Milni_mehur%C4%8Dek)



Slika 2: Milni mehurček

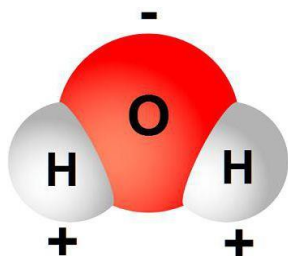
(Vir: <http://www.webexhibits.org/causesofcolor/images/content/9.jpg>)

1.3.2 Molekula vode

Voda je najpomembnejša življenjska tekočina. Je brez barve, vonja in okusa. Njena formula je H_2O . Je torej spojina dveh vodikovih atomov in enega kisikovega atoma. Molekula vode je polarna molekula. To pomeni, da elektronska gostota v molekuli ni enakomerno razporejena. Vodika sta s kisikom povezana z dvema skupnima oz. veznima elektronskima paroma. Ta para elektronov sta v povprečju bližje kisikovemu atomu. Posledično je več negativnega naboja ob kisiku in pozitivnega ob vodikih.

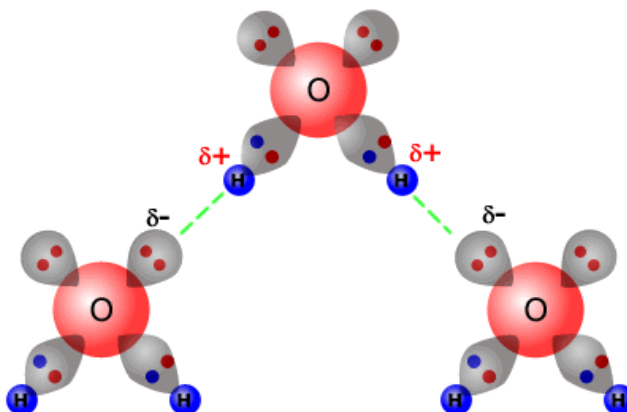
Molekula vode vsebuje tudi dva nevezna elektronska para, ki sta ob kisikovem atomu. Elektronski pari se zaradi enakega naboja med seboj odbijajo. Nevezni pari se odbijajo močnejše kot vezni, zato vezne pare potisnejo bolj skupaj. Med neveznima paroma nastane kot $104,5^\circ$

(<https://eucbeniki.sio.si/kemija8/941/index4.html>). Voda je torej polarno topilo. Zaradi svoje polarnosti se v njej dobro raztapljajo polarne snovi, kot na primer milo, sladkor ipd. (Leksikon kemije, str. 225-226)



Slika 3: Molekula vode (Vir: https://hr.srimathumitha.com/images/obrazovanje/iz-chego-sostoit-voda-iz-kakih-molekul-i-atomov_3.jpg)

Zaradi različnih nabojev v molekuli se voda povezuje z vodikovimi vezmi. Vodikova vez v vodi je privlak med pozitivnim vodikovim atomom ter negativnim neveznim parom kisika. (<https://eucbeniki.sio.si/kemija1/573/index6.html>)

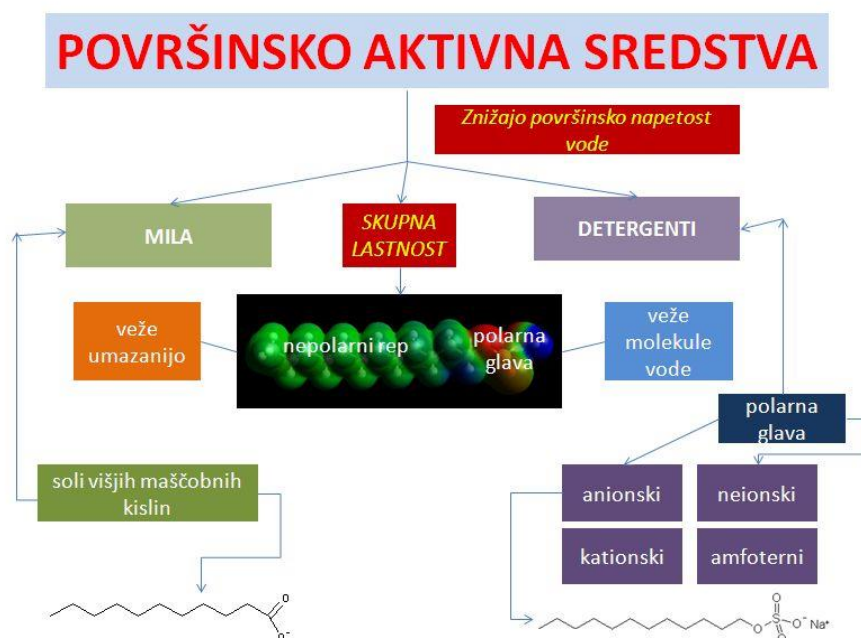


Slika 4: Vodikove vezi med molekulami vode
(Vir: <https://www.ibchem.com/IB16/Section00-bonding/img/H-bonding.gif>)

1.3.3 Mila in detergenti – površinsko aktivna sredstva

Čista voda ne more vzdrževati mehurčkov na svoji površini. To je posledica dejstva, da ima preveliko površinsko napetost. Za nastanek mehurčkov morajo biti v vodi prisotne površinsko aktivne snovi. V primeru milnega mehurčka je površinsko aktivna snov milo oz. detergent, ki vodi zmanjša površinsko napetost. Zato lahko iz mešanice vode in teh snovi izdelamo milne mehurčke.

Površinsko aktivna sredstva se delijo na dve skupini; mila in detergenti. Skupne lastnosti so podobna zgradba (polarnost molekule – nepolarni rep in polarna glava), vezava umazanije na nepolarnem delu ter vezanje molekul vode na polarnem delu molekul. Površinsko aktivna sredstva lahko delimo po njihovi sestavi repa ter polarne glave. Rep je lahko aciklični radikal ali aciklično-aromatski radikal. Glave pa lahko delimo na anionske, kationske in neionske (nevtralne). Površinsko aktivne snovi lahko delimo tudi glede na njihov izvor. Poznamo naravne in sintezne oz. umetno pridobljene. Naravni tenzidi so: polisaharidi iz akacije, proteini (želatina), fosfolipidi (lecitin), steroli (lanolin) ... Površinsko aktivne snovi s sinteznim izvorom so zelo obširna skupina. Delimo jo v 4 velike skupine: anionske, kationske, amfoterne in neionske.



Slika 5: Delitev površinsko aktivnih sredstev
(Vir: <https://eucbeniki.sio.si/kemija3/1264/povzetek.jpg>)

Milo je naravnega izvora, saj ga pridelujemo iz različnih maščob, detergente pa iz derivatov nafte. To je tudi razlog, da je milo primernejše za uporabo na koži. Sestava obeh je razvidna iz slike 6.

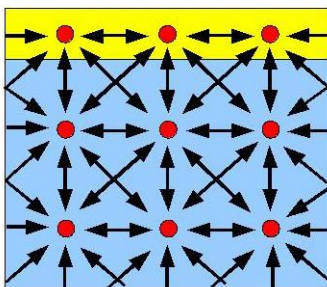
Primerjava mil in detergentov	
MILA	DETERGENTI
anionska "glava" —COO^-	anionska "glava" —SO_3^-
"rep" aciklični radikal 	"rep" aciklično-aromatski radikal 
$\text{CH}_3\text{—(CH}_2\text{)}_{16}\text{—COO}^- \text{Na}^+$	$\text{CH}_3\text{—(CH}_2\text{)}_{11}\text{—C} \begin{array}{c} \text{CH=CH} \\ \text{CH=CH} \end{array} \text{C—SO}_3^- \text{Na}^+$
	
izhodna surovina: MAŠČOBE	izhodna surovina: NAFTA

Slika 6: Primerjava kemijske sestave mil in detergentov (Vir: Kornhauser, stran 148)

1.3.4 Površinska napetost

»Za kapljevine je značilno, da tvorijo gladino. Gladina deluje kot prožna opna. Pravimo, da imamo opravka s površinsko napetostjo. Površinska napetost je namreč posledica privlačnih sil med molekulami tekočine. Vidimo, da na vsako molekulo v kapljevini v modrem delu (glej Sliko 7) delujejo molekule z vseh strani in da je zato rezultanta vseh sil na neko opazovano molekulo nič. To pa ne velja za molekule na gladini, na sliki v rumenem vrhnjem

pasu. Tam obstaja rezultanta sil, ki opazovano molekulo vleče dol.«
(http://www.nauk.si/materials/4415/out/?printSlides=_slide_1108513050)



Slika 7: Sile na molekule v kapljevini
(Vir: http://www.nauk.si/materials/4415/out/Povrsinska_napetost.jpg)

Površinska napetost je količina, določena s kvocientom med silo, s katero deluje gladina na dolžino roba kapljevine. Enota za merjenje površinske napetosti je $\frac{N}{m}$. Čista voda ima pri navadni temperaturi površinsko napetost okrog $0,07 \frac{N}{m}$.

Glede na to, da se prosta gladina kapljevine obnaša kot napeta prožna opna, lahko ta prenese manjše sile. To izkoriščajo tudi nekatere žuželke za hojo po vodni gladini.



Slika 8: »Hoja« po vodi
(Vir: https://eucbeniki.sio.si/kemija1/573/vodni_plesalec.jpg)

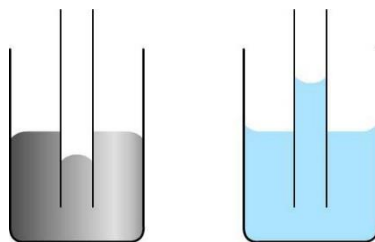


Slika 9: Vodna kapljica
(Vir: https://eucbeniki.sio.si/kemija1/573/kapljica_vode.jpg)

»Zaradi površinske napetosti skuša gladina zavzeti čim manjšo površino. Geometrijsko telo, ki ima pri dani prostornini najmanjšo površino, je krogla. Zato se majhna množina kapljevine oblikuje v okroglo kapljo.« (Šolinc, stran 108)

Posledica površinske napetosti je tudi kapilarnost, pojav, da se tekočina, ki moči podlago, vzpne po stenah ozke cevke (kapilara).

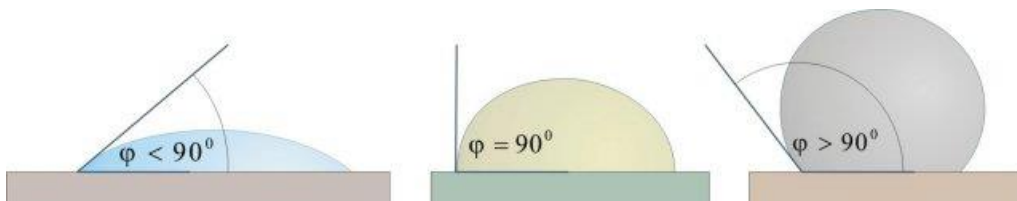
- Primer: V kapilari, ki jo potopimo v posodo z vodo, se voda sama od sebe dvigne nad gladino vode v posodi, pri živem srebru pa se gladina živega srebra spusti pod gladino v posodi.



Slika 10: Kapilarnost živega srebra in vode

(Vir: https://puntomarnero.com/images/capillary-phenomena-physics-capillary-phenomena_4.jpg)

Razlago najdemo v močenju kapljevine. To pomeni, da površina tekočine pri stiku s trdno snovjo oklepa nek kot.



Slika 11: Kot omočitve (Vir: https://si.openprof.com/ge/images/267/kot_omoitve_640.jpg)

Če je ta kot manjši od 90° rečemo, da se podlaga omoči (npr. kaplja vode se na čisti stekleni plošči razleze, kot je takrat 0°). Če je kot večji od 90° , pa rečemo, da se podlaga ne omoči (npr. pri živem srebru).

2 OSREDNJI DEL NALOGE

2.1 Metodologija

Uporabili smo naslednje metode dela:

- metodo proučevanja pisnih virov,
- metodo eksperimentiranja in
- metodo analize podatkov in interpretacije.

2.1.1 Metoda proučevanja pisnih virov

Začetna metoda dela je bila metoda dela s pisnimi viri. Literaturo smo iskali v šolski knjižnici, Mariborski knjižnici in na spletu. Zbrano gradivo smo prebrali in proučili. Ugotovitve smo povzeli in zapisali. Med spletnimi viri smo iskali tudi osnovne recepte za milne mehurčke in jih kasneje optimizirali. Zapise smo posledično strnili v nalogo.

2.1.2 Metoda eksperimentiranja

Metoda eksperimentiranja je obsegala naslednje postopke:

- izbira recepta za sestavo milnice,
- izbira detergentov in tekočih mil,
- priprava raztopin,
- pihanje mehurčkov,
- merjenje temperature prostora in raztopin,
- merjenje časa obstoja mehurčka,
- merjenje relativne površinske napetosti s steklenimi kapilarami,
- beleženje podatkov in urejanje v preglednic in
- fotografiranje.

Najprej smo na podlagi proučevanja raznih virov izbrali osnovni recept za sestavo milnice. Vsaka meritev je potekala tako, da smo v čaši najprej pripravili izbrano raztopino. Oseba ena je mehurček pihnila na gladko podlago. Mehurčki so bili velikosti približno 7 do 10 cm. Druga

oseba je čas obstojnosti mehurčka merila s štoparico na telefonu. Čas v sekundah smo beležili v tabelo. Za vsako raztopino smo izvedli 10 meritev in izračunali povprečno vrednost. Za natančnejše podatke je pihala vedno ista oseba z istim obročkom.

Da bi preverili, ali mila in detergenti zmanjšajo površinsko napetost vode, smo izmerili tudi relativno površinsko napetost raztopin z dvigom tekočine v stekleni kapilari.

2.1.3 Metoda analize podatkov in interpretacija

Rezultate (čas obstojnosti mehurčkov) smo sproti zapisovali v tabelo ter izračunali povprečno vrednost. Opravili smo 10 meritev, da bi zmanjšali vpliv merskih napak. Za zapis podatkov smo uporabljali programa Excel in Word. Dobljene podatke smo primerjali in zabeležili opažanja. Pridobljene izsledke smo uporabili pri razpravi.

2.2 Opis poteka dela in analiza rezultatov

2.2.1 Priprava na eksperimentalno delo

Pripravili smo ustrezen pribor:

- čaše za pripravo raztopin,
- tehtnica,
- merilni valj,
- laboratorijska žlička,
- steklena palčka,
- steklena kapilara za merjenje površinske napetosti,
- štoparice (uporabili smo mobilne telefone),
- obroček za pihanje mehurčkov (pri vseh poskusih smo uporabili obroček iz kupljene raztopine) in
- gladka podlaga iz umetne mase (na katero smo pihali mehurčke).

Uporabili smo naslednje snovi:

- vodovodna voda,
- destilirana voda,
- detergenti za pomivanje posode in tekoča mila,
- kupljena raztopina za izdelavo mehurčkov,
- sladkor in
- glicerol.

Pri eksperimentiranju smo imeli naslednje konstante:

- prostor za eksperimentalno delo,
- premer in prostornina čaše,
- prostornina vode,
- prostornina mila oz. detergenta,
- štoparice na mobilnih telefonih,
- gladka podlaga iz umetne mase,
- obroček za pihanje mehurčkov,
- mehurčke je pihala ena oseba.

Spremenljivke pa so bile:

- milo oz. detergent za pomivanje posode,
- sladkor oz. glicerol,
- trdota vode (vodovodna voda oz. destilirana voda),
- temperatura prostora (24° C oz. 13° C),
- temperatura raztopine (50° C oz. 10° C).

2.2.2 Potek eksperimentalnega dela

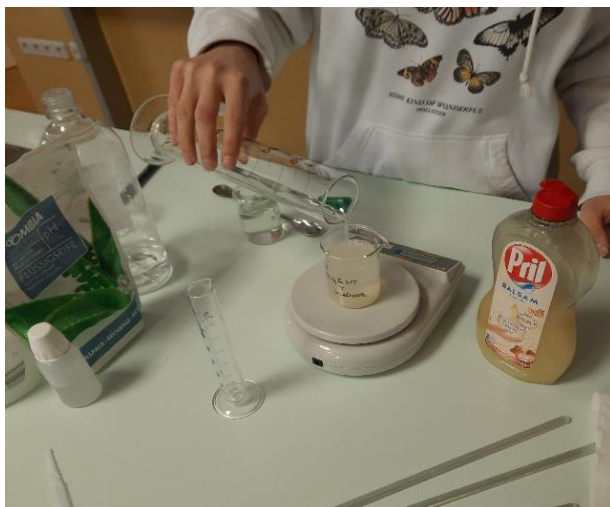
- a) Nakup raztopine za pihanje mehurčkov s pripadajočim obročkom, ki smo ga kasneje uporabili pri vseh eksperimentih.
- b) Na podlagi proučevanja spletnih virov smo izbrali osnovne recepte za sestavo raztopin.

<u>Recept 1 (osnova)</u>	<u>Recept 2 (dodatek - sladkor)</u>	<u>Recept 3 (dodatek - glicerol)</u>
150 g vode	150 g vode	150 g vode
20 g mila/detergenta	20 g mila/detergenta	20 g mila/detergenta
	10 g sladkorja	2 g glicerola

c) Izdelava raztopine (glej recept 1) za mehurčke iz mil in detergentov, ki smo jih prinesli.



Slika 12: Mila in detergenti (lasten vir)

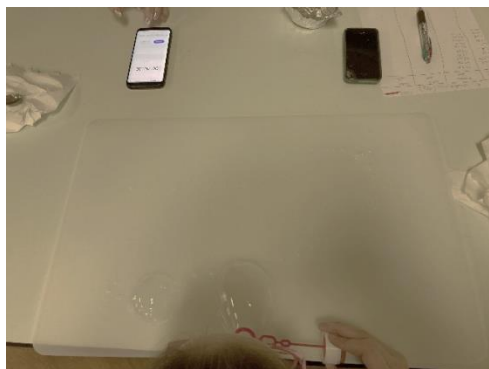


Slika 13: Priprava raztopin (lasten vir)



Slika 14: Kupljena raztopina (lasten vir)

- d) Pred vsakim poskusom smo gladek del podlage iz umetne mase navlažili z raztopino, ki smo jo preizkušali, saj bi sicer mehurčki pri stiku s suho podlago počili.
- e) Pihanje mehurčkov na podlago in merjenje časa njihovega obstoja. Za vsako raztopino smo izvedli 10 meritev in izračunali povprečje. Vse meritve so bile izvedene pri sobni temperaturi (24° C).

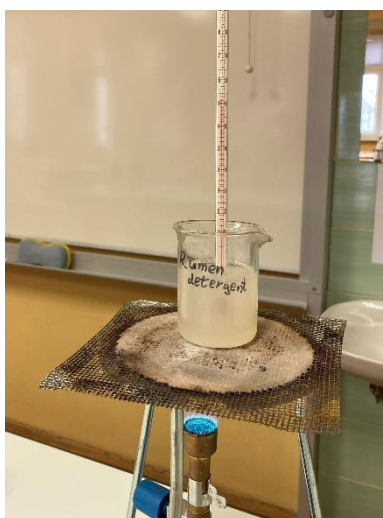


Slika 15: Pihanje mehurčkov (lasten vir)



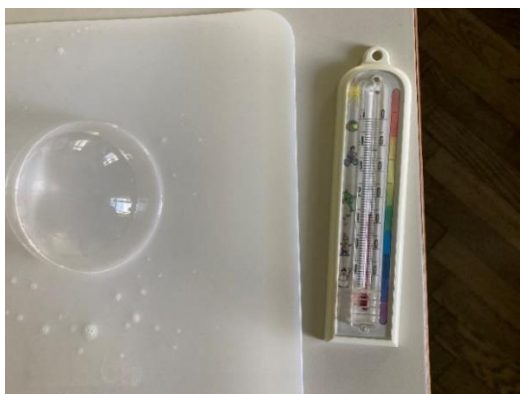
Slika 16: Merjenje časa obstoja mehurčka (lasten vir)

- f) V izbrane raztopine smo dodali sladkor (glej recept 2) ter ponovili meritve.
- g) V naslednjem koraku smo namesto sladkorja novo pripravljenim raztopinam dodali glicerol (glej recept 3) in izvedli meritve.
- h) Na osnovi analize merjenj smo se odločili, da nadaljujemo eksperimentalno delo z raztopinama, ki sta se izkazali kot najboljši. Ena od izbranih raztopin je vsebovala tekoče milo, ena pa rumeni detergent.
- i) Sledilo je merjenje obstojnosti mehurčkov z raztopinami, narejenimi z destilirano vodo.
- j) Naslednje meritve smo nadaljevali z raztopinami na osnovi vodovodne vode (recept 2). Ker smo ugotovili, da ni večjih časovnih odstopanj med raztopinami z dodatkom sladkorja oz. glicerola, smo nadaljevali testiranja z raztopinami s sladkorjem, saj je ta lažje dostopen potrošnikom. Izvedli smo jih pri sobni temperaturi (24°C) z ohlajenimi (10°C) in segretim (50°C) raztopinami.



Slika 17: Raztopina, segreta na 50°C (lasten vir)

- k) Naslednje meritve smo izvedli v hladnem prostoru (13°C) z ohlajenimi (10°C) in segretim (50°C) raztopinami.



Slika 18: Mehurček v hladnem prostoru pri 13°C (lasten vir)

- l) S kapilarno metodo smo izmerili relativno površinsko napetost vodovodne vode, destilirane vode ter najboljših štirih raztopin (rumen detergent brez dodatkov, rumen detergent s sladkorjem, milo brez dodatkov, milo s sladkorjem).

2.2.3 Rezultati opazovanja in analiza

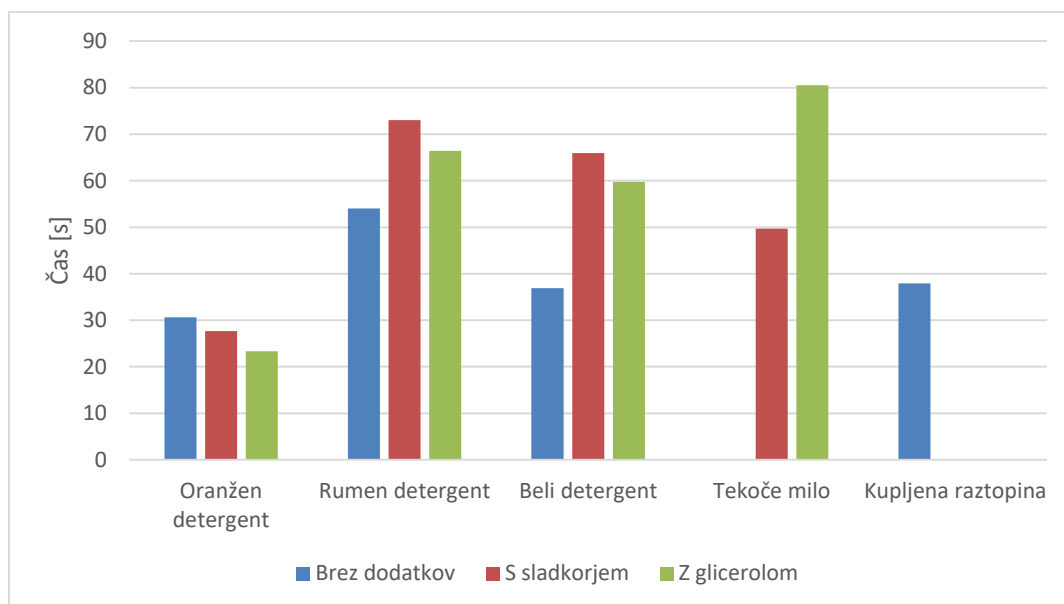
Merili smo obstojnost mehurčkov v različnih pogojih. Rezultati so prikazani v obliki tabel in grafov. V tem poglavju so prikazane povprečne vrednosti desetih meritev. Vse posamezne meritve so v prilogi.

2.2.3.1 Merjenje obstojnosti mehurčkov v raztopinah, narejenih z vodovodno vodo pri temperaturi prostora 24°C (sobna temperatura)

Tabela 1: Obstojnost mehurčkov pri temperaturi prostora 24°C (vodovodna voda)

	Oranžen detergent	Rumen detergent	Beli detergent	Tekoče milo	Kupljena raztopina
Brez dodatkov	30,66 s	54,06 s	36,89 s	/	37,91 s
S sladkorjem	27,67 s	73,00 s	65,91 s	49,70 s	/
Z glicerolom	23,34 s	66,43 s	59,75 s	80,55 s	/

Graf 1: Obstočnost mehurčkov pri temperaturi prostora 24° C (vodovodna voda)



Najprej smo testirali raztopine detergentov in vodovodne vode brez dodatkov pri sobni temperaturi 24° C. Mehurčki, ki so bili narejeni z raztopino z rumenim detergentom, so bili najbolj obstojni, najmanj pa z oranžnim detergentom. Presenetilo nas je, da mehurčki iz kupljene raztopine niso zdržali najdlje. Tekočega mila pri tem nismo preizkusili, saj že vsebuje dodatek glicerola. Nato smo vsem štirim pripravljenim raztopinam dodali sladkor, kjer so bili ponovno najdlje obstojni mehurčki, narejeni iz raztopine z rumenim detergentom. Nato smo naredili raztopine, kjer smo namesto sladkorja dodali glicerol. Presenetilo nas je, da so mehurčki iz raztopine z oranžnim detergentom ter dodatki zdržali krajši čas kot brez dodatkov, ostali detergenti pa veliko dlje. Najdlje obstojni mehurčki so bili iz raztopine s tekočim milom.

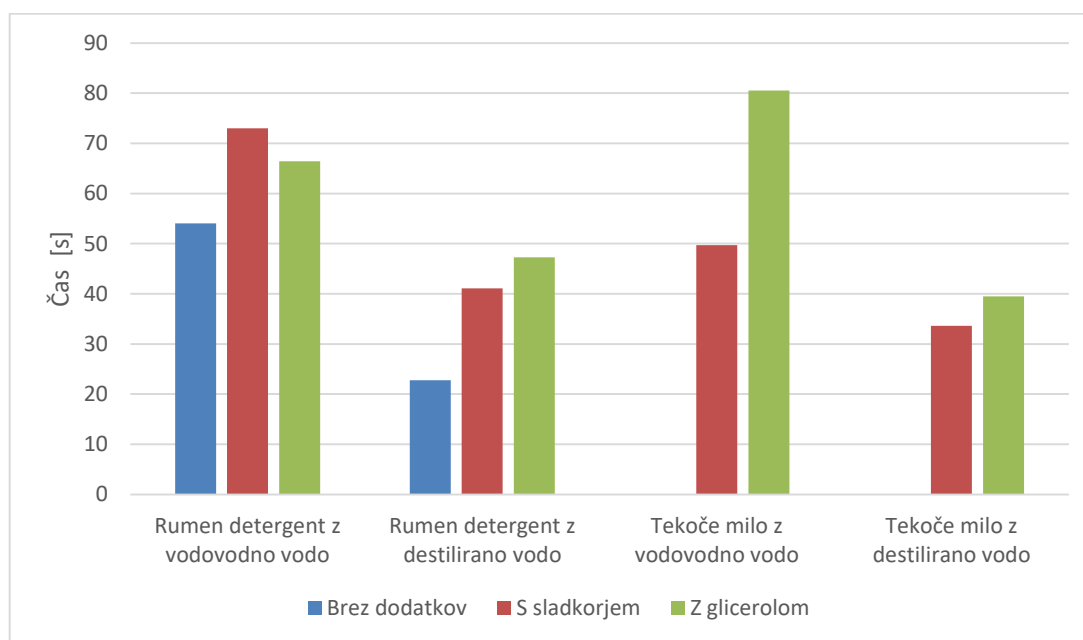
Kupljeno mešanico smo odstranili iz poskusa, saj že ima dodatke in mehurčki ne zdržijo dolgo. Najdlje so se obdržali mehurčki, narejeni iz raztopin z rumenim detergentom in tekočim milom, zato smo eksperimente nadaljevali le z njima.

2.2.3.2 Merjenje obstojnosti mehurčkov v raztopinah, narejenih z destilirano vodo pri temperaturi prostora 24° C

Tabela 2: Obstojnost mehurčkov pri temperaturi prostora 24° C (destilirana voda)

	Rumen detergent	Tekoče milo
Brez dodatkov	22,79 s	/
S sladkorjem	41,12 s	33,60 s
Z glicerolom	47,27 s	39,52 s

Graf 2: Primerjava obstojnosti mehurčkov iz raztopin z vodovodno in destilirano vodo pri sobni temperaturi (24° C)



Poskus smo naredili še z destilirano vodo brez dodatkov pri sobni temperaturi (24° C). Najprej smo merili obstojnost mehurčkov pri raztopini z rumenim detergentom brez dodatkov, saj ima tekoče milo že dodan glicerol. Nato smo raztopinam dodali sladkor, kjer so bili mehurčki iz rumenega detergenta najbolj obstojni. Ponovno smo naredili raztopine in jim dodali glicerol. Preseneča, da so bili mehurčki iz raztopin z destilirano vodo manj obstojni kot iz raztopin z vodovodno vodo, zato smo v nadaljevanju izdelovali raztopine le z vodovodno vodo.

2.2.3.3 Merjenje obstojnosti mehurčkov v raztopinah, narejenih z ohlajeno vodovodno vodo (10° C) in s segreto vodovodno vodo (50° C) pri temperaturi prostora 24° C

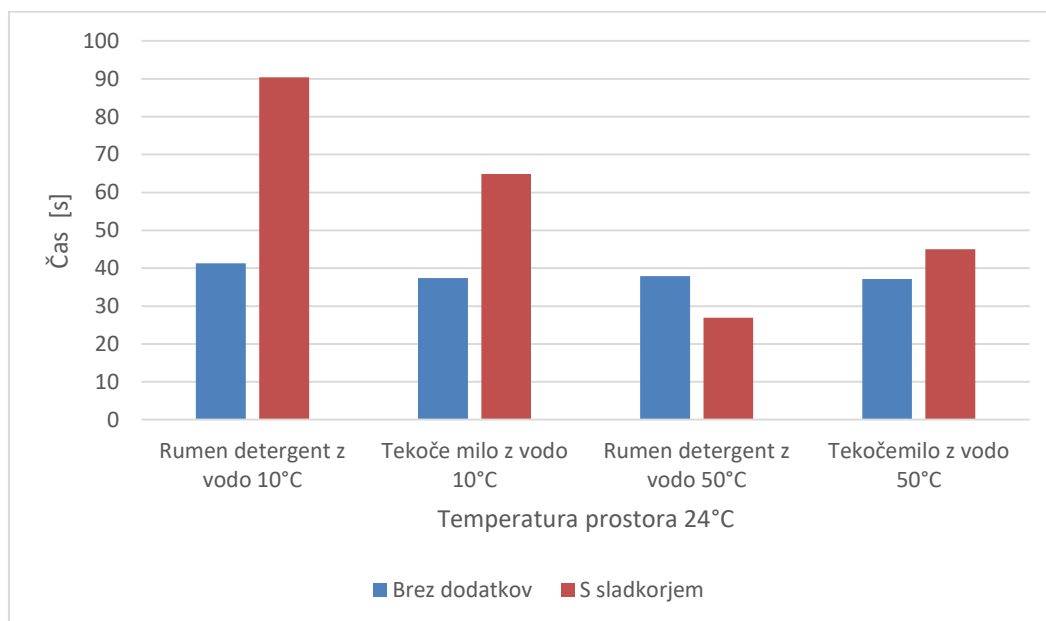
Tabela 3: Obstojnost mehurčkov pri temperaturi prostora 24° C (ohlajena vodovodna voda 10° C)

	Rumen detergent	Tekoče milo
Brez dodatkov	41,30 s	37,36 s
S sladkorjem	90,35 s	64,90 s

Tabela 4: Obstojnost mehurčkov pri temperaturi prostora 24° C (segreta vodovodna voda 50° C)

	Rumen detergent	Tekoče milo
Brez dodatkov	37,94 s	37,15 s
S sladkorjem	26,95 s	44,97 s

Graf 3: Primerjava obstojnosti mehurčkov v raztopinah, narejenih z ohlajeno vodovodno vodo (10° C) in s segreto vodovodno vodo (50° C) pri temperaturi prostora 24° C



Naredili smo raztopine z različno temperaturo vode, ohlajeno (10° C) in segreto (50° C), ter jih postavili v prostor s sobno temperaturo (24° C). Vidimo, da so bili mehurčki, narejeni iz raztopin z ohlajeno vodo (10° C), dlje obstojni. Največja odstopanja so se pokazala pri mehurčkih iz raztopin z dodatkom sladkorja ter rumenega detergenta in tekočega mila.

2.2.3.4 Merjenje obstojnosti mehurčkov v raztopinah, narejenih z ohlajeno vodovodno vodo (10° C) in s segreto vodovodno vodo (50° C) pri temperaturi prostora 13° C

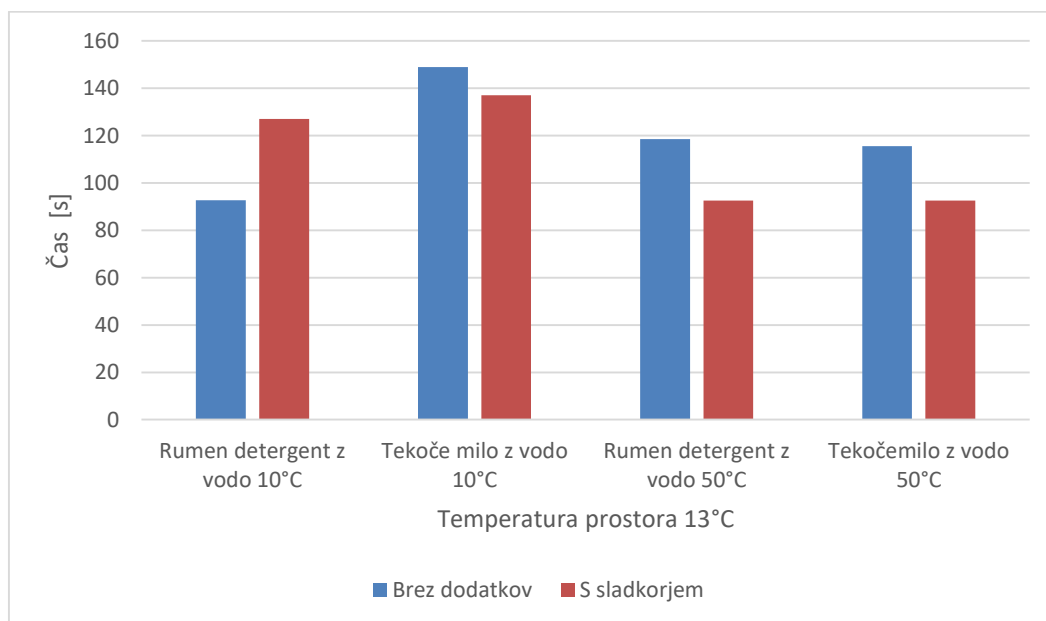
Tabela 5: Obstojnost mehurčkov pri temperaturi prostora 13° C (ohlajena vodovodna voda 10° C)

	Rumen detergent	Tekoče milo
Brez dodatkov	92,67 s	148,98 s
S sladkorjem	126,98 s	137,01 s

Tabela 6: Obstojnost mehurčkov pri temperaturi prostora 13° C (segreta vodovodna voda 50° C)

	Rumen detergent	Tekoče milo
Brez dodatkov	118,50 s	115,50 s
S sladkorjem	92,52 s	92,58 s

Graf 4: Primerjava obstojnosti mehurčkov v raztopinah, narejenih z ohlajeno vodovodno vodo (10° C) in s segreto vodovodno vodo (50° C) pri temperaturi prostora 13° C

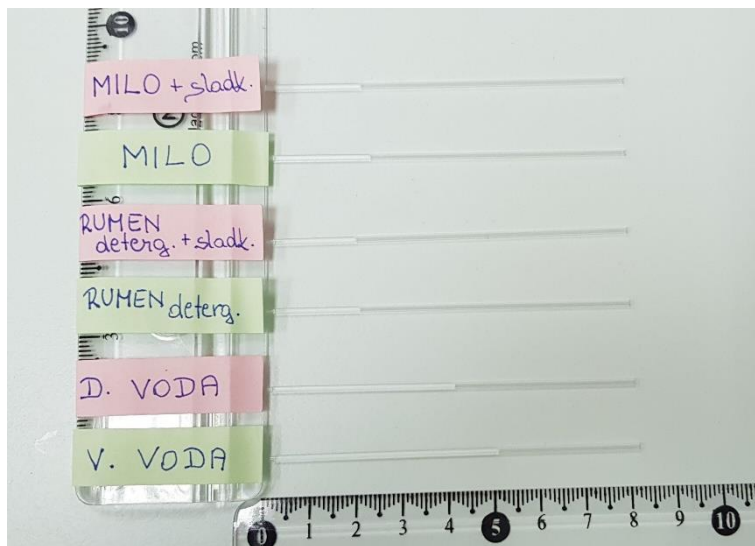


Graf prikazuje obstojnost mehurčkov, narejenih iz raztopin z različnimi temperaturami v hladnem prostoru. Pri nižjih temperaturah prostora (13° C) in raztopin (10° C) se je obstojnost vidno podaljšala. Predvidevamo, da je bilo zaradi nižje temperature izhlapevanje vode manjše in so bili zato mehurčki dlje obstojni. Ko smo raztopinam dodali še sladkor, se je obstojnost še podaljšala. Predvidevamo, da smo odkrili najboljše pogoje za obstojnost mehurčkov. Najdlje

obstoje mehurček je dosegel čas 202 sekundi. Preseneča pa, da so bili mehurčki iz raztopin brez dodatkov obstojni dlje kot tisti iz raztopin z dodatkom sladkorja (razen v primeru rumenega detergenta v ohlajeni raztopini).

2.2.3.5 Merjenje površinske napetosti

Merjenje relativne površinske napetosti smo izmerili z namenom preveriti, ali mila in detergenti res znižajo površinsko napetost vode. Uporabili smo kapilarno metodo. V merjenje smo vključili raztopine, ki so imele najboljše rezultate, in jih primerjali med seboj.



Slika 19: Merjenje površinske napetosti (lasten vir)

Iz slike je razvidno, da sta raztopini s tekočim milom in rumenim detergentom ter v obeh primerih z dodatkom sladkorja imele manjšo površinsko napetost kot voda. Rezultat potrjuje teorijo, da detergenti zmanjšujejo površinsko napetost vode.

3 RAZPRAVA

Postavljene hipoteze so interpretirane s pomočjo zbranih podatkov in ugotovitev.

- Hipoteza 1: **Mehurčki iz kupljene raztopine za izdelavo milnih mehurčkov so najdlje obstojni.**

To hipotezo smo ovrgli. Kot vidimo v tabeli 1, je kupljena raztopina slabše obstojna od rumenega detergenta in dlje obstojna od oranžnega in belega. Ko smo ostalim raztopinam dodali sladkor, je bila večina mehurčkov obstojna dlje.

- Hipoteza 2: **Dodatek glicerola k raztopini milnice omogoča daljšo obstojnost milnega mehurčka kot dodatek sladkorja.**

Ta hipoteza ni potrjena. V tabeli 1 vidimo, da so vsi mehurčki iz raztopin z detergenti dlje obstojni, če jim dodamo sladkor. Zaradi majhnih razlik pri rezultatih raztopin z dodatkom sladkorja ali glicerola smo ob različnih temperaturah preizkusili samo sladkor (sladkor je lažje dostopen).

- Hipoteza 3: **Milni mehurčki, narejeni iz raztopine z destilirano vodo, so obstojni dlje.**

Ta hipoteza ni potrjena. Mehurčki iz raztopin z destilirano vodo so slabše obstojni kot mehurčki iz raztopin z vodovodno vodo (tabela 1, 2).

- Hipoteza 4: **Pri nižji temperaturi okolice so milni mehurčki dlje obstojni.**

Ta hipoteza je potrjena. V tabelah 3 in 4 lahko primerjamo rezultate obstojnosti mehurčkov iz ohlajene raztopine v hladnem in toplem prostoru. V hladnem prostoru se obstojnost mehurčkov močno podaljša. Pri večini skoraj podvoji.

- Hipoteza 5: **Pri nižji temperaturi milnice so milni mehurčki dlje obstojni.**

Hipoteza je potrjena. V toplem prostoru smo preizkusili obstojnost mehurčkov z ohlajeno raztopino in raztopino s sobno temperaturo. Kot vidimo v tabelah 4 in 1, so mehurčki iz ohlajene raztopine bolj obstojni. Preizkus smo ponovili tudi v hladnem prostoru. Tudi tam se je pokazalo, da so mehurčki iz ohlajenih raztopin obstojni dlje.

4 DRUŽBENA ODGOVORNOST

»Nimam posebnih talentov. Sem samo strastno radoveden.« (Albert Einstein). To je bilo nekakšno vodilo naše naloge.

Biti radoveden je pomembna človekova lastnost. Že v otroštvu lahko spodbujamo radovednost z različnimi izzivi, nalogami, dejavnostmi in igrami. Če smo radovedni, je učenje zabava in veselje. Radovednost spodbuja zanimanje za opazovanje, prebiranje knjig, preizkušanje, kako stvari delujejo, odkrivanje novih znanj ...

Tudi nas je vodila tista radovednost iz mlajših let. Želeli smo odkriti najboljše pogoje in to nam je uspelo. To lastnost moramo spodbujati pri otrocih, mladostnikih in odraslih.

5 ZAKLJUČEK

Na začetku raziskovanja so poskusi izgledali zabavni in kratki. Ta, na videz enostaven poskus, pa se je izkazal za kar velik izziv, saj se pred tem nismo zavedali, koliko je različnih spremenljivk. Glede na ugotovitve, da mehurčki najdlje obstanejo v hladnem prostoru, bi lahko sklepali, da bi bila pozimi zabava z njimi najdaljša.

Rezultati iskanja najboljših pogojev veljajo za mehurčke v obliki polkrogle na mokri podlagi. Naše ugotovitve ne vsebujejo skrajšanega časa zaradi stika s tlemi ali dlanjo. Zavedamo se, da na mehurčke vpliva veliko spremenljivk (delci v zraku, veter ...), zato smo se pri našem raziskovanju osredotočili na nekatere izmed teh (temperatura okolice, temperatura raztopine, trdota vode). Med raziskovanjem smo odkrili, da se pred pokom mehurčka na njem izrišejo krožnice, ki nakazujejo tanjšanje plasti. Ko se te krožnice pomaknejo dovolj nizko, mehurček poči. Krožnice lahko vidimo na Sliki 20.

Vse te ugotovitve nas vodijo k dodatnemu razmišljanju in novim idejam. Ali velikost mehurčkov vpliva na obstojnost? Če se mehurčki med seboj stikajo, ali to pomeni, da bodo počili prej? Kljub na videz enostavnim poskusom smo se ob raziskovanju naučili veliko novega. Obenem pa smo se sprostili in zabavali ter nahranili otroškega duha.



Slika 20: Krogi na mehurčku (lasten vir)

6 VIRI IN LITERATURA

6.1 Pisni viri

1. Kornhauser, A. (1993). *Organska kemija*. Ljubljana. DZS.
2. Kuščer, I. [et al.]. (1985). *Fizika. 1.del: Mehanika*. Ljubljana. DZS.
3. Leksikon kemije. (2001). *Zbirka mali leksikoni*. Ljubljana. Založba Mladinska knjiga.
4. Smrdu, A. (2013). *Od molekule do makromolekule. Učbenik za kemijo v 9. razredu osnovne šole*. Ljubljana. Založba Jutro.
5. Strnad, J. (1991). *Fizika. Leksikoni Cankarjeve založbe*. Ljubljana. Cankarjeva založba.
6. Šolinc, H. (1998). *Skozi fiziko z rešenimi nalogami. Zgradba snovi. Tekočine*. Ljubljana. DZS.

6.2 Spletni viri

1. Delitev površinsko aktivnih sredstev. Dostopno na:
<https://eucbeniki.sio.si/kemija3/1264/povzetek.jpg> (pridobljeno 17. 12. 2021)
2. »Hoja« po vodi. Dostopno na: https://eucbeniki.sio.si/kemija1/573/vodni_plesalec.jpg
(pridobljeno 5. 12. 2021)
3. Kapilarnost živega srebra in vode. Dostopno na:
https://puntomarinero.com/images/capillary-phenomena-physics-capillary-phenomena_4.jpg (pridobljeno 15. 11. 2021)
4. Kot omočitve. Dostopno na:
https://si.openprof.com/ge/images/267/kot_omoitve_640.jpg (pridobljeno 15. 11. 2021)
5. Milni mehurček. Dostopno na: <https://www.knjiznica-celje.si/raziskovalne/4201104251.pdf>
(pridobljeno 19. 11. 2021)

6. Milni mehurček. Dostopno na: https://sl.wikipedia.org/wiki/Milni_mehur%C4%8Dek (pridobljeno 19. 11. 2021)
7. Molekula vode. Dostopno na: <https://eucbeniki.sio.si/kemija8/941/index4.html> (pridobljeno 21. 11. 2021)
8. Polarnost vode. Dostopno na: <https://eucbeniki.sio.si/kemija8/941/index4.html> (pridobljeno 19. 11. 2021)
9. Površinska napetost. Dostopno na: http://www.nauk.si/materials/4415/out/?printSlides=_slide_1108513050 (pridobljeno 15. 11. 2021)
10. Površinsko aktivna sredstva. Dostopno na: <https://eucbeniki.sio.si/kemija3/1264/index3.html> (pridobljeno 17. 12. 2021)
11. Slika Milni mehurček. Dostopno na: <http://www.webexhibits.org/causesofcolor/images/content/9.jpg> (pridobljeno 19. 11. 2021)
12. Slika Molekula vode. Dostopno na: https://www.google.com/url?sa=i&url=https%3A%2F%2Fhr.srimathumitha.com%2Fobrazovanje%2F83147-iz-chego-sostoit-voda-iz-kakih-molekul-i-atomov.html&psig=AOvVaw0k0-qwm5CghdFv_7UuZTRd&ust=1634125763617000&source=images&cd=vfe&ved=0CAsQjRxqFwoTCJip4ornxPMCFQAAAAAdAAAAABAQ (pridobljeno 21. 11. 2021)
13. Vodikove vezi. Dostopno na: <https://eucbeniki.sio.si/kemija1/573/index6.html> (pridobljeno 19. 11. 2021)
14. Vodikove vezi med molekulami vode. Dostopno na: <https://www.ibchem.com/IB16/Section00-bonding/img/H-bonding.gif> (pridobljeno 19. 11. 2021)
15. Vodna kapljica. Dostopno na: https://eucbeniki.sio.si/kemija1/573/kapljica_vode.jpg (pridobljeno 5. 12. 2021)

7 PRILOGE

Tabele z izmerjenim časom obstojnosti mehurčkov pri različnih pogojih.

Tabela 1: Obstojnost mehurčkov pri sobni temperaturi (24° C), brez dodatkov

	Oranžni detergent	Rumeni detergent	Beli detergent	Tekoče milo	Kupljena raztopina
	t [s]	t [s]	t [s]	t [s]	t [s]
1. meritev	67,95	18,00	51,31	/	13,96
2. meritev	15,82	55,63	52,07	/	37,94
3. meritev	16,30	18,20	59,81	/	15,43
4. meritev	13,60	58,25	26,80	/	42,38
5. meritev	31,06	93,80	19,81	/	38,01
6. meritev	27,39	25,33	31,71	/	39,30
7. meritev	33,98	60,00	39,17	/	30,38
8. meritev	47,15	21,84	9,23	/	16,80
9. meritev	23,09	127,10	63,60	/	57,91
10. meritev	30,23	62,44	15,41	/	86,95
povprečne vrednosti	30,66	54,06	36,89	/	37,91

Tabela 2: Obstojnost mehurčkov pri sobni temperaturi (24° C) z glicerolom

	Oranžni detergent	Rumeni detergent	Beli detergent	Tekoče milo
	t [s]	t [s]	t [s]	t [s]
1. meritev	18,33	75,22	52,70	104,40
2. meritev	30,44	54,07	38,71	65,28
3. meritev	44,15	95,37	23,68	60,37
4. meritev	19,12	45,57	57,18	106,87
5. meritev	25,57	34,89	49,64	62,58
6. meritev	35,42	88,22	72,98	102,89
7. meritev	17,05	69,45	47,07	29,52
8. meritev	12,73	38,90	33,25	119,98
9. meritev	12,57	62,56	104,13	63,12
10. meritev	18,02	100,04	118,11	90,48
povprečne vrednosti	23,34	66,43	59,75	80,55

Tabela 3: Obstočnost mehurčkov pri sobni temperaturi (24° C) s sladkorjem

	Oranžni detergent	Rumeni detergent	Beli Detergent	Tekoče milo
	t [s]	t [s]	t [s]	t [s]
1. meritev	35,70	63,20	57,87	44,92
2. meritev	9,51	71,08	40,49	45,44
3. meritev	32,54	82,61	45,20	107,83
4. meritev	29,90	21,10	58,51	51,78
5. meritev	38,70	97,87	80,74	25,15
6. meritev	27,97	91,52	71,42	21,03
7. meritev	11,08	37,30	86,71	25,12
8. meritev	19,32	100,14	34,06	17,15
9. meritev	12,25	97,49	85,10	73,78
10. meritev	59,73	67,70	98,99	84,82
povprečne vrednosti	27,67	73,00	65,91	49,70

Tabela 4: Obstočnost mehurčkov pri sobni temperaturi (24° C) z destilirano vodo

	Rumeni detergent	Tekoče milo
	t [s]	t [s]
1. meritev	27,97	/
2. meritev	34,98	/
3. meritev	14,15	/
4. meritev	43,30	/
5. meritev	10,25	/
6. meritev	25,15	/
7. meritev	10,61	/
8. meritev	13,71	/
9. meritev	18,50	/
10. meritev	29,23	/
povprečne vrednosti	22,79	/

Tabela 5: Obstočnost mehurčkov pri sobni temperaturi (24° C) + destilirana voda + glicerol

	Rumeni detergent	Tekoče milo
	t [s]	t [s]
1. meritev	22,71	40,60
2. meritev	37,15	34,16
3. meritev	49,33	32,92
4. meritev	38,55	21,78
5. meritev	49,37	15,62
6. meritev	27,15	22,31
7. meritev	61,31	48,92
8. meritev	53,77	45,41
9. meritev	71,13	61,10
10. meritev	62,23	72,34
povprečne vrednosti	47,27	39,52

Tabela 6: Obstočnost mehurčkov pri sobni temperaturi (24° C) + destilirana voda + sladkor

	Rumeni detergent	Tekoče milo
	t [s]	t [s]
1. meritev	32,10	36,59
2. meritev	33,50	44,97
3. meritev	42,02	25,26
4. meritev	51,87	42,38
5. meritev	18,03	37,23
6. meritev	31,42	25,04
7. meritev	44,85	18,56
8. meritev	50,92	33,30
9. meritev	63,00	32,85
10. meritev	43,46	39,78
povprečne vrednosti	41,12	33,60

Tabela 7: Obstočnost mehurčkov v hladnem prostoru (13° C) + hladna tekočina

	Rumeni detergent	Tekoče milo
	t [s]	t [s]
1. meritev	127,27	84,95
2. meritev	129,30	120,79
3. meritev	60,03	201,44
4. meritev	62,73	195,50
5. meritev	125,46	150,19
6. meritev	66,93	169,57
7. meritev	42,53	78,30
8. meritev	133,10	149,57
9. meritev	94,47	187,48
10. meritev	84,89	152,02
povprečne vrednosti	92,67	148,98

Tabela 8: Obstočnost mehurčkov v hladnem prostoru (13° C) + hladna tekočina + sladkor

	Rumeni detergent	Tekoče milo
	t [s]	t [s]
1. meritev	113,82	131,71
2. meritev	152,64	143,12
3. meritev	51,51	165,63
4. meritev	202,78	179,54
5. meritev	100,75	112,22
6. meritev	52,68	115,69
7. meritev	158,33	53,15
8. meritev	169,66	194,01
9. meritev	147,51	165,00
10. meritev	120,14	110,05
povprečne vrednosti	126,98	137,01

Tabela 9: Obstočnost mehurčkov v toplem prostoru (24° C) + hladna tekočina, brez dodatkov

	Rumen detergent	Tekoče milo
	t [s]	t [s]
1. meritev	50,80	28,43
2. meritev	50,74	40,27
3. meritev	46,60	36,03
4. meritev	26,62	25,45
5. meritev	29,07	37,66
6. meritev	40,25	28,83
7. meritev	44,78	26,53
8. meritev	26,01	42,53
9. meritev	47,11	63,08
10. meritev	48,32	44,79
povprečne vrednosti	41,30	37,36

Tabela 10: Obstočnost mehurčkov v toplem prostoru (24° C) + hladna tekočina + sladkor

	Rumeni detergent	Tekoče milo
	t [s]	t [s]
1. meritev	32,52	33,35
2. meritev	39,76	46,85
3. meritev	65,90	26,00
4. meritev	60,57	89,04
5. meritev	98,05	50,64
6. meritev	132,11	66,80
7. meritev	35,64	95,06
8. meritev	18,55	38,43
9. meritev	201,42	91,67
10. meritev	218,99	111,17
povprečne vrednosti	90,35	64,90

Tabela 11: Obstočnost mehurčkov v hladnem prostoru (13° C) + vroča tekočina, brez dodatkov

	Rumeni detergent	Tekoče milo
	t [s]	t [s]
1. meritev	36,67	81,20
2. meritev	167,54	174,64
3. meritev	167,80	163,39
4. meritev	175,24	201,60
5. meritev	164,14	29,55
6. meritev	28,12	159,39
7. meritev	57,34	46,02
8. meritev	120,12	89,37
9. meritev	197,30	111,19
10. meritev	70,69	98,69
povprečne vrednosti	118,50	115,50

Tabela 12: Obstočnost mehurčkov v hladnem prostoru (13° C) + vroča tekočina + sladkor

	Rumeni detergent	Tekoče milo
	t [s]	t [s]
1. meritev	58,18	77,47
2. meritev	75,23	87,83
3. meritev	86,30	132,67
4. meritev	162,49	149,13
5. meritev	78,45	52,15
6. meritev	107,09	44,46
7. meritev	125,03	118,75
8. meritev	75,20	75,66
9. meritev	61,03	86,76
10. meritev	96,15	100,96
povprečne vrednosti	92,52	92,58

Tabela 13: Obstočnost mehurčkov v toplem prostoru (24° C) + vroča tekočina, brez dodatkov

	Rumeni detergent	Tekoče milo
	t [s]	t [s]
1. meritev	28,56	16,15
2. meritev	16,91	23,04
3. meritev	23,58	63,97
4. meritev	43,66	28,31
5. meritev	43,12	36,80
6. meritev	17,99	70,95
7. meritev	41,18	13,96
8. meritev	44,93	51,15
9. meritev	46,48	51,08
10. meritev	73,00	16,13
povprečne vrednosti	37,94	37,15

Tabela 14: Obstočnost mehurčkov v toplem prostoru (24° C) + vroča tekočina + sladkor

	Rumeni detergent	Tekoče milo
	t [s]	t [s]
1. meritev	27,10	45,22
2. meritev	33,91	54,08
3. meritev	18,54	64,92
4. meritev	19,78	25,38
5. meritev	26,56	20,84
6. meritev	33,75	37,68
7. meritev	18,22	37,37
8. meritev	20,81	56,38
9. meritev	33,26	63,10
10. meritev	37,61	44,69
povprečne vrednosti	26,95	44,97