

NENEWTONSKE TEKOČINE V NAŠEM VSAKDANU

**PODROČJE: FIZIKA IN ASTRONOMIJA
RAZISKOVALNA NALOGA**

7. RAZRED

ŠOLSKO LETO 2021/2022

Kazalo vsebine

1	UVOD	6
2	TEORETIČNI DEL.....	7
2.1	Sir Isaac Newton	7
2.2	Agregatna stanja snovi	8
2.3	Gostota	9
2.4	Viskoznost.....	10
2.5	Površinska napetost	11
2.6	Parni tlak.....	11
2.7	Newtonske tekočine	12
2.8	Nenewtonske tekočine	12
2.9	Vrste nenewtonskih tekočin.....	15
3	EKSPERIMENTALNI DEL	18
2.10	Prvi eksperiment.....	18
3.1.1	Mešanica škroba in vode	19
3.1.2	Sladka smetana	20
3.1.3	Šampon za lase	21
3.1.4	Barva za beljenje sten.....	21
3.2	Drugi eksperiment	23
3.2.1	Mešanica škroba in vode	24
3.2.2	Sladka smetana	25
3.2.3	Šampon za lase	26
3.2.4	Barva za beljenje sten	26
3.3	Tretji eksperiment	27
3.3.1	Mešanica škroba in vode	28
3.3.2	Sladka smetana	29
3.3.3	Šampon za lase	29
3.3.4	Barva za beljenje sten.....	30
4	RAZPRAVA	31
4.1.	Prvi eksperiment.....	31
4.2	Drugi eksperiment.....	31
4.3	Tretji eksperiment	32
5	ZAKLJUČEK.....	33
6	VIRI IN LITERATURA	34
	VIRI SLIK.....	34
	VIRI TABEL	35

Kazalo slik

Slika 1: Sir Isaac Newton	7
Slika 2: Tekočina na levi ima nižjo viskoznost od tekočine na desni	10
Slika 3: Hitrost iztekanja različnih slojev tekočine	10
Slika 4: Okolje molekul kapljevine na površju in v notranjosti	11
Slika 5: Najbolj znani newtonski tekočini sta voda in olje.....	12
Slika 6: Strukture v polimernih sistemih	13
Slika 7: Struktura molekul.....	13
Slika 8: Molekule in strižni tok	14
Slika 9: Suspenzije v raztopini polimera.	14
Slika 10: Mešanica peska in vode	15
Slika 11: Kečap	15
Slika 12: Sladka smetana.....	16
Slika 13: Stenska barva	16
Slika 14: Zobna pasta	17
Slika 15: Postavitev eksperimenta.....	18
Slika 16: Zaradi hitrosti vrtenja tekočina okoli palice spremeni viskoznost	19
Slika 17: Smetana na palici spremeni viskoznost.....	20
Slika 18: Šampon na stekleni paličici.....	21
Slika 19: Na vrhu steklene palice vrtalnika v počasnem posnetku opazimo »palčko«	22
Slika 20: Frekvenčni generator in zvočnik.....	23
Slika 21: Mešanica škroba in vode na nedelujočem zvočniku	24
Slika 22: Mešanica škroba in vode na delujočem zvočniku.....	24
Slika 23: Smetana na zvočniku: nestepena in stepena.....	25
Slika 24: Postavitev eksperimenta.....	27
Slika 25: Na mešanici škroba in vode kroglica obstane	28
Slika 26: Smetana in pljusk; pljusk značilen za newtonske tekočine.....	29
Slika 27: Šampon in pljusk; pljusk značilen za newtonske tekočine	30
Slika 28: Kroglica v barvo pade brez pljuska, toda na površini se ne obdrži.....	30
Slika 29: V laboratoriju Pedagoške fakultete v Ljubljani.....	33

Kazalo tabel

Tabela 1: Primeri gostot pogostih tekočin.....	11
Tabela 2: Frekvence, pri katerih so tekočine najodzivnejše.....	26

POVZETEK

Ko sem na spletu pogledala videoposnetek, v katerem znanstvenik izvaja zanimiv eksperiment z meni takrat neznano tekočino, sem se odločila, da se bom o teh tekočinah podrobneje pozanimala. Ugotovila sem, da se tekočina pri eksperimentu imenuje nenevtonska tekočina ter da ima nekaj zelo zanimivih in posebnih lastnosti. Ena od teh lastnosti je spreminjanje viskoznosti, če nanjo delujemo s silo. Posebej zanimivo mi je bilo tudi to, da se je ta posebna tekočina obnašala skoraj kot trdnina, če so jo metali v zrak. Začela sem raziskovati, ali obstaja samo ena taka tekočina ali jih je več.

Zanimalo me je, ali imajo vse nenevtonske tekočine enake lastnosti in se obnašajo po enakih pravilih, zato sem si zastavila naslednje hipoteze:

1. Izbrane nenevtonske tekočine spremenijo viskoznost, če nanje delujemo s silo.
2. Izbrane nenevtonske tekočine spremenijo viskoznost, če nanje delujemo s prečnim valovanjem.
3. Obnašanje izbranih nenevtonskih tekočin je odvisno od hitrosti mešanja.

Pri raziskovanju sem uporabila različne knjižne in spletne vire. Našla sem veliko posnetih pogovorov z raziskovalci in profesorji fizike ter laboratorijske eksperimente.

Hipoteze sem preverila z lastnim eksperimentalnim delom.

Ključne besede: tekočine, kapljevine, newtonske tekočine, nenevtonske tekočine, viskoznost, Newtonovi zakoni gibanja, gostota, površinska napetost

ZAHVALE

Iskreno se zahvaljujem svoji mentorici gospe Glorii Vidmar za pomoč in usmeritve pri delu. Zahvaljujem se tudi gospe Katarini Kunaver za priložnost in motivacijo. Prav tako sem hvaležna svojim staršem, ki so mi omogočili izvedbo prvih eksperimentov z nenevtonsko tekočino v naši domači kuhinji in s sestavinami iz kuhinjskih omaric. Še posebej bi se zahvalila gospe Urški Lamovec, ki mi je omogočila izvajanje eksperimentov v laboratoriju za fiziko Pedagoške fakultete v Ljubljani.

1 UVOD

V vsakdanjem življenju se srečujemo z različnimi snovmi, ki imajo različne oblike, toda le redko se poglobimo v njihove lastnosti.

Že v osnovni šoli se učimo o agregatnih stanjih (trdninah in tekočinah). Tekočine pa dalje razdelimo še na kapljevine in pline. Naučimo se osnovne lastnosti vsakega agregatnega stanja, torej, da trdne snovi ohranijo lastno obliko in da se ta ne spreminja brez delovanja zunanjih sil, da tekočine zavzamejo obliko posode, ki jim je na voljo, da snov v plinastem stanju zavzame največji volumen, da kapljevine tvorijo kapljice in gladino ...

V tej raziskovalni nalogi bom raziskala značilnosti nenevtonskih tekočin. Uporabljala bom izraz »tekočina«, saj je to splošno poimenovanje za takšne snovi, čeprav ne bom govorila o plinih. Nenevtonske tekočine so tekočine s spremenljivo viskoznostjo. Ko sem letos zaradi bolezni ostala doma in nisem šla v šolo več kot tri tedne, sem po naključju naletela na videoposnetek, ki se mi je zdel neverjeten. Tekočino, v katero so brez težav potonil različni predmeti, je znanstvenik po rokah premetaval kot žogico in po njej tolkel s klavivom. Tekočina se mi je zdela res neverjetna. Presenetilo me je, ko sem izvedela, da jo lahko naredim tudi sama doma iz mešanice škroba in vode. Moj prvi poskus je uspel in tako se je porodila ideja za raziskovalno nalogo.

Z nenevtonskimi tekočinami se namreč srečujemo vsak dan, o njih pa ne vemo veliko.

Primeri takšnih tekočin so zobna pasta, stepena smetana, kečap, majoneza, mešanica peska in vode, šampon, stenska barva in celo nekatere solne raztopine. Nenevtonske tekočine so razširjene v vsakdanjem življenju, pogostejše so kot nevtonske tekočine, čeprav so nam značilnosti nevtonskih tekočin bližje, predvsem zato, ker so enostavnejše, ne pa nujno zanimivejše.

Za eksperimentalni del naloge sem uporabila najširše dostopne nenevtonske tekočine, in sicer zobno pasto, šampon, sladko smetano, mešanico škroba in vode (z dodatkom jedilne barve) ter stensko barvo.

2 TEORETIČNI DEL

2.1 Sir Isaac Newton

Sir Isaac Newton je angleški fizik, matematik, astronom, filozof, ezoterik in alkimist. Rodil se je 4. januarja 1643, umrl pa je 31. marca 1727 v Londonu.

Čeprav je Isaac Newton dobro znan po svojih odkritjih v optiki (raziskoval je sestavo bele svetlobe) in matematiki (poznana je njegova metoda za iskanje ničel in še mnogi drugi matematični postopki), je najbolj znana njegova formulacija treh zakonov gibanja – osnovnih principov sodobne fizike. Newtonu v čast so fiziki enoto za silo poimenovali newton – njuten.

Prvi Newtonov zakon gibanja imenujemo zakon vztrajnosti, ki pravi, da vsako telo ostane v stanju mirovanja ali enakomernega gibanja v smeri, dokler zunanja sila ne povzroči spremembe tega stanja. Če je torej vsota sil, ki deluje na neko telo, enaka nič, telo miruje ali pa se giblje premo in enakomerno. Pri nenevtonskih tekočinah pa se poleg itrosti in načina gibanja spremeni tudi viskoznost.



Slika 1: Sir Isaac Newton

Drugi Newtonov zakon obravnava situacije, kjer je rezultanta zunanjih sil na telo različna od nič, in pravi, da je rezultanta zunanjih sil enaka produktu mase in pospeška. Najpreprostejša formulacija drugega zakona je, če na telo mase m deluje sila F in mu daje pospešek, kar pokažemo s formulo:

$$a = \frac{F}{m}$$

Tretji zakon gibanja poenostavljeno imenujemo zakon o akciji in reakciji, ki pravi, če prvo telo deluje na drugo telo s silo, deluje to na prvo z enako veliko, a nasprotno usmerjeno silo.

Newton je raziskoval tudi viskoznost. Domneval je, da je pri ravnem, vzporednem in enakomernem toku tangencialna napetost med plastmi sorazmerna z gradientom hitrosti v smeri, pravokotni na plasti. Gradient je matematična operacija, ki nam pove, v kateri smeri se polje najbolj spreminja.

2.2 Agregatna stanja snovi

Snovi delimo na trdnine in tekočine, le-te pa razdelimo na kapljevine in pline.

V trdnem stanju imajo molekule majhno stopnjo svobode gibanja in se nahajajo v kristalni mreži. V kapljevinah so molekule svobodnejše in lahko prevzamejo obliko posode, istočasno pa ohranjajo enak volumen. V plinastem stanju pa lahko molekule zavzamejo največ prostora, kar pomeni, da je prostor med molekulami veliko večji kot pri kapljevinah in trdnih snoveh.

Tekočine so ene izmed najbolj razširjenih snovi na planetu. Večina vesolja je v tekočem stanju. Galaksije, zvezde in planeti so večinoma obravnavani kot tekoči. Tudi naše ozračje, oceani, morja, jezera in reke so tekoči.

Mehanika tekočin je pomembna za skoraj vse panoge industrije: avtomobilsko, letalsko, ladjedelniško, kemično, energetiko ... Tudi človeško telo vsebuje velik delež vode. Poznavanje pretoka krvi in drugih tekočin v telesu je za medicino velikega pomena.

Naziv tekočina ima torej širši pomen in vključuje kapljevine in pline. Velikokrat pa se za snovi v kapljevinastem stanju uporablja kar beseda tekočina.

Osnovne lastnosti tekočin so odvisne od privlačnih sil med delci v tekočini. Lastnosti, po katerih je mogoče razlikovati tekočine, so na primer gostota, viskoznost, površinska napetost in parni tlak.

2.3 Gostota

Ena izmed lastnosti, po katerih lahko razlikujemo vse snovi (tudi tekočine), je gostota.

Tekočine oziroma vse snovi z manjšo gostoto bodo plavale na površinah tekočin z višjo gostoto. V naravi pa tudi v lastni kuhinji in vsakdanjem življenju opažamo, da kapljice olja plavajo na površini vode, ogromne ledene gore plavajo na gladini morja ali reke, tako kot ledena kocka plava v kozarcu na površini soka. Razlog je različna gostota naštetih snovi.

Gostota nam pove, kolikšna je masa izbrane prostornine snovi. Označimo jo z grško črno ρ (ρ), izračunamo pa kot količnik med maso telesa in volumnom.

$$\rho = \frac{m}{V}$$

Osnovna enota gostote je kilogram na kubični meter (kg/m^3).

Na primer: 1 l vode tehta 1 kg, torej je gostota vode $\rho = 1\text{kg/dm}^3$ oziroma 1000 kg/m^3 .

V spodnji tabeli so zapisane gostote nekaterih snovi, s katerimi imamo pogosto opravka.

snov	Gostota (g/cm^3)	Stanje snovi
vodik (pri STP)	0.00009	plin
dušik (pri STP)	0.001251	plin
etanol (zrnat alkohol)	0.810	tekočina
led	0.920	trdna
voda pri 4 °C	1.000	tekočina
morska voda	1.03	tekočina
mleko	1.03	tekočina
kri	1.600	tekočina
živo srebro	13.6	tekočina

Tabela 1: Primeri gostot pogostih tekočin

2.4 Viskoznost

Viskoznost je lastnost tekočine, ki opisuje njen odpor proti pretakanju. Bolj tekoča je tekočina, manjšo viskoznost ima. Viskoznost je značilna lastnost tekočin, opredeljena kot notranje trenje med plastmi v tekočinah. Notranje trenje je posledica medmolekularnih sil. Moč privlačnih sil je odvisna od oblike molekul in njihove velikosti.

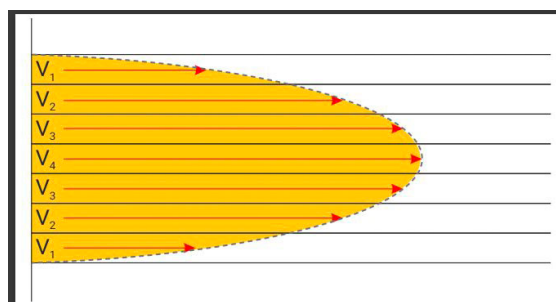


Slika 2: Tekočina na levi ima nižjo viskoznost od tekočine na desni

Med, ki je na primer newtonska tekočina, je bolj viskozen kot voda, ker je sestavljen iz dolgih nepolarnih ogljikovodikovih verig, molekule vode pa so zelo majhne in sferične oblike.

Tekočine z višjo viskoznostjo se tudi počasneje iztekajo. Najpočasnejša plast bo tekla vzdolž stene cevi, najhitrejša pa bo plast, ki je najbolj oddaljena od stene. Torej plast, ki teče skozi sredino cevi.

Različne hitrosti pretoka plasti tekočine so posledica trenja tekočine s stenami cevi in trenja med plastmi tekočine, ki se med seboj dotikajo in premikajo.

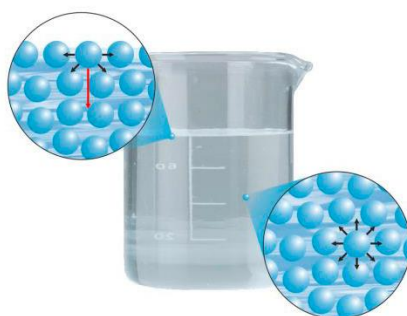


Slika 3: Hitrost iztekanja različnih slojev tekočine

2.5 Površinska napetost

Površinska napetost je pojav, ki nastane zaradi različnega okolja delcev na površini in znotraj tekočine. Vsak delček znotraj tekočine je popolnoma obdan z enakimi delci. Nasprotno pa je delec na površini na eni strani v stiku z enakimi delci, na drugi strani pa je v stiku z delci zraka. Molekule tekočine, ki so na površini, imajo nižjo površinsko napetost, ker so sile, ki delujejo med molekulami, šibkejše.

V newtonskih tekočinah je površinska napetost odvisna od sile, ki na tekočino deluje.



Slika 4: Okolje molekul kapljevine na površju in v notranjosti

2.6 Parni tlak

Tekočine v zraku izhlapevajo oziroma prehajajo iz tekočega v plinasto agregatno stanje. Zato je v pari nad tekočino vedno več molekul in prav te povzročajo parni tlak tekočine.

Hitrost izhlapevanja tekočin narašča z naraščanjem temperature. Čim višja je temperatura, večja je hitrost izhlapevanja in je parni tlak tekočine višji.

Ko je parni tlak v tekočini enak zunanjemu tlaku, tekočina zavre. Temperatura, pri kateri je parni tlak tekočine enak zunanjemu tlaku, se imenuje vrelišče.

2.7 Newtonske tekočine

Newtonska tekočina je tekočina, katere viskoznost oziroma razmerje med napetostjo in deformacijo je linearna.

Nekatere najpogosteje obravnavane newtonske tekočine so voda, olje in nafta. Newtonska tekočina teče, čeprav nanjo deluje sila. Ne glede na spremembo agregatnih stanj je voda tudi newtonska tekočina, ker še naprej kaže značilnosti tekočine ne glede na to, kako hitro jo stresamo ali mešamo.



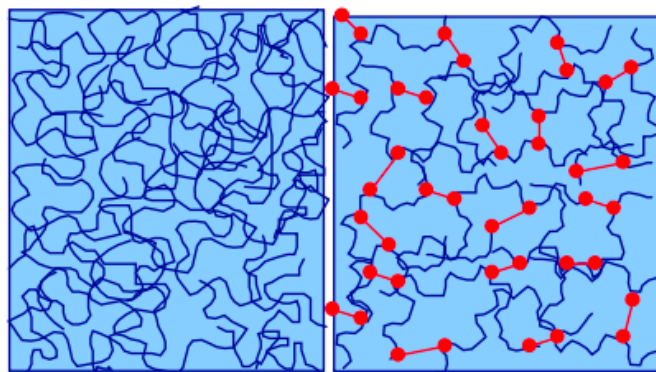
Slika 5: Najbolj znani newtonski tekočini sta voda in olje

Viskoznost newtonskih tekočin ni odvisna od tega, kaj se s tekočino dogaja; ali teče ali jo mešamo ali pa prelivamo iz posode v posodo.

2.8 Nenewtonske tekočine

V tej raziskovalni nalogi preučujemo značilnosti nenewtonskih tekočin. To so tekočine s spremenljivo viskoznostjo. Njihovo viskoznost lahko spremenimo le, če spremenimo zunanje pogoje – temperaturo ali tlak.

Takšne tekočine so sestavljene iz makromolekul in se obnašajo bolj zapleteno kot newtonske tekočine.

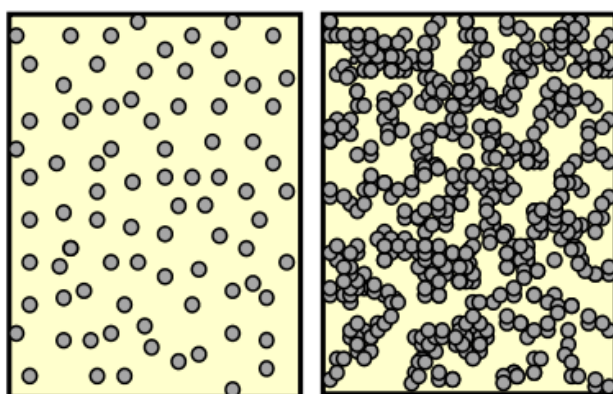


Slika 6: Struktura v polimernih sistemih

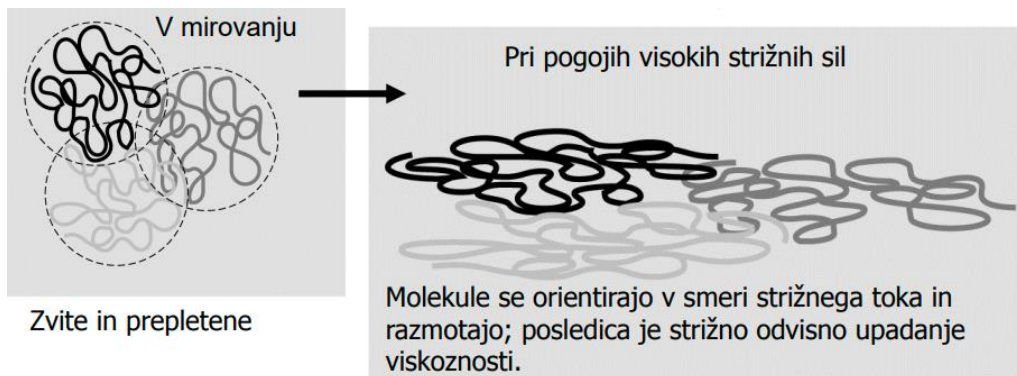
Primeri takšnih tekočin so zobna pasta, stepena smetana, kečap, majoneza, mešanica peska in vode, škroba in vode, šampon in celo nekatere solne raztopine. Nenevtonske tekočine so razširjene v vsakdanjem življenju, pogostejše so od newtonskih tekočin.

Za razliko od newtonskih tekočin je viskoznost nenevtonskih tekočin odvisna od tega, kaj počnemo s tekočino. Na primer pri nekaterih nenevtonskih tekočinah se njihova viskoznost povečuje z naraščajočo uporabljenjo silo. To ima lahko zelo zanimive posledice. Če bazen napolnimo s takšno tekočino, lahko »tečemo« po površini, če pa se za trenutek ustavimo, bomo začeli toniti. Med tekom udarimo ob vodno gladino z veliko večjo silo, zato je upor tekočine večji.

Viskoznost nenevtonskih tekočin ni konstantna značilnost.

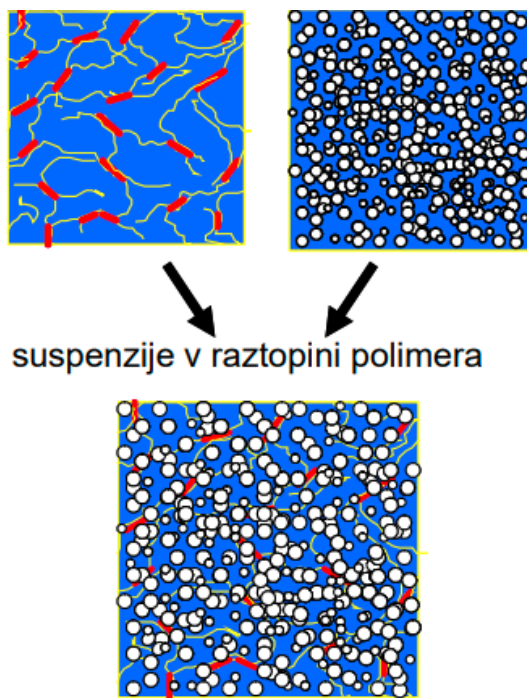


Slika 7: Struktura molekul.



Slika 8: Molekule in strižni tok

Tok nenevtonskih tekočin je lahko odvisen tudi od časa – viskoznost se s časom lahko povečuje ali zmanjšuje pri konstantnih strižnih hitrostih.



Slika 9: Suspenzije v raztopini polimera.

2.9 Vrste nenevtonskih tekočin

Vse nenevtonske tekočine se ne obnašajo enako in jih lahko razdelimo v več skupin. Pri nekaterih se viskoznost spreminja s spremembo sile, zato obstajajo:

- nenevtonske tekočine, pri katerih viskoznost narašča z naraščajočo silo. Dober primer je mešanica peska in vode, ki ob delovanju postaja trdnejša;



Slika 10: Mešanica peska in vode

- nenevtonske tekočine, pri katerih viskoznost z naraščajočo silo pada. Za primer bi lahko uporabili kri. Kri postaja vse bolj tekoča, če jo v epruveti pretresemo, kar je lastnost, ki pomaga pri laboratorijskih preiskavah. Dober primer za tovrstno nenevtonsko tekočino je tudi kečap, ki s pretresanjem postaja bolj tekoč in ga lažje iztisnemo na krožnik.



Slika 11: Kečap

Obstajajo tudi tekočine, pri katerih je viskoznost odvisna od trajanja sile:

- nenenewtonske tekočine, pri katerih se viskoznost povečuje, dokler nanje delujemo s silo. Ko na tekočo sladko smetano delujemo s silo, bomo dobili trdnejšo snov. Kompaktnost sladke smetane je odvisna od časa delovanja sile;



Slika 12: Sladka smetana

- nenenewtonske tekočine, pri katerih viskoznost pada, če nanje dlje časa delujemo s silo (na primer stenska barva). Ko začnemo mešati stensko barvo, je viskoznost barve višja, čim dlje mešamo, bolj tekoča postaja barva in jo zato lažje nanesemo na stene.



Slika 13: Stenska barva

Posebna vrsta so tudi visoko plastične tekočine. Njihova značilnost je, da obstaja mejna sila, da lahko tekočina začne teči, zato je treba majonezo in zobno pasto iz tube iztisniti.



Slika 14: Zobna pasta

3 EKSPERIMENTALNI DEL

2.10 Prvi eksperiment

Pri prvem eksperimentu sem preverjala dve hipotezi.

HIPOTEZA 1: Izbrane nenevtonske tekočine spremenijo viskoznost, če nanje delujemo s silo.

HIPOTEZA 3: Obnašanje izbranih nenevtonskih tekočin je odvisno od hitrosti mešanja.



Slika 15: Postavitev eksperimenta

Za ta eksperiment sem vsako tekočino prelila v ozko, visoko stekleno čašo in nato nanje delovala z električnim vrtalnikom, v katerega sem vstavila daljšo stekleno paličico. Stekleno paličico sem potopila v izbrano tekočino in z vrtalnikom postopoma povečevala hitrost vrtenja ter pri tem opazovala obnašanje snovi.

Za opazovanje sem si izbrala naslednje tekočine:

- mešanico škroba in vode,
- nestepeno sladko smetano,
- šampon za lase,
- barvo za beljenje sten.

3.1.1 Mešanica škroba in vode

Z vrtnikom sem najprej delovala na mešanico škroba in vode. Ob počasnem mešanju v snovi ni bilo vidnih sprememb; snov je ostala tekoča. Ko sem hitrost vrtenja povečevala in vrtnik oziroma paličico med vrtenjem počasi vlekla iz čaše, sem opazila, da se snov oprijema paličice. Tik ob palici snov ni bila več povsem tekoča, ampak trdna. Snov je torej spremenila viskoznost. Da je eksperiment uspel, sem morala poiskati ravno pravo razmerje med škrobom in vodo. Dokler je bila mešanica preveč tekoča, se je tekočina slabše oprijemala palice ali pa sploh ne, medtem ko se v pregosti mešanici snovi ni dalo mešati, ker je prehitro postala trdna.



Slika 16: Zaradi hitrosti vrtenja tekočina okoli palice spremeni viskoznost

V primeru mešanice škroba in vode sem **obe hipotezi potrdila**.

3.1.2 Sladka smetana

Ob počasnem mešanju še ne stepene sladke smetane z vrtalnikom v snovi ni bilo sprememb; snov je ostala tekoča. Tudi ko sem paličico poskušala izvleči iz smetane ob povečani hitrosti vrtenja, v sami tekočini še dolgo ni bilo opaznih sprememb. Šele po določenem času, ko je bila smetana malce premešana oziroma zgoščena (a še vedno tekoča), se je tudi ta začela oprijemati palice, a bistveno manj kot mešanica škroba in vode. Torej se je tudi viskoznost sladke smetane tik ob palici povečala.



Slika 17: Smetana na palici spremeni viskoznost

V primeru nestepene sladke smetane sem **obe hipotezi potrdila**. Pri tej snovi je do spremembe preteklo precej več časa kot pri prvi.

3.1.3 Šampon za lase

Ob počasnem mešanju šampona z vrtnikom v snovi ni bilo vidnih sprememb; ostal je tekoč. Ko sem hitrost vrtenja povečevala in vrtnik oziroma paličico med vrtenjem počasi vlekla iz tekočine, sem opazila, da se snov oprijema paličice. Tudi v primeru šampona oprijemanje ni bilo tako izrazito kot pri mešanici škroba in vode, vendar lepše opazno kot pri mešanju sladke smetane. Šampon je na mestu, kjer sem delovala z vrtnikom, prav tako spremenil viskoznost.



Slika 18: Šampon na stekleni paličici

V primeru šampona za lase sem **obe hipotezi potrdila**.

3.1.4 Barva za beljenje sten

Eksperiment smo izvedli v vedru z barvo, saj smo pazili na čistočo. Ob počasnem mešanju barve z vrtnikom v snovi ni bilo vidnih sprememb; barva je ostala tekoča. Ko sem hitrost vrtenja povečevala in vrtnik oziroma paličico med vrtenjem počasi vlekla iz tekočine, se je snov oprijemala paličice. Barva se je palice oprijemala slabše od mešanice škroba in vode, vendar boljše od šampona ali smetane. Na mestu, kjer sem na barvo delovala z vrtnikom, je snov tudi v tem primeru spremenila viskoznost.



Slika 19: Na vrhu steklene palice vrtalnika v počasnem posnetku opazimo »palčko«

V primeru barve za beljenje sem **obe hipotezi potrdila.**

3.2 Drugi eksperiment

Drugi eksperiment je bil zasnovan tako, da sem lahko hkrati preverjala vse tri zastavljene hipoteze.

HIPOTEZA 1: Izbrane nelinearne tekočine spremenijo viskoznost, če nanje delujemo s silo.

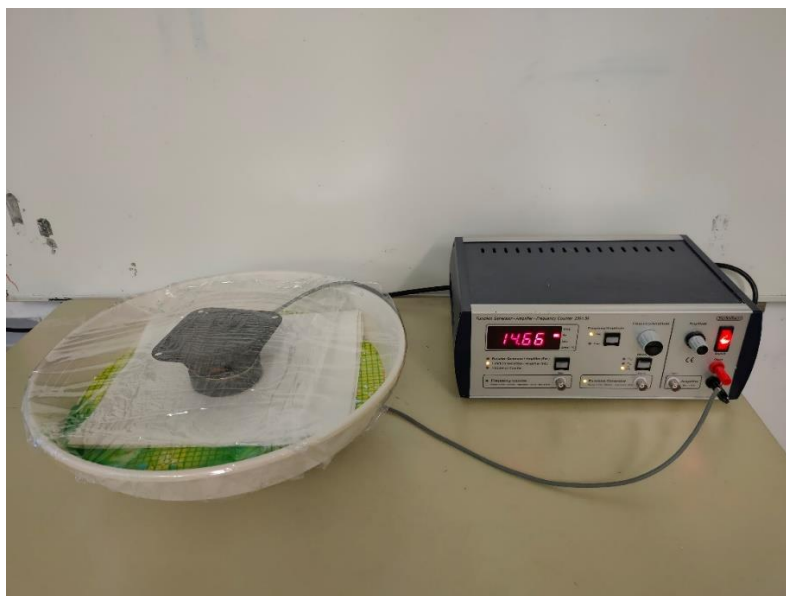
HIPOTEZA 2: Izbrane nelinearne tekočine lahko spremenijo viskoznost, če nanje delujemo s prečnim valovanjem.

HIPOTEZA 3: Obnašanje izbranih nelinearnih tekočin je odvisno od hitrosti mešanja.

Za ta eksperiment sem frekvenčni generator povezala z zvočnikom. Da zvočnika med izvedbo poskusa ne bi zapacala ali kako drugače uničila, sem ga prekrila s folijo za živila in postavila v širšo posodo. Vsako od tekočin sem nato prelila na zvočnik ter opazovala, kako se je izbrana snov odzivala tako na spreminjanje frekvence kot tudi na amplitude nihanja zvočnika.

Za opazovanje sem si izbrala naslednje tekočine:

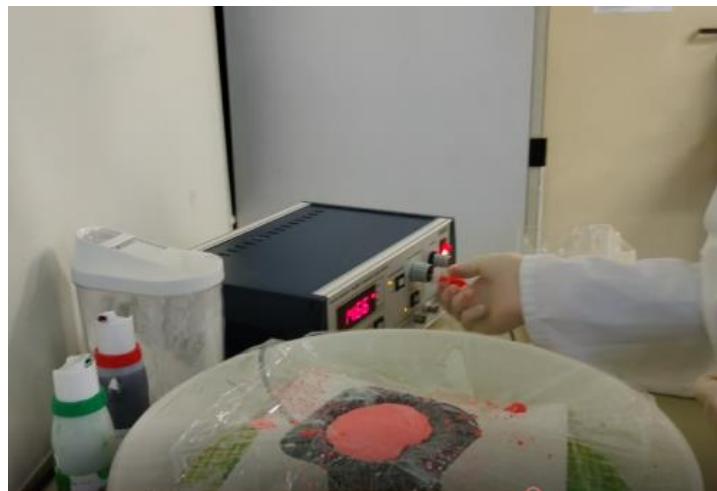
- mešanico škroba in vode,
- nestepeno sladko smetano,
- šampon za lase,
- barvo za beljenje sten.



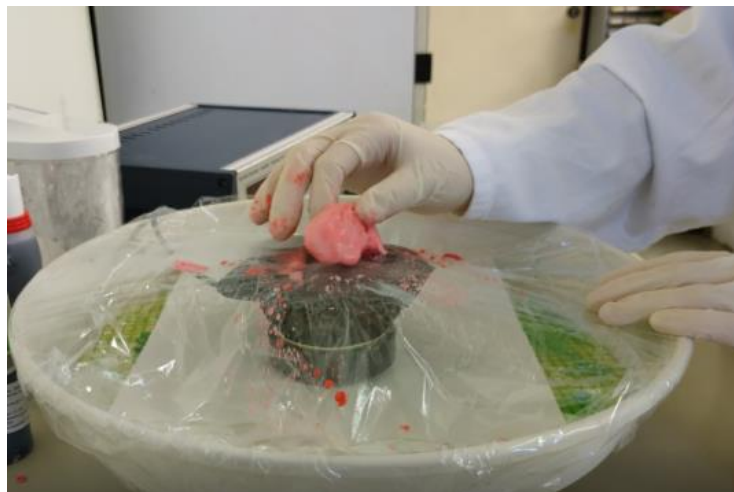
Slika 20: Frekvenčni generator in zvočnik

3.2.1 Mešanica škroba in vode

Mešanica škroba in vode (z dodatkom jedilne barve za boljši kontrast) je sprva povsem tekoča. Ko nanjo delujem s prečnim valovanjem, se spremeni njena viskoznost. Eksperiment s to mešanico je najbolje uspel pri frekvenci 14,66 Hz. Pri povečevanju amplitude se je tekočina na določenih predelih začela strjevati in dvigovati, pri maksimalni amplitudi pa je snov poskakovala po foliji, zvočniku kot žogica. Ob zmanjševanju amplitude se je tudi snov umirjala ter ob minimalni amplitudi spremenila svojo obliko nazaj v tekočo.



Slika 21: Mešanica škroba in vode na nedelujočem zvočniku



Slika 22: Mešanica škroba in vode na delujočem zvočniku

V primeru mešanice škroba, vode in jedilne barve sem **vse tri hipoteze potrdila.**

3.2.2 Sladka smetana

Sladka smetana je na začetku, ko jo zlijemo na zvočnik, popolnoma tekoča. Sprva se je ob spreminjanju frekvence in amplitude zdelo, da se obnaša kot običajna newtonska tekočina. Šele kasneje, ko sem jo nekaj časa pustila nihati na zvočniku, da se je malce zgostila, sem lahko opazila podobno obnašanje tekočine kot pri mešanici škroba in vode, a bistveno manj izrazito. Eksperiment je najbolje uspel pri frekvenci 44,04 Hz. Ob povečevanju amplitude sem lahko opazila, da se tudi sladka smetana na določenih predelih rahlo strjuje in dviguje v stolpcih ter nato pada nazaj, vendar se tudi pri maksimalni amplitudi ni oblikovala in poskakovala tako kot mešanica škroba in vode. Dlje ko sem na smetano delovala s prečnim valovanjem, bolj sta se njena viskoznost in gostota spreminjali, postajala je trdnejša, dokler na koncu ni dobila teksture stepene smetane.



Slika 23: Smetana na zvočniku: nestepena in stepena

V primeru sladke smetane sem vse **tri hipoteze potrdila**.

3.2.3 Šampon za lase

Šampon je na začetku, ko ga zlijemo na zvočnik, popolnoma tekoč. Za razliko od sladke smetane pri šamponu, ne glede na spreminjanje frekvence in amplitude nihanja zvočnika, nisem zaznala vidnih sprememb. Obnašanje snovi se je najlepše videlo na upočasnjem posnetku, posnetim s telefonom. V posnetku lahko vidimo, da tekočina na robovih malce zatrdi in se ob padcu na folijo oziroma zvočnik prožno odbije nazaj v zrak.

V primeru šampona sem vse **tri hipoteze potrdila**, vendar je sprememba viskoznosti zelo majhna.

3.2.4 Barva za beljenje sten

Barva za beljenje sten je bila kot vse ostale tekočine pred njo na začetku povsem tekoča. Izkazalo se je, da se tudi v tem primeru (podobno kot pri šamponu) ne glede na izbrano frekvenco in amplitudo nihanja zvočnika struktura snovi ni vidno spreminjala. Barve nikakor nisem uspela pripraviti do izrazito podobnega gibanja kot pri mešanici s škrobom in vodo. Šele na upočasnjem posnetku, posnetim s telefonom, sem videla, da tudi barva oblikuje zatrdle stolpce, ki se dvigujejo in padajo, vendar bistveno manj izrazito kot pri mešanici škroba in vode.

V primeru barve za beljenje sten sem vse **tri hipoteze potrdila**.

Spodnja tabela prikazuje frekvence, pri katerih sem opazila največje spremembe.

SNOV	FREKVENCA
Mešanica škroba in vode	14,66 Hz
Sladka smetana	44,04 Hz
Stenska barva	-----
Šampon	-----

Tabela 2: Frekvence, pri katerih so tekočine najodzivnejše

3.3 Tretji eksperiment

Pri tretjem eksperimentu sem preverjala naslednjo hipotezo:

HIPOTEZA 1: Izbrane nenevtonske tekočine spremenijo viskoznost, če nanje delujemo s silo.

V opazovane tekočine sem vsakokrat z enake višine (10 cm) spuščala kovinsko kroglico in tako še dodatno preverila odzivanje vseh izbranih nenevtonskih tekočin, ko nanje delujemo s silo. Spuščanje kroglice sem izbrala, saj je bolj nadzorovano kot na primer povzročanje sile s prstom. Ta eksperiment se od prvega razlikuje v tem, da je delovanje sile časovno zelo omejeno.

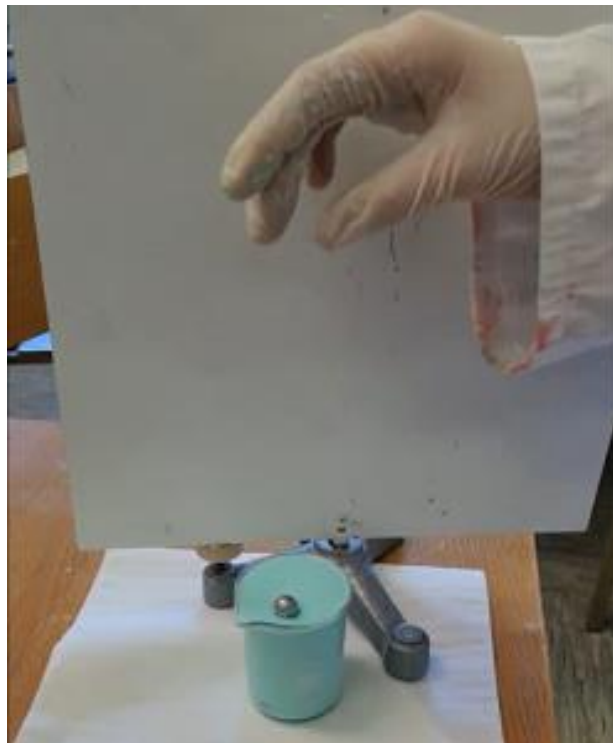


Slika 24: Postavitev eksperimenta

Obnašanje tekočin je bilo najlažje spremljati na počasnem posnetku, posnetim s telefonom.

3.3.1 Mešanica škroba in vode

Kroglico sem z višine 10 cm nad gladino najprej spustila v mešanico škroba in vode. Na posnetku se je lepo videlo, kako se je kroglica ob trku s tekočino na gladini najprej ustavila ter šele nato potopila. Ob trku kroglice se je zaradi sile kroglice mešanica škroba in vode spremenila iz tekočega v trdno stanje, nato pa postopoma prešla nazaj v tekoče in "pogoltnila" kroglico. Na posnetku lahko prav tako vidimo, da tekočina ob trku kroglice ne pljuskne.



Slika 25: Na mešanici škroba in vode kroglica obstane

V primeru mešanice škroba in vode **sem hipotezo potrdila.**

3.3.2 Sladka smetana

Ko sem kovinsko kroglico z višine 10 cm spustila v sladko smetano, sem ugotovila, da je kroglica takoj potonila na dno čaše. Smetana se je torej v tem primeru obnašala kot kapljevina in tudi na posnetku lahko vidimo, da je kroglica potonila v tekočino s pljuskom.



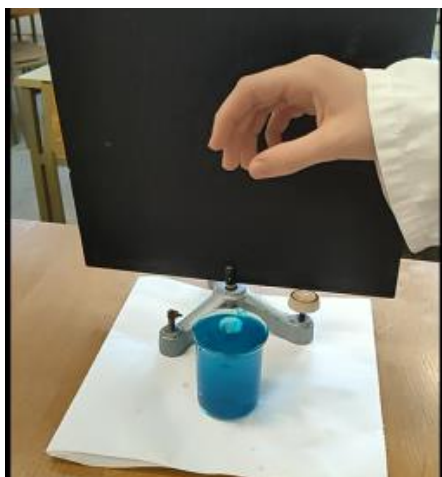
Slika 26: Smetana in pljusk; pljusk značilen za newtonske tekočine

V primeru nestepene sladke smetane **hipoteze nisem potrdila.**

3.3.3 Šampon za lase

Pri spustu kovinske kroglice v šampon z višine 10 cm sem ugotovila, da je tudi v tem primeru kroglica skoraj takoj potonila na dno, vendar brez pljuska, ki je značilen za newtonske tekočine.

V primeru šampona **hipoteze nisem potrdila.**



Slika 27: Šampon in pljuski; pljuski značilen za newtonske tekočine

3.3.4 Barva za beljenje sten

Ko sem kovinsko kroglico z višine 10 cm spustila v barvo za beljenje, sem opazila, da kroglica tone počasneje kot pri šamponu in sladki smetani, a vseeno hitreje kot pri mešanici škroba in vode. Tudi tu ne opazimo pljuska, ki je značilen za newtonske tekočine.



Slika 28: Kroglica v barvo pade brez pljuska, toda na površini se ne obdrži

V primeru barve za beljenje sten **hipoteze nisem potrdila.**

4 RAZPRAVA

4.1. Prvi eksperiment

S prvim eksperimentom sem v celoti **potrdila hipotezo 1**. Vse opazovane tekočine so na mestu, kjer sem nanje delovala z vrtalnikom, spremenile oziroma povečale viskoznost. Če so bile na začetku povsem tekoče, so na mestu tik ob vrteči se paličici postale trdne.

Hkrati sem v celoti **potrdila tudi hipotezo 3**. Bolj ko sem povečevala hitrost vrtenja oziroma mešanja, bolj se je ob paličici spreminjala viskoznost opazovanih tekočin, medtem ko pri počasnem vrtenju ni bilo sprememb.

4.2 Drugi eksperiment

Glede na rezultate eksperimenta lahko zaključim, da sem v **celoti potrdila vse hipoteze**.

Pri vseh opazovanih tekočinah je bilo mogoče opaziti, da so spremenile viskoznost, ko sem nanje prečno delovala s silo. Ko sem določila frekvenco, kjer je bila izbrana tekočina najaktivnejša, sem spreminjala samo še amplitudo nihanja zvočnika. V vseh primerih je bila snov sprva v tekočem stanju, pri povečevanju amplitude pa je tekočina ali le posamezni delčki tekočin zatrdela in "plesala" po zvočniku. Vsak dvignjen delček snovi, ki je izgubil stik z zvočnikom, se je spremenil iz trdnega v tekoče stanje in padel kot kapljica na zvočnik. Ko se je tekočina spet dotaknila zvočnika, ga je prečno valovanje ponovno spravilo v trdno stanje in odbilo v zrak. Z zmanjševanjem amplitude se je tekočina umirjala in prehajala nazaj v povsem tekoče stanje. Ko sem pri opazovani tekočini na frekvenčnem generatorju nastavila prenizko frekvenco, počasno gibanje, se je opazovana tekočina obnašala kot običajna tekočina. Če sem na frekvenčnem generatorju nastavila preveliko frekvenco nihanja, izredno hitro gibanje, pa je opazovana snov povsem zatrdela in ni "poplesavala".

4.3 Tretji eksperiment

Glede na rezultate eksperimenta lahko zaključim, da sem hipotezo **zgolj delno potrdila**. Le pri mešanici škroba in vode se je lepo videlo, kako se je tekočina na predelu, kamor je priletela kroglica, strdila, in jo, preden je potonila, malce zaustavila. Pri šamponu za lase in barvi za beljenje tega učinka ni bilo. Žogica je takoj potonila, a brez pljuska, ki je značilen za newtonske tekočine. Pri smetani pa je bil prisoten tudi pljusk.

5 ZAKLJUČEK

Pri delu sem se zelo zabavala in se naučila veliko novega. Odkrila sem, da je eksperimentalna fizika zelo zanimiva. Izkazalo se je, da so rezultati mojega eksperimentalnega dela primerljivi z že znanimi podatki, čeprav nikjer še nisem zasledila eksperimenta, kjer bi s prečnim valovanjem na zvočniku lahko stepli sladko smetano.

Svet, ki nas obkroža, je poln zanimivih pojavov, ki jih znanost, kot je fizika, odkriva in pojasni.

Videla sem, kako veliko in pomembno vlogo v znanosti igra tehnologija, saj bi brez počasnih posnetkov in možnosti za ponovni ogled rezultata lahko naredila napačne sklepe.

Najbolj so mi bili všeč eksperimenti z mešanico škroba in vode, ker je ta zmes zelo zanimiva, nepredvidljiva in zabavna. Ker jo z lahkoto sami naredimo doma, bi priporočala prav vsakemu, da jo pripravi in eksperimentira.



Slika 29: V laboratoriju Pedagoške fakultete v Ljubljani

6 VIRI IN LITERATURA

Paar V., Hrlec A., Sambolek M. (2020). Fizika oko nas 3. Zagreb: Školjska knjiga.

Bek N., Dvojković K., Tuškan T. (2021). Fizika za 1. razred srednje škole. Mreža Carnet.

Žigon S., Pintarič M., Jagodic M. (2020). Fizika 8. Ljubljana: Mladinska knjiga Založba.

Žigon S., Pintarič M., Jagodic M. (2021). Fizika 9. Ljubljana: Mladinska knjiga Založba.

SPLETNI VIRI

Isaac Newton.

https://sl.wikipedia.org/wiki/Isaac_Newton (pridobljeno 14. 12. 2021)

Isaac Newton.

<https://www.britannica.com/biography/Isaac-Newton> (pridobljeno 14. 12. 2021)

Newtonska tekočina.

https://sl.wikipedia.org/wiki/Newtonska_teko%C4%8Dina (pridobljeno 14. 12. 2021)

Kri – newtonska tekočina.

<http://www-f1.ijs.si/~rudi/sola/nnt.pdf> (pridobljeno 15. 12. 2021)

Tekočine.

<https://dokumen.tips/documents/mehanika-fluida-skripta-statika.html> (pridobljeno 15. 12. 2021)

Poskusi pri naravoslovju.

<http://pefprints.pef.uni-lj.si/4663/1/Tkalec.pdf> (pridobljeno 14. 12. 2021)

Zakoni gibanja.

https://sl.wikipedia.org/wiki/Newtonovi_zakoni_gibanja (pridobljeno 24. 2. 2022)

Lastnosti tekočin.

<https://edutorij.e-skole.hr/share/proxy/alfresco-noauth/edutorij/api/proxy-guest/86f1fc06-2ff6-4615-ad1b-dbaa72f50497/kemija-2/m02/j01/index.html> (pridobljeno 25. 2. 2022)

Struktura tekočin.

<https://kocke.gzs.si/pripone/KoCKE%20Reologija%20modul%201.pdf> (pridobljeno 2. 3. 2022)

VIRI SLIK

<https://dokumen.tips/documents/mehanika-fluida-skripta-statika.html> (pridobljeno 15. 12. 2021)

<https://hr.wikipedia.org/wiki/Viskoznost> (pridobljeno 25. 2. 2022)

<https://kocke.gzs.si/pripone/KoCKE%20Reologija%20modul%201.pdf> (pridobljeno 2. 3. 2022)

https://www.123rf.com/photo_139717738_science-experiment-heterogeneous-mixture-of-water-and-sand.html (pridobljeno 2. 3. 2022)

https://sl.wikipedia.org/wiki/Isaac_Newton (pridobljeno 14. 12. 2021)

VIRI TABEL

<https://sl.lifehackk.com/26-table-of-densities-of-common-substances-603976-4600>
(pridobljeno 8. 3. 2022)