

RAZISKOVALNA NALOGA

JE TRDNO RES TRDNO?

FIZIKA IN ASTRONOMIJA

Ljubljana, april 2021



Osnovna šola dr. Vita Kraigherja, Trg 9. maja 1, 1000 Ljubljana

RAZISKOVALNA NALOGA

JE TRDNO RES TRDNO?

FIZIKA IN ASTRONOMIJA

MENTORICA:

Marisol Lango Kastelic

AVTORICI:

Anelija Perše, 8. b; Frančeska Perše, 8. b

Ljubljana, april 2021

KAZALO

1. UVOD	9
1.1 OPIS PROBLEMA – MOTIVACIJA	9
1.2 HIPOTEZE	9
2. TEORETIČNI DEL.....	10
2.1 AGREGATNA STANJA.....	10
2.1.1 TEKOČINE	10
2.1.2 TRDNE SNOVI	11
2.1.3 FAZNI DIAGRAMI.....	12
2.2 LASTNOSTI TEKOČIN	14
2.2.1 VISKOZNOST TEKOČINE	14
2.2.2 GOSTOTA TEKOČINE.....	15
2.3 LASTNOSTI TRDNIH SNOVI.....	16
2.3.1 GOSTOTA TRDNIH SNOVI.....	16
2.3.2 DEFORMACIJA	16
3. EKSPERIMENTALNI DEL.....	19
3.1 IZBRANI MATERIALI	19
3.2 UPORABLJENI PRIPOMOČKI	20
3.3 EKSPERIMENTALNE METODE	21
3.1.1 EKSPERIMENT TOKA TEKOČIN.....	21
3.1.2 EKSPERIMENT DEFORMACIJE TRDNIH MATERIALOV	21
3.1.3 DOLOČITEV VISKOZNOSTI TEKOČIN Z ROTACIJSKIM REOMETROM	22
4. REZULTATI IN RAZPRAVA	24
4.1 TOK TEKOČIN.....	24
4.2 VISKOZNOST TEKOČIN	27
4.2 DEFORMACIJA TRDNIH SNOVI.....	28
4.2 KOMPLEKSNI MATERIALI	30
5. ZAKLJUČKI	34
6. VIRI IN LITERATURA.....	36

KAZALO SLIK

Slika 1: Primer tekočine (Vir [1]).	10
Slika 2: Primer trdne snovi - diamant (Vir: [7])	11
Slika 3: Primer faznega diagrama za vodo (Vir: [9])	12
Slika 4: Zobna pasta na zobni ščetki (Vir: lastni arhiv)	13
Slika 5: Tok medu - topel med teče hitreje kot hladen (Vir: [12])	14
Slika 6: Hookov zakon vzmeti (Vir: [17])	17
Slika 7: Primer vijačne vzmeti (Vir: [20])	18
Slika 8: Uporabljeni pripomočki: merilna posodica (levo), kuhinjska tehtnica (v sredini) in pomično ravnilo (desno)	20
Slika 9: Domača naprava za določanje toka tekočin	21
Slika 10: Domača naprava za opazovanje deformacije trdnih materialov	22
Slika 11: Reometer MCR 302 (Anton Paar) za določanje viskoznosti izbranih tekočin (Vir: [21])	22
Slika 12: Senzorski sistem stožec-plošča, ki je bil uporabljen za merjenje viskoznosti izbranih tekočin (Vir:[22])	23
Slika 13: Hitrost toka vode, olje, detergenta in jagodnega soka iz kozarčkov z različnimi odprtinami	24
Slika 14: Grafični prikaz hitrosti toka izbranih tekočin v odvisnosti od premera odprtine v kozarčkih	25
Slika 15: Viskoznost v odvisnosti od strižne hitrosti vseh izbranih tekočin	27
Slika 16: Višina povesa pri različnih trdnih materialih pod vplivom ene uteži (levo) in zlom lesene palice pod vplivom štirih uteži (desno)	29
Slika 17: Odvisnost mase uteži od povesa za izbrane trdne materiale	30
Slika 18: Trdne kroglice Inteligentnega plastelina v kozarčkih z odprtinami različnih premerov	31
Slika 19: Tok Inteligentnega plastelina po 15 minutah mirovanja kroglic v kozarčkih z odprtinami različnih premerov	31
Slika 20: Tok raztopine škroba v kozarčkih z odprtinami različnih premerov	32
Slika 21: Izdelava trdne kroglice raztopine škroba pod vplivom hitrega obremenjevanja (levo) in tok raztopine škroba pri mirovanju (desno)	32

KAZALO TABEL

Tabela 1: Debelina izbranih trdnih materialov	20
Tabela 2: Čas toka izbranih tekočin iz kozarca z odprtinami različnih premerov ..	25
Tabela 3: Določitev gostote posamezne uporabljene tekočine.....	26
Tabela 4: Masa dodanih uteži in višina povesa pri določanju lastnosti trdnih snovi	29

POVZETEK

V šoli se učimo, da snovi spreminjajo svoje agregatno stanje glede na temperaturo in tlak. Pri uporabi nekaterih materialov pa pogosto ugotovimo, da se lahko pri konstantni temperaturi hkrati vedejo kot tekočine in kot trdne snovi. Različni materiali se med seboj razlikujejo ne samo po videzu, obliki, agregatnem stanju, ampak pogosto tudi po tem, kaj se z njimi zgodi, če jih na primer gnetemo, mešamo, raztegujemo, nanje obesimo uteži ali pa preprosto pustimo mirovati.

Raziskovalna naloga predstavlja lastnosti tekočin in trdnih snovi ter vedenje nekaterih materialov, ko jih obremenjujemo oziroma, ko jih pustimo mirovati. V ta namen so bili opravljeni eksperimenti, ki so prikazali tok različnih tekočin in deformacijo nekaterih trdnih materialov pod vplivom sile. Za namen raziskave so bile uporabljene tekočine iz domače kuhinje: voda, jedilno olje, detergent in jagodni sok. Za trdne materiale so bile izbrane palice s podobnim premerom, ki so bile izdelane iz različnih materialov. To so bile lesena in plastična palica, žica za spajkanje in igla za pletenje. Poleg omenjenih snovi je bilo nekaj testov narejenih tudi s pomočjo raztopine škroba in Inteligentnega plastelina.

Rezultati naloge so pokazali, da imajo materiali raznovrstne lastnosti in da so lahko nekateri materiali pri isti temperaturi tako trdni kot tudi tekoči. Vedenje materialov in njihovo agregatno stanje sta odvisna od temperature in tlaka, pri mnogih materialih pa tudi od sil, ki delujejo na material. Viskoznost tekočin se lahko spreminja tudi v odvisnosti od hitrosti obremenjevanja, vedenje trdnih snovi pa je odvisno od vrste materiala, velikosti in časa obremenitve.

KLJUČNE BESEDE

Tekočine, trdne snovi, viskoznost, gostota, deformacija

ZAHVALA

Za sodelovanje bi se radi zahvalili dr. Mohorju Mihelčiču iz Laboratorija za eksperimentalno mehaniko Fakultete za strojništvo, Univerze v Ljubljani, ki nama je pomagal pri meritvah viskoznosti izbranih tekočin in nama predstavil reometer in postopek meritev. Posebna zahvala gre mentorici Marisol Lango Kastelic, ki nama je ves čas stala ob strani, kazala pravo pot ter naju ves čas nesebično vzpodbujala in usmerjala.

1. UVOD

1.1 OPIS PROBLEMA – MOTIVACIJA

Sva sestri dvojčici in že od malih nog sva se igrali z različnimi materiali, ki so nama nadomeščali igrače. Ko sva se z neko igračo udarili, sva ugotovili, da so nekatere snovi trde, medtem ko so bile druge igrače bolj mehke in sva se z njimi lahko tolažile. Vedno je bila zanimiva tudi igra s tekočinami, ki sva jih na različne načine pretakali, pri tem pa z nastalim rezultatom pogosto povzročali staršem sive lase.

V četrtem razredu smo pri uri naravoslovja gledali filmček o agregatnih stanjih, v katerem je bil prikazan tudi bazen škroba, čez katerega so lahko ljudje tekli; če pa so hoteli čez bazen počasi, so se takoj pogrezni v raztopino. Kako je mogoče, da lahko po taki snovi hodimo, torej se obnaša kot trdna snov, če pa je v osnovi to tekočina?

Podobna misel se nama je ponovno pojavila, ko smo z družino obiskali razstavo človeških teles. Tam so nama starši kupili inteligentni plastelin. Če sva iz plastelina na hitro oblikovali geometrijsko telo, npr. kroglico, je le-ta nekaj časa obdržala svojo obliko in se obnašala kot trdno telo. Nato sva na kroglico pozabili, ko pa sva se vrnil, kroglice ni bilo več, nastala je luža plastelina. Plastelin je po določenem času zavzel obliko posode in se obnašal kot tekočina. Pri tem sva se spomnili na posnetek s škrobom in razmišljali, ali se vsi materiali pri veliki obremenitvi vedejo kot trdne snovi, pri majhnih obremenitvah pa se obnašajo kot tekočine. Vedno bolj naju je zanimalo, kakšni materiali so to in zakaj do takih pojavov pride.

1.2 HIPOTEZE

- Gostejše tekočine tečejo počasneje.
- Trdne snovi se pri enaki obremenitvi obnašajo elastično, plastično ali pa se zlomijo.
- Nekatere snovi se lahko pri konstantni temperaturi hkrati vedejo kot tekočine in kot trdne snovi.

2. TEORETIČNI DEL

2.1 AGREGATNA STANJA

2.1.1 TEKOČINE

Že v vrtcu smo se naučili, da je za tekočine (slika 1) značilno, da se prilagajajo obliki posode in da jih lahko pretakamo. V višjih razredih osnovne šole pa spoznamo, da se molekule v tekočini gibljejo prosto po prostoru, ki ga imajo na voljo. Pri višji temperaturi se molekule gibljejo hitreje kot pri nižjih.



Slika 1: Primer tekočine (Vir [1]).

Da bi si razjasnili razliko med tekočinami in trdnimi snovmi, sva pregledali učbenike od četrtega do osmega razreda. V učbeniku za četrti razred osnovne šole je zapisano, da so snovi lahko v trdnem, tekočem ali plinastem stanju. Tekoča snov je tista, ki se prilagaja obliki posode [2]. V učbeniku za peti razred se omenjeni opis nadgradi z znanjem, da je lahko voda v več agregatnih stanjih. Voda iz pipe ali plastenke je v tekočem stanju. V tekoči vodi se delci vode prosto gibljejo in tekoča snov se prilagaja obliki posode [3]. V šestem razredu osnovne šole se vsemu zgoraj omenjenemu doda še, da so delci v tekočini šibko povezani, zelo blizu skupaj in se neurejeno prosto gibljejo. Tekočine imajo gladino in zavzemajo obliko posode. Voda v rekah, voda v zalivalkah za rože ali voda, ki priteče iz pipe, je kapljevinasta. Če tekočino nalijemo v kozarec, ga le-ta napolni in tvori gladino [4]. Podobno razlago najdemo tudi v učbeniku za sedmi razred: za vodo v tekočem agregatnem stanju (tekoča voda) je značilno, da so delci razporejeni tesno skupaj, med njimi ni vrzeli, po volumnu pa se prosto gibljejo [5]. Letos pa smo se v osmem razredu učili, da je za tekoče agregatno stanje značilno:

- Tekočina se prilagaja obliki posode, v kateri jo hranimo. Ima stalno prostornino, ne pa tudi oblike. Tekočino lahko prelivamo.

- Tekočina ima večjo gostoto kot plin, delci se nahajajo blizu drug drugega.
- Privlačne sile v tekočini so močnejše kot v plinastem agregatnem stanju. Delci se lahko gibljejo, vendar bistveno počasneje kot v plinastem agregatnem stanju [5].

2.1.2 TRDNE SNOVI

Osnovne lastnosti trdnih snovi (slika 2) so, da so v njih delci razporejeni tesno drug poleg drugega, trdnih snovi ne moremo pretakati, se ne prilagajajo obliki posode, ampak obdržijo svojo obliko. Tako kot tekočinam, lahko tudi trdnim snovem določimo gostoto.



Slika 2: Primer trdne snovi - diamant (Vir: [7])

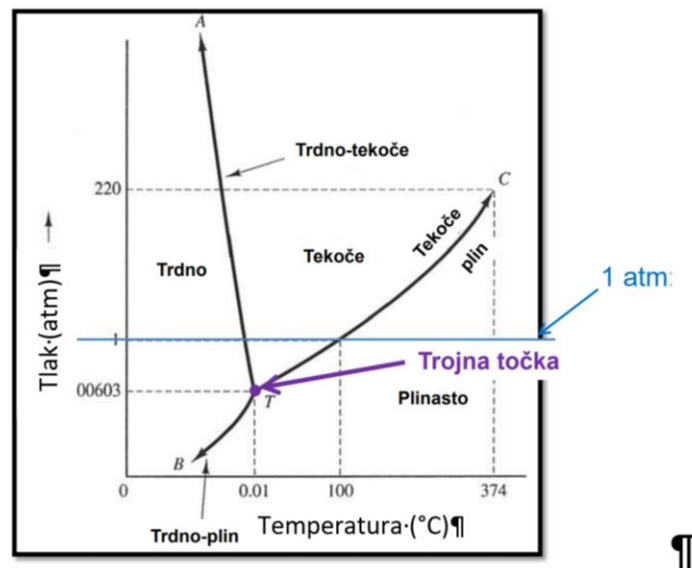
Tudi za trdne snovi sva pregledali nekaj učbenikov, v katerih sva našli definicije, ki opisujejo trdne snovi. V učbeniku za četrti razred osnovne šole za trdne snovi piše, da so to snovi, ki imajo določeno obliko [2]. V petem razredu se kot trdna snov obravnava led, za katerega piše, da je to voda v trdnem stanju. V trdni vodi so delci vode tesno skupaj in se ne gibljejo prosto po volumnu. Trdna snov se ne prilagaja obliki posode [3]. V šestem razredu je trdno agregatno stanje ali trdnina razloženo kot stanje snovi, v katerem so delci povezani, se nahajajo tesno drug poleg drugega, se ne gibljejo po volumnu, ampak le nihajo na svojem mestu. Trdnina ima lastno obliko. Vodo v trdnem agregatnem stanju imenujemo led [4]. V sedmem razredu je zgornjemu opisu dodano še, da lahko včasih pri trdnih snoveh opazimo, da so vrzeli oziroma prazni prostori med delci večji kot pri tekočini. Posledično ima taka trdna snov nižjo gostoto kot tekočina. Tak primer je led, ki zato plava na vodi, saj je njegova gostota manjša od gostote vode [5]. V letošnjem, osmem razredu, pa smo rekli, da so za trdno agregatno stanje značilne naslednje trditve:

- Trdna snov ima stalno prostornino in obliko.

- Snov ima v trdnem in tekočem agregatnem stanju pogosto podobno gostoto, delci se v trdni snovi nahajajo zelo blizu drug poleg drugega.
- Privlačne sile med delci so zelo močne, zato lahko delci nihajo le okoli svojega položaja, ne morejo pa se prosto premikati [6].

2.1.3 FAZNI DIAGRAMI

Pri ustreznih pogojih je lahko vsaka snov v treh različnih agregatnih stanjih – trdnem, tekočem in plinastem. Grafično ponazoritev različnih agregatnih stanj neke snovi imenujemo fazni diagram. Za vsako snov je torej značilen fazni diagram, ki podaja delež posameznih agregatnih stanj ter razmerje med njimi pri določenih pogojih temperature in tlaka. Primer faznega diagrama za vodo je prikazan na sliki 3.



Slika 3: Primer faznega diagrama za vodo (Vir: [9])

Faza se imenuje omejeno področje snovi, znotraj katerega so sestava, struktura, kemijske in fizikalne lastnosti povsem enake. Posamezna faza se od drugih področij loči z mejo. Kadar so zunanji pogoji, kot sta tlak in temperatura, dovolj dolgo nespremenjeni, postanejo fizikalne in kemijske lastnosti po celotnem volumnu sistema enake in se torej s časom ne spreminjajo. Pravimo, da je sistem v ravnotežju. Če pa zunanje pogoje spremenimo, lahko snov iz enega agregatnega stanja preide v drugo. Strokovno se temu reče, da ena faza preide v drugo fazo,

spremembo pa imenujemo fazni prehod. Če povzamemo, fazni diagram torej podaja fazna ravnotežja neke snovi kot funkcijo različnih pogojev, najpogosteje sta to temperatura in tlak [8, 9].

2.1.4 KOMPLEKSNI MATERIALI

Kompleksni materiali so tisti materiali, ki imajo neke posebne lastnosti. Za take materiale je značilno, da združujejo lastnosti tekočin in trdnih materialov in se torej pri določenih pogojih (vendar konstantni temperaturi in tlaku) obnašajo kot tekočina, ko pa pogoje spremenimo, se taki materiali obnašajo kot trdne snovi. V naših vsakdanjih življenjih lahko najdemo zelo veliko takih materialov. Na primer, zobna pasta (slika 4). Ko je pasta v tubi, se obnaša kot trdno telo, saj če tubo obrnemo in nanjo ne pritismo z roko, pasta ne steče iz tube. Če pa tubo s prsti stisnemo, lahko pasto lepo namažemo na zobno ščetko in pasta se torej obnaša kot tekočina. Ko je pasta nanešena na zobni ščetki, pa želimo, da se ne razleze takoj po ščetinah, zato se mora ponovno obnašati kot trdno telo.



Slika 4: Zobna pasta na zobni ščetki (Vir: lastni arhiv)

Med kompleksne materiale štejemo tudi številne materiale, ki imajo neke posebne funkcije. Imenujemo jih funkcionalni materiali, lahko pa izkazujejo razne električne, magnetne in termične lastnosti kompleksnih materialov. Med take materiale spadajo na primer posebna sončna očala, ki pod vplivom sončne svetlobe spremenijo barvo. To pomeni, da se na soncu obarvajo v temno barvo in zaščitijo naše oči pred nevarnimi sončnimi žarki, ko pa pridemo v prostor, se leča razbarva in omogoča jasen vid. Taki lastnosti pravimo fotokromna lastnost, saj se pod vplivom svetlobe (foto – nanašajoč se na svetlobo) [10] spremeni barva (grško »kroma«).

2.2 LASTNOSTI TEKOČIN

2.2.1 VISKOZNOST TEKOČINE

Viskoznost je lastnost, od katere je odvisna hitrost pretakanja tekočin. Tekočina, ki se počasneje pretaka in težje meša, ima višjo viskoznost, medtem ko ima tekočina, ki se pretaka hitreje in se lažje meša, nižjo viskoznost. Viskoznost je odvisna od temperature, in sicer se večini snovi pri povišani temperaturi viskoznost zmanjša [11]. To lahko hitro opazimo na primer pri medu (slika 5), saj teče topel med hitreje kot hladen, kar pomeni, da ima pri povišani temperaturi nižjo viskoznost.



Slika 5: Tok medu - topel med teče hitreje kot hladen (Vir: [12])

Viskoznost je torej lastnost tekočin, ki povzroči, da je gibanje tekočine ovirano oziroma povzroča tudi zaviralno silo na telo, ki se giblje v viskozni tekočini. Po definiciji je viskoznost merilo upora tekočine proti napetosti, ki deluje na plasti tekočine med gibanjem in jo imenujemo strižna napetost [13].

NEWTONOV ZAKON

Isaac Newton je prvi poskusil določiti koeficient viskoznosti, kasneje pa je bila njegova teza tudi potrjena. Newton je pravilno domneval, da mora biti sila na enoto površine (F/A) sorazmerna s spremembo hitrosti na določeni razdalji, ki jo imenujemo strižna hitrost, pri čemer pa je ta sorazmernostni faktor enak viskoznosti tekočine. Prvi je tako zapisal enačbo viskoznosti (enačba (1)), ki velja za mnogo tekočin [14]:

$$F = \eta \cdot A \cdot \frac{\Delta v}{\Delta x}, \quad (1)$$

kjer je viskoznost zapisana s simbolom η , $\Delta v/\Delta x$ pa predstavlja spremembo hitrosti na določeni razdalji. Enota za viskoznost je Pa.s, pri čemer se med enotama Pa in s vedno napiše pika.

Med tekočine prištevamo kapljevine (npr. voda) in pline. Tiste tekočine, za katere velja Newtonova enačba, imenujemo Newtonske. Pri teh tekočinah je viskoznost sorazmernostni faktor med strižno napetostjo (sila na enoto površine) in strižno hitrostjo (sprememba hitrosti na določeni razdalji), odvisna pa je od temperature in tlaka. Tekočine, pri katerih strižna napetost in strižna hitrost nista premo-sorazmerni, viskoznost pa je odvisna tudi od strižnih pogojev (napetosti in hitrosti), imenujemo ne-Newtonske tekočine [14].

2.2.2 GOSTOTA TEKOČINE

Po definiciji je gostota enaka razmerju med maso in gostoto. Najbolj enostaven način za merjenje gostote tekočin je ta, da v merilni valj natočimo določeno količino tekočine in izmerimo njeno prostornino. Ta volumen tekočine v valju nato še stehtamo in iz razlike v masi merilnega valja s tekočino in praznega merilnega valja dobimo maso tekočine. S količnikom med določeno maso in izmerjenim volumnom tekočine pa izračunamo njeno gostoto.

Gostoto lahko torej zapišemo z enačbo [15]:

$$\rho = \frac{m}{V} \quad \left[\frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right], \quad (2)$$

kjer je gostota označena z grško črko ρ , njene enote pa so kg/m^3 .

Za bolj natančno merjenje gostote tekočin se uporabljajo piknometri, to so posodice z zelo natančno prostornino, pri katerih pa maso izmerimo na natančni analizni tehtnici.

Za merjenje gostote tekočin pogosto uporabljamo tudi areometre, ki delujejo na principu vzgona. Areometri so naprave, ki plavajo v tekočini in imajo na vrhnjem delu merilno območje. Bolj kot to merilno območje gleda iz tekočine, večja je gostota tekočine [15].

Tekočine imajo zelo različno gostoto. S preprostimi poskusi lahko hitro ugotovimo, katera tekočina ima večjo gostoto. Če v kozarec z vodo nalijemo olje, bo olje plavalo na vodi. Tudi če vodi dodamo različne količine olja, lahko dodajamo olje vodi ali vodo olju, lahko mešamo, segrevamo, ..., rezultat bo vedno enak – v vseh primerih bo olje plavalo na vodi in ne obratno. Vzrok takemu izidu je razlika v gostotah obeh tekočin. Olje ima manjšo gostoto kot voda [16].

2.3 LASTNOSTI TRDNIH SNOVI

2.3.1 GOSTOTA TRDNIH SNOVI

Tudi trdne snovi imajo svojo gostoto, ki je tako pri tekočinah kot pri trdnih snoveh tista lastnost, ki pove maso izbrane prostornine snovi. Tudi pri trdnih snoveh gostoto izračunamo s pomočjo enačbe (2), označimo jo z grško črko ρ , njena enota pa je kg/m^3 .

2.3.2 DEFORMACIJA

Za trdne snovi ni značilna viskoznost, trdne snovi se pod vplivom nekih zunanjih obremenitev deformirajo. Pri tem govorimo o plastični in elastični deformaciji.

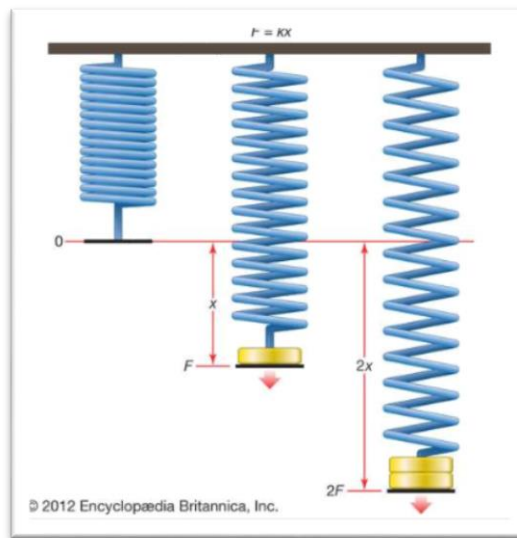
HOOKOV ZAKON

Hookov zakon, ki ga je leta 1660 postavil angleški znanstvenik Robert Hooke, navaja, da je deformacija predmeta, premik ali velikost deformacije sorazmerna sili oziroma obremenitvi, ki deluje na predmet. Po prenehanju delovanja sile se predmet vrne v prvotno obliko in velikost. Elastično obnašanje trdnih snovi po Hookovem zakonu lahko razložimo z dejstvom, da so majhne deformacije (premiki) njihovih sestavnih molekul ali atomov iz normalnih položajev sorazmerni sili, ki povzroči deformacijo. Matematično Hookov zakon določa, da je uporabljena sila F enaka konstanti k , pomnoženi z deformacijo x [17]:

$$F = k \cdot x. \quad (3)$$

V enačbi (3) predstavlja k konstanto materiala, ki pa ni odvisna samo od vrste elastičnega materiala, ki ga obravnavamo, temveč tudi od njegovih dimenzij in oblike.

Sila lahko na trdno snov deluje z raztezanjem, stiskanjem, upogibanjem ali sukanjem. Tako se kovinska žica ali vzmet po Hookovem zakonu elastično vede pri pogojih, ko se pri raztegovanju majhno povečanje njene dolžine podvoji vsakič, ko se podvoji sila (slika 6) [17].



Slika 6: Hookov zakon vzmeti (Vir: [17])

1.1.1.1 ELASTIČNA DEFORMACIJA

Sposobnost predmeta, da se povrne v prvotno obliko, ko se odstrani vpliv zunanje sile, se imenuje elastičnost. Za primer lahko vzamemo spužvo ali gumo. Obe se ob stiskanju ali raztezanju deformirata, vendar se kmalu po prenehanju delovanja sile vrneta v njuno prvotno obliko. Tak postopek je reverzibilen, deformacijo pa imenujemo elastična deformacija. Kadar govorimo o elastičnosti, pogosto mislimo, da bolj kot se predmet raztegne ali stisne, bolj elastična je snov. Vendar elastičnost ni enaka kot fleksibilnost. V fiziki ima pojem elastičnost čisto drugačen pomen. Telo je bolj elastično, če se upira sili, ki nanj deluje, po odstranjeni sili pa se hitro in popolnoma vrne nazaj v prvotno obliko [18].

1.1.1.2 PLASTIČNA DEFORMACIJA

Do plastične deformacije pride, ko so v materialu zaradi delovanja zunanjih dejavnikov (na primer sile) izpolnjeni določeni pogoji, ki omogočajo trajne premike

atomov v materialu. Pri obremenitvi v področju plastičnosti pride do premikov atomov v določenih področjih, ne da bi se zaradi tega pretrgale vezi v materialu. Pod vplivom takih sil torej še ne pride do zloma materiala. Po razbremenitvi elastični del deformacije izgine, premiki atomov pa se kažejo kot trajna deformacija. Telo se do določene mere torej trajno deformira, vendar pa se še ne zlomi ali pretrga. Več kot nek material dopušča premikov znotraj materiala, ki ne vodijo do pretrganja vezi, bolj so taki materiali gnetljivi, pravimo, da izkazujejo dobro preoblikovalnost [19].

Vzemimo primer vijačne vzmeti (slika 7). Kadar na vzmet deluje sila stiskanja ali raztegovanja, se vijačna vzmet deformira, torej se ji spremeni oblika. Če na vzmet deluje močna sila, se vzmet ne bo mogla raztegniti dlje od neke določene točke. Ko sila postane še večja, se vzmet trajno deformira in se lahko celo zlomi, če silo še naprej povečujemo. Vzmet torej ne ostane za vedno elastično deformirana, pač pa se pri določeni sili začne trajno deformirati, pri nadaljnjem povečevanju sile pa pride do loma in trajne poškodbe [18].



Slika 7: Primer vijačne vzmeti (Vir: [20])

3. EKSPERIMENTALNI DEL

Zaradi izrednih epidemioloških razmer sva morali eksperimentalni del najine raziskovalne naloge opraviti v okviru domačega okolja, zato sva uporabili materiale in pripomočke, ki sva jih našli doma. Pri izbiri trdnih materialov sva bili tako omejeni na dimenzije, ki niso bile enake, sva se pa potrudili, da so bile geometrije izbranih vzorcev podobne. Izbrali sva polne palice iz različnih materialov s podobnimi premeri.

Da bi preverili hipoteze, ki sva si jih zadali na začetku svojega raziskovanja, sva preverjali, kako se pri različnih pogojih obnašajo nekateri tekoči in trdni materiali. Izbrali sva nekaj materialov, ki so pri sobnih pogojih izkazovali vedenje tekočin in nekaj materialov, ki so pri sobni temperaturi v trdnem stanju. Ker je za tekočine značilno, da tečejo, sva pri izbranih tekočinah želeli preveriti, kako tekočine tečejo skozi različno velike odprtine, ki sva jih naredili v plastične kozarčke. Eksperiment sva poimenovali Eksperiment toka tekočin.

Za trdne snovi je značilna deformacija, zato sva pri Eksperimentu deformacije trdnih materialov izbrali nekaj trdnih materialov, ki sva jih obremenili z različno velikimi silami (več uteži) in opazovali, kako so se materiali pri tem deformirali.

3.1 IZBRANI MATERIALI

Za določevanje toka tekočin sva izbrali štiri tekočine: vodo, detergent za pomivanje posode (poimenovali sva ga detergent), jagodni sok in sončnično olje (poimenovali sva ga olje). Izbranim tekočinam sva najprej pomerili gostoto. To sva naredil tako, da sva najprej stehali prazen merilni lonček, nato pa sva v lonček do volumna 210 ml natočili izbrano tekočino in oboje še enkrat stehali. Iz razlike mas sva določili maso tekočine, ki sva jo delili z volumnom 210 ml in kot rezultat dobili gostoto izbrane tekočine.

Kot trdni materiali so bili izbrani materiali, ki sva jih našli v našem domu in so imeli približno enako obliko. Vsi izbrani materiali so bili v obliki palic s podobnim premerom, ki sva ga izmerili s pomičnim ravnilom. Izbrali sva leseno palico, plastično palico, žico za spajkanje in iglo za pletenje. Deformacija trdnih snovi je

odvisna tudi od geometrije materiala, zato bi morali za natančno primerjavo lastnosti trdnih materialov izbrati različne materiale enakih dimenzij. Ker pa sva bili pri izbiri materialov omejeni na materiale v domačem gospodinjstvu, sva izbrali tiste, ki so bili med seboj najbolj podobnih dimenzij. Vsem trdnim materialom sva izmerili premere in jih prikazali v tabeli 1.

Tabela 1: Debelina izbranih trdnih materialov

Material	Premer (mm)
Lesena palica	3,6
Plastična palica	4,0
Žica za spajkanje	2,9
Igla za pletenje	2,9

3.2 UPORABLJENI PRIPOMOČKI

Za določanje gostote izbranih tekočin sva potrebovali merilni valj in tehtnico, zato sva v domači kuhinji poiskali najbolj primerne pripomočke. Uporabili sva merilno posodico in kuhinjsko tehtnico. Za določanje debeline izbranih trdnih materialov pa sva potrebovali pomično ravnilo. Vsi uporabljeni pripomočki so prikazani na sliki 8.



Slika 8: Uporabljeni pripomočki: merilna posodica (levo), kuhinjska tehtnica (v sredini) in pomično ravnilo (desno)

3.3 EKSPERIMENTALNE METODE

3.1.1 EKSPERIMENT TOKA TEKOČIN

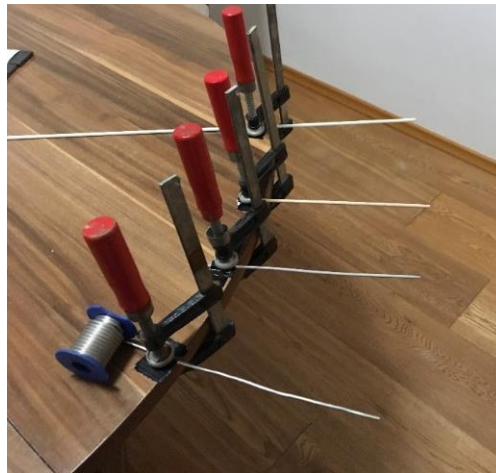
Da bi ovrgli ali potrdili hipoteze, ki sva si jih zastavili v uvodu, sva izbranim tekočinam najprej pomerili tok s pomočjo doma izdelane naprave. Oče nama je pomagal pri izdelavi stojala, v katerega sva namestili 4 kozarce. Stojalo s praznimi kozarci je prikazano na sliki 9. Vsakemu kozarcu smo s pomočjo različno debelih svedrov izvrtali odprtine z različnimi premeri. Za tekočine, ki so lažje tekle, sva uporabili odprtine s premeri 2,5 mm, 3 mm, 4 mm in 5 mm; za tiste tekočine, ki so tekle težje, sva uporabili nekoliko večje odprtine, in sicer s premeri 5 mm, 8 mm in 10 mm.



Slika 9: Domača naprava za določanje toka tekočin

3.1.2 EKSPERIMENT DEFORMACIJE TRDNIH MATERIALOV

Pri eksperimentu določevanja lastnosti trdnih snovi sva uporabili različne trdne materiale (leseno palico, plastično palico, žico za spajkanje in iglo za pletenje). Vsako posamezno palico sva s pomočjo primeža pritrdili na mizo, tako da je 18 cm vsake palice gledalo čez rob mize (slika 10). Eksperiment sva pričeli tako, da sva postopoma na vsako palico dodajali uteži, težke po 145 g. Za eksperiment sva imeli na voljo samo šest takšnih uteži, zato je bila največja možna teža dodanih uteži enaka 870 g.



Slika 10: Domača naprava za opazovanje deformacije trdnih materialov

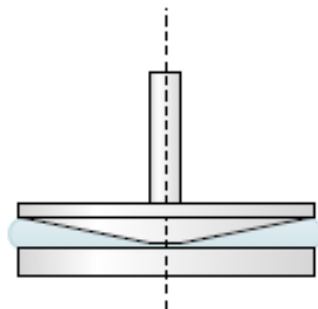
3.1.3 DOLOČITEV VISKOZNOSTI TEKOČIN Z ROTACIJSKIM REOMETROM

Izbranim tekočinam sva želeli pomeriti tudi viskoznost, zato sva se obrnili na Laboratorij za eksperimentalno mehaniko na Fakulteti za strojništvo Univerze v Ljubljani, kjer so nama prijazno priskočili na pomoč in pomerili viskoznosti vseh izbranih tekočin. Za merjenje viskoznosti so uporabili reometer MCR 302 (Anton Paar), ki je prikazan na sliki 11.



Slika 11: Reometer MCR 302 (Anton Paar) za določanje viskoznosti izbranih tekočin (Vir: [21])

Za določevanje viskoznosti izbranih tekočin je bilo potrebno izbrati ustrezen senzorski sistem. Uporabili so senzorski sistem stožca in plošče CP 50/1°, ki je prikazan na sliki 12. Premer plošče in stožca je bil 50 mm, kot zgornjega stožca pa je znašal 1°. Med meritvijo je spodnja plošča mirovala, zgornji stožec pa se je vrtel z različno hitrostjo. Viskoznosti vseh tekočin so bile določene v območju strižnih hitrosti od 3 do 3000 s⁻¹. Vse meritve so bile izvedene pri konstantni temperaturi 23°C.

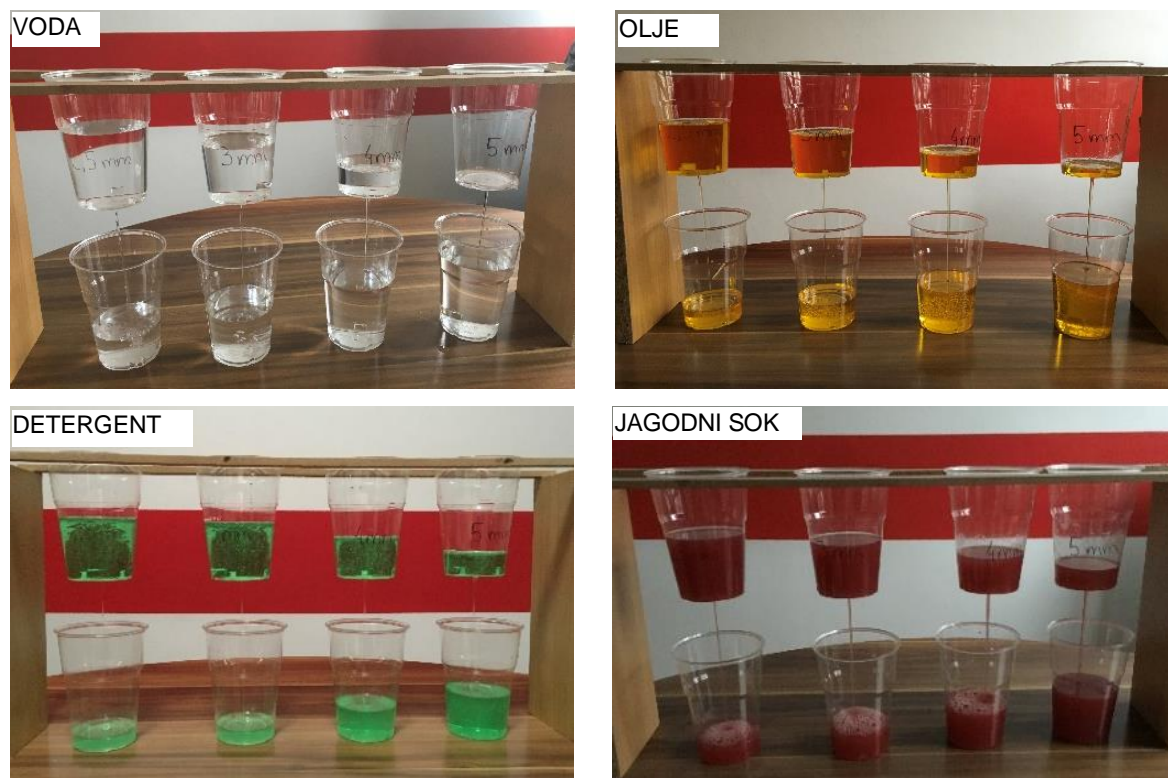


Slika 12: Senzorski sistem stožec-plošča, ki je bil uporabljen za merjenje viskoznosti izbranih tekočin (Vir:[22])

4. REZULTATI IN RAZPRAVA

4.1 TOK TEKOČIN

Lastnosti tekočin sva najprej določevali s pomočjo domačega eksperimenta. Za vsako izbrano tekočino sva uporabili 4 kozarčke z zvrtnimi odprtinami različnih premerov (2.5 mm, 3 mm, 4 mm in 5 mm). V vsak kozarec sva natočili 210 ml izbrane tekočine, odprtine pa sva pred začetkom eksperimenta pokrili s prsti. Istočasno sva odstranili prste z luknjic in pričeli z merjenjem časa, ki je bil potreben, da je posamezna tekočina iz kozarčka pretekla v spodnji kozarček. Na ta način sva določili hitrost toka vode, olja, detergenta in jagodnega soka. Tok posamezne izbrane tekočine skozi različno velike odprtine sva tudi fotografirali. Na sliki 13 so predstavljene fotografije za posamezne tekočine po določenem času trajanja eksperimenta.



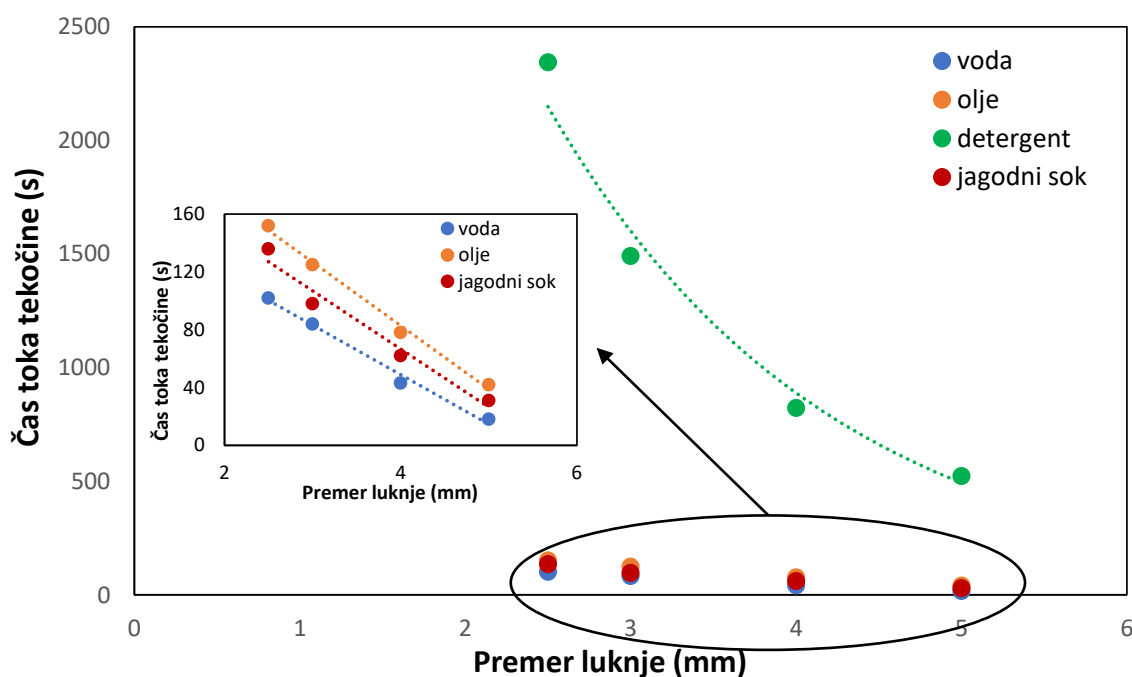
Slika 13: Hitrost toka vode, olje, detergenta in jagodnega soka iz kozarčkov z različnimi odprtinami

Kot rezultat določevanja toka tekočin sva dobili čas v odvisnosti od premera izvrtanih odprtin (tabela 2). Ugotovili sva, da je najhitreje iz vseh kozarcev pretekla voda, olje je teklo nekoliko počasneje, pri detergentu pa so bili časi toka najdaljši.

Tabela 2: Čas toka izbranih tekočin iz kozarca z odprtinami različnih premerov

D (mm)	Voda t (s)	Olje t (s)	Detergent t (s)	Jagodni sok t (s)
2.5	124	350	2344	152
3	83	258	1492	109
4	44	143	823	59
5	19	79	524	33

Dobljene rezultate sva predstavili tudi v obliki grafa odvisnosti hitrosti toka tekočine od premera odprtine v kozarčku, ki je prikazan na sliki 14.



Slika 14: Grafični prikaz hitrosti toka izbranih tekočin v odvisnosti od premera odprtine v kozarčkih

Iz slike 14 je razvidno, da so bili najdaljši časi določeni pri toku detergenta. Ker so se na skupnem grafu podatki za vodo, olje in jagodni sok skoraj prekrivali, sva narisali še graf, ki je vseboval samo rezultate teh tekočin in ga predstavili na vključku slike kot notranji graf. Posameznim točkam sva dodali še črto, s katero sva želeli

ugotoviti, kako se časi pri posamezni tekočini spreminjajo v odvisnosti od velikosti premera odprtine. Pri vseh tekočinah je čas toka z naraščajočim premerom odprtine padal. Opazili sva, da je bilo padanje časa pri vodi, olju in soku linearno, medtem ko sva pri detergentu opazili, da ta krivulja ni bila linearna, ampak se je nelinearno zniževala. To pomeni, da se lahko pri enakih pogojih tekočine drugače obnašajo.

V vsakdanjem življenju pravimo, da so snovi, ki težje tečejo, bolj goste. Tako na primer rečemo, da se med težko maže na kruh, ker je gostejši od vode. Ali je bilo to res tudi pri tekočinah, ki sva jih uporabili pri najinem eksperimentu toka tekočin? Da bi si odgovorili na to vprašanje, sva vsaki izbrani tekočini določili tudi gostoto. Za vsako tekočino sva izmerili volumen, ki sva ga nato s pomočjo kuhinjske tehtnice tudi tehtali. Ko sva tehtano maso delili z volumnom, sva dobili gostoto izbrane tekočine. Rezultati merjenja gostot so prikazani v tabeli 3.

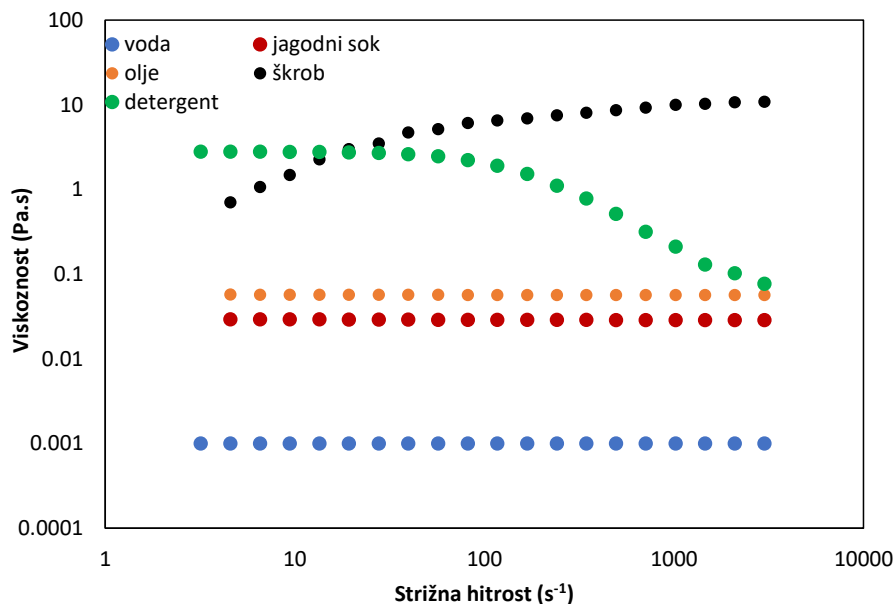
Tabela 3: Določitev gostote posamezne uporabljene tekočine

Tekočina	Masa m (mg)	Volumen V (ml)	Gostota ρ (kg/m³)
voda	210	210	1000
olje	96	120	800
detergent	55	60	917
jagodni sok	206	210	980

Iz dobljenih rezultatov sva ugotovili, da so imele skoraj vse uporabljene tekočine skoraj podobno gostoto. Iz eksperimenta sva določili, da je najpočasneje tekel detergent, ki pa ni imel najvišje gostote. Najvišjo gostoto je zanimivo imela voda, ki pa je pri eksperimentu najhitreje tekla. To pomeni, da gostota nima neposrednega vpliva na tok tekočine. Če dobro pomislimo, ima seveda olje nižjo gostoto, saj plava na vodi, vemo pa tudi, da olje počasneje teče kot voda. Tok tekočine je torej povezan z viskoznostjo in ne z gostoto. S tem sva prvo hipotezo, ki pravi »Gostejše tekočine tečejo počasneje«, zavrgli.

4.2 VISKOZNOST TEKOČIN

Da bi preverili, kako vpliva viskoznost na tok tekočine, sva želeli pomeriti tudi viskoznost. Na pomoč so nama priskočili v Laboratoriju za eksperimentalno mehaniko na Fakulteti za strojništvo (UL). Tekočinam, ki sva jih proučevali v sklopu najine raziskovalne naloge, so pomerili viskoznost pri konstantni temperaturi. Rezultati so predstavljeni na sliki 16. Viskoznost se običajno predstavlja v obliki diagrama odvisnosti viskoznosti od strižne hitrosti ali strižne napetosti. Ker se viskoznosti spreminjajo v velikem obsegu, se podatki običajno predstavijo na logaritemskih oseh. Na ta način sva na sliki 16 predstavili spreminjanje viskoznosti pri izbranih tekočinah v odvisnosti od strižne hitrosti.



Slika 15: Viskoznost v odvisnosti od strižne hitrosti vseh izbranih tekočin

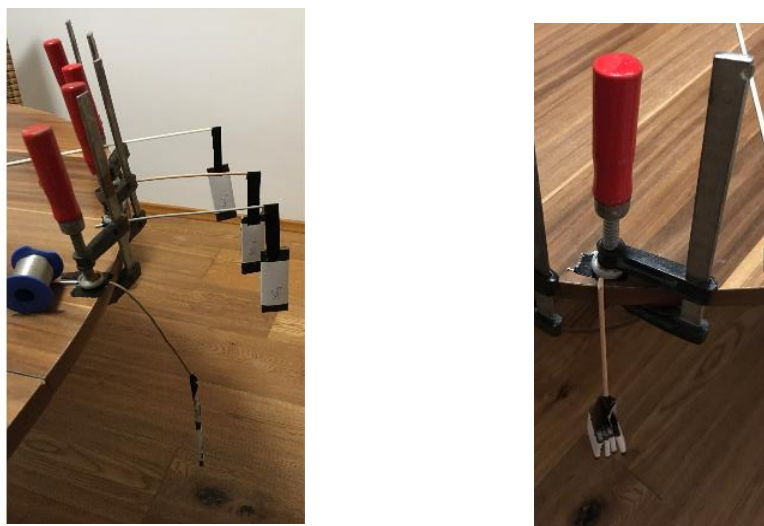
Iz slike 16 je razvidno, da je bila viskoznost pri vodi, olju in jagodnemu soku neodvisna od strižne hitrosti, zato te tekočine spadajo med Newtonske tekočine. Pri detergentu lahko opazimo, da se je viskoznost z naraščajočo strižno hitrostjo zmanjševala, medtem ko se je škrobu viskoznost v enakem območju strižnih hitrosti povečevala. Slika 16 torej prikazuje, da se lahko pri enakih pogojih, v tem primeru pri spreminjanju strižne hitrosti, tekočine različno obnašajo. Nekaterim se viskoznost ne spreminja, torej pri vseh pogojih tečejo z enakim uporom, medtem ko se drugim lahko viskoznost pri tem poveča, torej bodo pri visokih hitrostih težje tekle, spet drugim pa se bo pri večjih hitrostih viskoznost zmanjšala, torej bodo pri tem

tekle lažje. Viskoznosti pri vseh tekočinah, torej pri konstantni temperaturi, niso konstantne, ampak se spreminjajo glede na to, kako jih obremenjujemo. Pri takih tekočinah viskoznosti ne moremo določiti, če ne poznamo pogojev, pri katerih se tekočina uporablja. Ker pri toku detergenta iz kozarčkov nisva poznali strižne hitrosti oziroma strižne napetosti, viskoznost detergenta pa je bila odvisna od teh dveh parametrov, viskoznosti te tekočine nisva mogli določiti.

Lahko pa sva iz slike 16 določili viskoznost vode, olja in jagodnega soka, saj je bila pri teh tekočinah viskoznost neodvisna od strižnih pogojev. Za vodo je bila določena viskoznost 10^{-3} Pa.s, za olje 0.056 Pa.s, za jagodni sok pa 0.029 Pa.s. Če dobljene vrednosti viskoznosti povežemo s tokom teh tekočin, ki smo ga določili z enostavnim domačim testom (slika 13, tabela 2) lahko ugotovimo, da je viskoznost povezana s tokom tekočine. Med omenjenimi tremi tekočinami je bila najvišja viskoznost določena pri olju, ki je tudi najpočasneje teklo, medtem ko je bila viskoznost vode najnižja, njen tok iz kozarčkov pa je bil pri vseh odprtinah najhitrejši.

4.2 DEFORMACIJA TRDNIH SNOVI

S pomočjo domačega eksperimenta sva raziskovali tudi, kako se različne trdne snovi obnašajo (deformirajo), če jih obremenimo z utežmi različnih mas. Vsako palico sva najprej obremenili z eno utežjo, ki je tehtala 145 g. Pri leseni palici, plastični palici in igli za pletenje se pri tako majhni masi ni zgodilo praktično nič; največ, za 1,3 mm, se je povescila lesena palica. Po drugi strani pa se je pri najmanjši masi žica za spajkanje povescila za 14,1 cm, kar je popolnoma deformiralo žico. Pri tem se žica ni zlomila, vendar pa zaradi popolne deformacije nadaljnje dodajanje uteži ni bilo mogoče. Žica je pri tem dosegla trajno deformacijo, pri čemer pa še ni prišlo do zloma. Ko pa sva utež odstranili, se žica sama od sebe ni vrnila v prvotno stanje. V tem primeru se je torej žica plastično deformirala. Deformirana žica z eno utežjo je prikazana na sliki 17.



Slika 16: Višina povesa pri različnih trdnih materialih pod vplivom ene uteži (levo) in zlom lesene palice pod vplivom štirih uteži (desno)

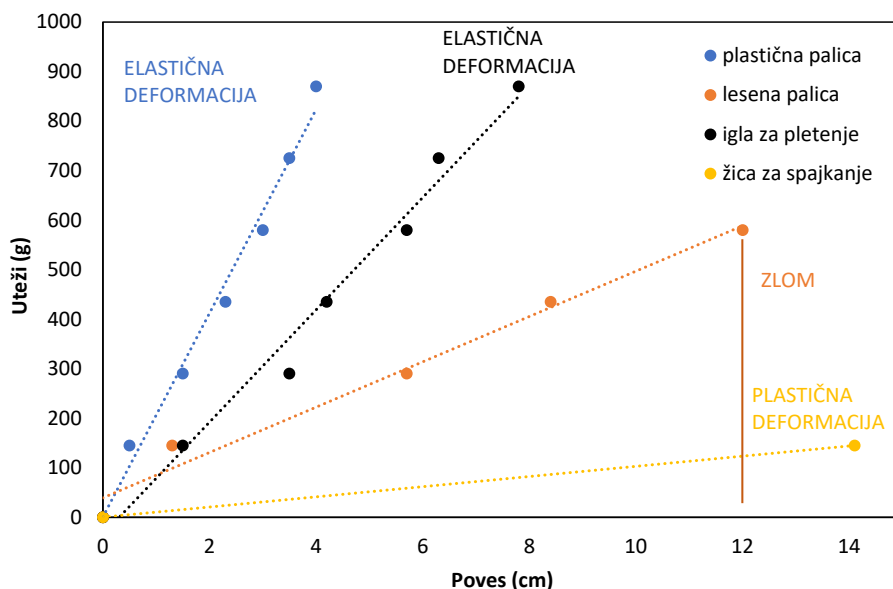
Plastični palici in igli za pletenje sva lahko dodali vse uteži, ki sva jih imeli na voljo, pri čemer pa do zloma ali trajne deformacije ni prišlo. Obe palici sta se povесili, ko pa smo uteži odstranili, sta se vrnili v prvotno stanje in obliko. V obeh primerih sta se torej palici elastično deformirali.

Vse dobljene rezultate deformacij (povesa) sva zbrali v tabeli 4. S pomočjo eksperimenta sva potrdili najino drugo hipotezo »Trdne snovi se pri enaki obremenitvi obnašajo elastično, plastično ali pa se zlomijo«.

Tabela 4: Masa dodanih uteži in višina povesa pri določanju lastnosti trdnih snovi

Količina uteži	Plastična palica	Lesena palica	Igla za pletenje	Žica za spajkanje
m (g)	poves (cm)	poves (cm)	poves (cm)	poves (cm)
0	0	0	0	0
145	0,5	1,3	0,1	14,1
290	1,5	5,7	3,5	/
435	2,3	8,4	4,2	/
580	3	12 (zlom)	5,7	/
725	3,5	/	6,3	/
870	4	/	7,8	/

Vse dobljene rezultate sva na sliki 18 prikazali tudi v obliki grafa. Na grafu vidimo, da se je povese pri vseh materialih linearno povečeval z naraščajočo maso uteži, razen pri žici za spajkanje, kjer pa je na grafu samo ena točka, saj se je žica že pri prvi uteži trajno deformirala.



Slika 17: Odvisnost mase uteži od povesa za izbrane trdne materiale

4.2 KOMPLEKSNI MATERIALI

Domači eksperimenti so nama omogočili, da sva opazovali, kako nekateri materiali tečejo, drugi pa se deformirajo. Pa se lahko isti material pri določenih pogojih deformira kot trdno telo, pri drugih pogojih pa teče kot tekočina? Ko sva razmišljali o takih materialih, sva se spomnili na inteligentni plastelin, s katerim sva se včasih zelo radi igrali. Vzeli sva plastelin v roke in ga začeli oblikovali. Hitro sva oblikovali vsaka svoje kroglice in jih postavili v kozarčke z odprtini na dnu kozarca. Tokrat sva v kozarce navrtali nekoliko večje odprtine (5 mm, 8 mm in 10 mm). Kozarčki s kroglicami iz plastelina so prikazani na sliki 19.



Slika 18: Trdne kroglice Inteligentnega plastelina v kozarčkih z odprtinami različnih premerov

Trdne kroglice sva nekaj časa pustili v kozarčkih. Po 15 minutah sva jih preverili in ugotovili sva, da so kroglice izginile. Namesto njih je bila v kozarcu snov, ki je prevzela obliko kozarca, skozi odprtino na dnu kozarca pa je plastelin tekla v spodnji kozarček (slika 20). V tem primeru se je plastelin vedel kot tekočina in ne kot trdna snov.



Slika 19: Tok Inteligentnega plastelina po 15 minutah mirovanja kroglic v kozarčkih z odprtinami različnih premerov

Tok Inteligentnega plastelina sva opazovali več dni in ugotovili, da je od začetne mase 23 g plastelina, v štirih dneh skozi 10 milimetersko odprtino preteklo 16 gramov, skozi 8 milimetersko luknjo 15 gramov in 5 milimetersko luknjo 14 gramov plastelina. Če plastelin torej pustimo v mirovanju, se vede kot tekočina.

Po tem eksperimentu sva se vprašali, ali mogoče obstaja tudi kakšna tekočina, ki pa se pri nekaterih pogojih vede kot trdna snov. Spomnili sva se na raztopino koruznega

škroba, ki jo včasih uporabljajo za eksperiment »Hoje po vodi«. Doma sva pripravili raztopino kuhinjskega koruznega škroba, za katero sva po že opisanem postopku določili gostoto 1240 kg/m^3 . Raztopino škroba sva nalili v štiri kozarčke z odprtinami 4 mm, 5 mm, 8 mm in 10 mm. Ko sva odprtine v kozarčku odprli, je raztopina škroba začela teči iz kozarčkov. Na sliki 21 lahko jasno vidimo, kako je debelina curka škroba sorazmerna z velikostjo odprtine v kozarčku. Raztopina škroba se je v tem primeru vedla kot tekočina.



Slika 20: Tok raztopine škroba v kozarčkih z odprtinami različnih premerov

S škrobom sva se nato še malo poigrali in z dlanmi skušali pripraviti kroglico. To nama je pri hitrem oblikovanju uspelo – škrob se je vedel kot trdna snov. Narejena kroglica iz raztopine škroba je prikazana na sliki 22. Takoj ko sva nehali z oblikovanjem in pustili raztopino škroba na dlani, se je raztopina razlila in stekla po roki. Škrob se je vedel kot tekočina.



Slika 21: Izdelava trdne kroglice raztopine škroba pod vplivom hitrega obremenjevanja (levo) in tok raztopine škroba pri mirovanju (desno)

Eksperimenti s škrobom in Inteligentnim plastelinom so nama omogočili, da sva potrdili še zadnjo hipotezo »Nekatere snovi se lahko pri konstantni temperaturi hkrati vedejo kot tekočine in kot trdne snovi«. Ugotovili sva, da se nekateri materiali lahko pri konstantni temperaturi in tlaku vedejo kot trdne snovi in kot tekočine, če na njih delujemo z različnimi silami oziroma časom. Če sva jih pustili v mirovanju, sta tako raztopina škroba, kot tudi Inteligentni plastelin tekla kot tekočina, medtem ko sta se pri uporabi sile (gnetenje in oblikovanje kroglice) oba materiala vedla kot trdno telo.

5. ZAKLJUČKI

V vsakdanjem življenju se srečamo z različnimi materiali, ki se med seboj razlikujejo po videzu, obliki, agregatnem stanju in pogosto tudi po tem, kaj se z njimi zgodi, če jih na primer gnetemo, mešamo, raztegujemo, na njih obesimo uteži ali pa preprosto nekaj časa pustimo pri miru. V svoji raziskovalni nalogi sva želeli preveriti, kakšne lastnosti imajo izbrane tekočine in nekateri trdni materiali. Zanimalo naju je, kako se ti materiali vedejo pri različnih pogojih in obremenitvah, ki na njih delujejo.

Za tekočine vemo, da tečejo. V vsakdanjem življenju pravimo, da so tiste tekočine, ki težje tečejo, gostejše. Za prvo hipotezo najine raziskave sva torej postavili trditev, da gostejše tekočine tečejo počasneje. To sva preverili s preprostim domačim eksperimentom, pri katerem sva opazovali tok izbrane tekočine iz kozarčkov, ki so imeli na dnu različno velike odprtine. S pomočjo merilnega valja in tehtnice sva izbranim tekočinam pomerili gostoto in jo nato primerjali s hitrostjo toka te tekočine iz kozarčka. Rezultati so pokazali, da hitrost toka tekočine iz kozarčka ni bila povezana z gostoto tekočine, saj je bila od izbranih tekočin gostota vode najvišja, tok vode pa najhitrejši. Ta hipoteza je bila torej nepravilna, zato sva jo morali zavreči. S pomočjo določevanja viskoznosti na rotacijskem reometru sva nato potrdili, da je viskoznost tista, ki določa tok tekočine, saj so tekočine z višjo viskoznostjo tekle počasneje, kot tiste tekočine, katerih viskoznost je bila nižja.

Za trdne snovi je značilno, da držijo svojo obliko, se deformirajo in ne tečejo. Lastnosti trdnih snovi sva raziskovali s pomočjo dodajanja uteži na različne trdne materiale v obliki palic. Ugotovili sva, da se pri isti količini dodane uteži nekatere snovi zlomijo, druge se povesijo, s tretjimi pa se pri taki obremenitvi ne zgodi nič. S pomočjo eksperimenta sva ugotovili, da se trdne snovi pri enaki obremenitvi lahko obnašajo elastično, plastično ali pa se zlomijo. To je bila trditev druge postavljene hipoteze, ki sva jo torej potrdili.

Pri igranju z Inteligentnim plastelinom sva ugotovili, da se plastelin lahko oblikuje v razne oblike, ki pa po nekem času stečejo kot tekočine. Tretja hipoteza se je tako navezovala na materiale s kompleksnimi lastnostmi. Predvidevali sva, da se nekatere snovi lahko pri isti temperaturi vedejo kot tekočine in kot trdne snovi hkrati. Za eksperiment sva izbrali inteligentni plastelin, za katerega bi ob pogledu nanj rekli, da je trden, vendar pa sva z eksperimentom toka tekočin dokazali, da v mirovanju

tudi plastelin teče kot tekočina. Podobno sva opazili tudi pri raztopini škroba, ki je na pogled tekočina, vendar pa sva lahko iz te tekočine pri hitrem gnetenju naredili trdno kroglico. Tudi tretjo hipotezo s trditvijo, da se snovi lahko pri isti temperaturi vedejo kot tekočine in kot trdne snovi, sva z eksperimenti potrdili.

Predstavljeni eksperimenti so nama omogočili raziskovanje vedenja nekaterih tekočih in trdnih materialov. Pri tem so se nama odprla tudi nekatera nova vprašanja. Na primer, kateri so še drugi materiali, ki se vedejo podobno kot plastelin ali raztopina škroba. Ali pa, zakaj se nekateri materiali vedejo enkrat kot tekočina, drugič kot trdna snov? Kako na vedenje vplivajo druge lastnosti, kot so na primer površinska napetost tekočin ali pa trdota trdnih snovi? Verjameva, da bova v prihodnosti imeli možnost dobiti odgovore na taka in podobna vprašanja.

6. VIRI IN LITERATURA

- [1] Ste prepričani, da popijete dovolj tekočine?. Dosegljivo na URL: <https://vitabalans.fi/sl/ste-prepricani-da-popijete-dovolj-tekocine/> [Uporabljeno 23-1-2021]
- [2] MEŽNAR, Polona; SLEVEC, Mateja, in ŠTUCIN, Asja. 2017. Učbenik za Naravoslovje in Tehniko: Naravoslovje in tehnika 4. 1. izd. 2. ponat. Ljubljana: Rokus Klett. ISBN 978-961-271-320-1.
- [3] MEŽNAR, Polona; SLEVEC, Mateja, in ŠTUCIN, Asja. 2015. Učbenik za Naravoslovje in Tehniko: Naravoslovje in tehnika 5. 1. izdaja. Ljubljana: Rokus Klett. ISBN 978-961-271-685-1.
- [4] TORKAR, Gregor; DEVETAK, Iztok, in KOVIČ, Miloš. 2018. Dotik narave 6: Učbenik za naravoslovje v 6. razredu osnovne šole. 2. izdaja. Ljubljana: Rokus Klett. ISBN 978-961-271-859-6.
- [5] DEVETAK, Iztok, et al. 2018. Dotik narave 7: Učbenik za naravoslovje v 7. razredu osnovne šole. 2. izdaja. Ljubljana: Rokus Klett. ISBN 978-961-271-860-2.
- [6] SMRDU, Andrej. 2012. Od atoma do molekule: Učbenik za kemijo v 9. razredu osnovne šole. 2. izdaja. Ljubljana: Jutro. ISBN 978-961-6746-68-7.
- [7] Pogoltnil diamant za 12 tisoč evrov. <https://www.zurnal24.si/svet/pogoltnil-diamant-za-12-tisoc-evrov-135059> (2021-23-1).
- [8] Fazni diagram . https://sl.wikipedia.org/wiki/Fazni_diagram (2020-18-11).
- [9] Fazna ravnotežja. <https://www.zag.si/ajax/DownloadHandler.php?file=1556> (2020-18-11).
- [10] Fran > SSKJ. <https://www.fran.si/iskanje?FilteredDictionaryIds=130&View=1&Query=foto> (2021-17-2).
- [11] Viskoznost. <http://ekemija.osbos.si/e-gradivo/ostale-lastnosti-snovi/viskoznost.html> (2020-31-12).
- [12] Vse o medu. <https://www.prehrana.si/clanek/399-vse-o-medu> (2021-24-1).
- [13] Viskoznost. <https://si.openprof.com/wb/viskoznost?ch=1175> (2021-23-1).

- [14] Viskoznost - Newtonov zakon.
<http://physics.mef.hr/Predavanja/hidrodinamika/main7.html> (2021-24-1).
- [15] Merjenje gostote tekočin. https://iamstudent.si/e-gradiva/kemija/2_4_gostota_snovi/merjenje_gostote_tekoin.html (2021-31-1).
- [16] Lastnosti tekočin. <https://eucbeniki.sio.si/nit4/1292/index1.html> (2021-31-1).
- [17] Hookov zakon. <https://www.britannica.com/science/Hookes-law> (2021-24-1).
- [18] Elastic Deformation and Plastic Deformation | Mechanical Properties of Solids | Don't Memorise. <https://www.youtube.com/watch?v=YKpvYF0hVDE> (2021-24-1).
- [19] Teorija plastične deformacije in pojavi.
http://egradivo.ecnm.si/PREO/teorija_plastine__deformacije_in_pojavi.html (2021-24-1).
- [20] Tlačne vzmeti iz vzmetnega jekla. <https://www.hennlich.si/proizvodi/vzmetenje-tlacne-vzmeti-162/tlacne-vzmeti-iz-vzmetnega-jekla.html> (2021-24-1).
- [21] Rotacijski reometer MCR 302, Anton Paar. 2020. Arhiv Laboratorija za eksperimentalno mehaniko, Fakulteta za strojništvo, Univerza v Ljubljani.
- [22] Senzorski sistem stožec-plošča CP 50/1° za rotacijski reometer MCR 302, Anton Paar. 2020. Arhiv Laboratorija za eksperimentalno mehaniko, Fakulteta za strojništvo, Univerza v Ljubljani.