

KATERI KONEC IGLE JE OSTER?



Avtorici: Pija Boh in Lara Pregelj

Mentorici: Suzana Vlasević Bursać, prof. biologije in sociologije
in Vesna Hribar, prof. kemije in fizike

Brežice, april 2021

KATERI KONEC IGLE JE OSTER?

RAZISKOVALNA NALOGA

Avtorici: Pija Boh in Lara Pregelj

Mentorici: Suzana Vlasević Bursać, prof. biologije in sociologije
in Vesna Hribar, prof. kemije in fizike

Brežice, april 2021

Povzetek

Raziskovali sva, kako se bolečina, ki jo čutimo ob cepljenju, spreminja glede na to, pod kakšnim kotom cepimo in s kolikšno silo cepimo. Za eksperimentalno delo sva uporabili različne vrste brizg. Za merjenje sile sva uporabili silomer, za merjenje premera brizge pa sva uporabili kljunasto merilo. Tlak sva nato izračunali iz izmerjenih podatkov. Namesto cepiva sva uporabili vodo, saj je razlika v gostoti zanemarljiva. Izdelali sva tudi model kože in povečan model brizge, s katerima sva ponazorili postopek cepljenja.

Ključne besede: igla, injekcija, cepljenje, tlak, koža

Vsebina

Povzetek	iii
1. UVOD	1
1.1. NAMEN NALOGE	1
1.2. HIPOTEZE	2
2. TEORETIČNA IZHODIŠČA	3
3. EKSPERIMENTALNI DEL	9
3.1. METODE DE LA	9
3.2. ZBIRANJE PODATKOV	14
3.2.1. Merjenje premera brizge	14
3.2.2. Meritve mase in sile teže uteži	14
3.2.3. Meritve časa iztekanja vode iz brizge	15
3.3. POTEK IZRAČUNOV	17
3.4. IZRAČUNI	20
3.4.1. Izračun tlaka	20
3.4.2. Izračun tlaka z spremembo kota vboda igle	21
3.4.3. Izračuni povprečnega časa iztekanja vode iz brizge in izračun napak merjenja 24	
4. RAZPRAVA	28
4.1. Analiza rezultatov	28
4.2. Potrditev hipotez	35
5. ZAKLJUČEK	38
Zahvala	39
Viri in literatura	40

KAZALO TABEL

Tabela 1: Meritve sile teže uteži.....	14
Tabela 2: Meritve časa iztekanja vode iz 5 mL brizge.....	15
Tabela 3: Meritve časa iztekanja vode iz 10 mL brizge.....	15
Tabela 4: Meritve časa iztekanja vode iz 20 mL brizge.....	15
Tabela 5: Izračun tlaka pri 5 mL brizgi.....	20
Tabela 6: Izračun tlaka pri 10 mL brizgi.....	20
Tabela 7: Izračun tlaka pri 20 mL brizgi.....	20
Tabela 8: Izračun tlaka z spremembo kota vboda pri 5 mL brizgi, z maso uteži 100 g.....	21
Tabela 9: Izračun tlaka z spremembo kota vboda pri 5 mL brizgi, z maso uteži 150 g.....	21
Tabela 10: Izračun tlaka z spremembo kota vboda pri 5 mL brizgi, z maso uteži 200 g.....	21
Tabela 11: Izračun tlaka z spremembo kota vboda pri 10 mL brizgi, z maso uteži 200 g.....	22
Tabela 12: Izračun tlaka z spremembo kota vboda pri 10 mL brizgi, z maso uteži 250 g.....	22
Tabela 13: Izračun tlaka z spremembo kota vboda pri 10 mL brizgi, z maso uteži 300 g.....	22
Tabela 14: Izračun tlaka z spremembo kota vboda pri 20 mL brizgi, z maso uteži 150 g.....	23
Tabela 15: Izračun tlaka z spremembo kota vboda pri 20 mL brizgi, z maso uteži 200 g.....	23
Tabela 16: Izračun tlaka z spremembo kota vboda pri 20 mL brizgi, z maso uteži 250 g.....	23
Tabela 17: Izračun tlaka z spremembo kota vboda pri 20 mL brizgi, z maso uteži 300 g.....	23
Tabela 18: Izračun tlaka z spremembo kota vboda pri 20 mL brizgi, z maso uteži 350 g.....	24

KAZALO SLIK

Slika 1: Zapakirana igli za cepljenje (specifikacije).....	10
Slika 2: Slika igle za cepljenje (0,6x25mm).....	10
Slika 3: Slika brizge (5 mL) in igle.....	10
Slika 4: Slika brizge (10 mL) in igle.....	10
Slika 5: Slika brizge (20 mL) in igle.....	11
Slika 6: Slika izdelanega modela kože.....	11
Slika 7: Priprava eksperimentalnega dela.....	12
Slika 8: Izvedba eksperimentalnega dela.....	13
Slika 9: Izdelava modela kože.....	13
Slika 10: Skica spreminjanja velikosti kotov glede na površino.....	18

KAZALO GRAFOV

Graf 1: Graf tlaka v odvisnosti od spremembe velikosti vbodnega kota na kožo pri 5 mL brizgi	28
Graf 2: Graf tlaka v odvisnosti od spremembe velikosti vbodnega kota na kožo pri 10 mL brizgi	30
Graf 3: Graf tlaka v odvisnosti od spremembe velikosti vbodnega kota na kožo pri 20 mL brizgi	32
Graf 4: Graf tlaka v odvisnosti od velikosti rezultante sil	34

1. UVOD

Zaradi trenutne situacije se veliko govori o cepljenju. Širi se strah in različni miti o vzrokih bolečine pri medicinskih iglah. Napačna razumevanja prebivalstva sta naju je spodbudila, da to temo raziščeva iz drugega (fizikalnega) vidika. Bolečino, ki jo čutimo pri cepljenju sva želeli razložiti s pomočjo fizike. Najini eksperimenti so temeljili na fizikalni količini tlak.

1.1. NAMEN NALOGE

Namen najine naloge je obrazložitev procesa cepljenja in razbijanje mitov o poteku cepljenja. Želeli sva povezati občutek bolečine, ki jo čutimo, s fizikalno obrazložitvijo. Ljudje se manj bojimo stvari, če jih razumemo. Že otroku pojasnimo, da je bolečina, ki jo bo deležen med cepljenjem neprimerljivo majhna v primerjavi z boleznijo, pred katero nas cepivo ščiti. Če je igla pravilno sterilizirana in se jo uporablja v skladu s predpisi, človeku mehansko ne more škoditi.

V poplavi informacij na spletu je pogost pojav razlage postopka cepljenje, ki pa je po navadi zavajajoča, nejasna in nerazumljiva. Nепreverjeni podatki v ljudeh vzbujajo dvom in nezaupanje do medicinske igle. Iz tega razloga sva želeli eksperimentalno razložiti izvor bolečine pri cepljenju.

Za lažjo ponazoritev procesa cepljenja sva izdelali model kože z namenom pridobitve širše slike o procesu cepljenje.

Da bi čim lažje razložili kam gre igla, ko prodre skozi zgornjo plast kože, sva naredili enostaven model kože. Najin model je zasnovan na skicah iz osnovnošolskega učbenika, da bi bil čim bolj razumljiv.

1.2. HIPOTEZE

V prvi hipotezi domnevava, da bo tlak večji, ko bo igla pravokotna na kožo. Torej manjši kot bo vbodni kot, manjši bo tlak. To domnevava zaradi tega, ker se pri tlaku upošteva zgolj sila, ki deluje pravokotno na podlago, v našem primeru na kožo. Če pa je igla glede na kožo oziroma površino pod nekim kotom se upošteva zgolj statična komponenta te sile.

V drugi hipotezi domnevava, da večja kot je potisna sila, večji bo tlak. To nam utemeljuje dejstvo, da je tlak premo sorazmeren s silo, ki ta tlak povzroči.

V tretji hipotezi domnevava, da moramo za doseg globlje plasti kože, iglo postaviti pravokotno na kožo. Pri prebiranju učbenika za medicinskega tehnika sva naleteli na podatek, da se koti igle na kožo spreminjajo glede na to, katero plast želimo doseči.

Raziskovalna vprašanja

1. Kako sprememba vbodnega kota vpliva na velikost tlaka, ki ga čutimo na koži?
2. Kako se tlak na kožo spreminja glede na velikost potisne sile in premer igle?
3. Ali lahko s spreminjanjem kota vboda vplivamo na ciljno plast kože?

Hipoteze

1. Tlak je največji, ko je igla pravokotno na kožo. Manjši kot je vbodni kot, manjši je tlak na kožo.
2. Čim večja je potisna sila, tem večji bo tlak. Čim manjša je potisna sila, tem manjši bo tlak.
3. Ko želimo doseči globljo plast kože, bo bil kot vboda čim bolj pravokoten.

2. TEORETIČNA IZHODIŠČA

Cepljenje je postopek, pri katerem se cepivo vnaša v telo (Cepljenje, 2014). Je varna in učinkovita zaščita pred določenimi nalezljivimi boleznimi (NIJZ, 2014). V vsakem letu se s cepljenjem reši 2 do 3 milijone ljudi (Girish, in Ravi, 2014), vendar je kljub temu prisotnega veliko straha pred iglami in tudi cepljenjem (Kraigher, Ihan, Avčin, 2011).

Zgodovina cepljenja sega v leto 1724, ko so bili dokumentirani prvi poskusi cepljenja v Indiji (Kopčavar Guček, 2015). Vendar se zapisi o injekcijskih brizg pojavijo že v grški in rimski literaturi, kjer je zapisano da so jih uporabljali pri ritualih maziljenja telesa z oljem ter kot glasbila z uporabo bata za spreminjanje smole. Enostavne batne brizge za dovajanje mazil in krem za medicinsko uporabo sta opisala Galen (129 – 200 CE) in Ammar bin Ali al-Mawsili.

Prvi primerki injekciji so bili najdeni iz časov Rimskega cesarstva v 1. st. n. št. (The history of syringe, b.d.). Ti so bili nosne brizge z kovinskim ogrodjem ter lanenim batom (South Australian Medical Heritage Society Inc, b.d.). Poleg nosnih brizg so v Antiki brizge uporabljali za shranjevanje in dovajanje mazil (Craig, 2018).

V 9. st. n. št. je egipčanski zdravnik izumil injekcijo iz steklene cevke in brizge (The history of syringe, b.d.).

V 17. stoletju so bile brizge narejene iz kositra in srebra. Cev in glava sta bili dolgi tudi do 20 cm, kar nakazuje na vaginalno in rektalno uporabo (South Australian Medical Heritage Society Inc, b.d.). Christopher Wren je v sredini 17. stoletja psom skozi gosje pero v vene vbrizgal makov sok. Njegove poskuse sta dr. Major in dr. Esholtz v drugi polovici 17. stoletja prenesla na ljudi. Ker takrat še niso poznali postopka sterilizacije medicinskih pripomočkov ter primernih zdravilnih sredstev, ter njihovih odmerkov so številni pacienti hudo zboleli in umrli. Številne žrtve poskusov so razvoj igle prestavile za nadaljnjih 200 let (Craig, 2018).

V 17. stoletju, natančneje leta 1650 je brizge začel analizirati Blaise Pascal, velik matematik, fizik in filozof, ki je tega leta izumil votlo brizgo. Ta mu je služila kot pripomoček za dokazovanje mehanike tekočin, imenovan Pascalov zakon.

Leta 1796 je angleški zdravnik Edward Jenner odkril prvo cepivo in sicer proti črnim kozam (Štajner, 2020). Črne koze so bile ena izmed prvih bolezni, ki so začele spodbujati razvoj cepiv. O tem se je pisalo že okoli leta 1000 pred našim štetjem v staroindijskih ter staro-kitajskih virih (Ratej in Muršič, 2020).

Leta 1853 sta Charles Pravaz in Alexander Wood razvila moderno injekcijsko iglo, ki je bila dovolj ostra, da je predrila kožo. Ta se od prejšnjih razlikuje po tem, da pred uporabo igle ni bil potreben rez v kožo. Alexander Wood je z ženo eksperimentiral injiciranje morfija za zdravljenje živčnih stanj. Kmalu sta oba postala odvisna, njegova žena je bila prva ženska, ki je umrla zaradi predoziranja (The history of syringe, b.d.).

Leta 1897 je farmacevtsko podjetje MB prodalo prvo stekleno brizgo, leta 1899 je Letita Mumford izumila injekcijo, ki jo lahko uporabljamo z eno roko (The history of syringe, b.d.).

Leta 1946 sta brata Chance izdelala prvo stekleno injekcijo z zamenljivo brizgo in batom, kar je pripomoglo lažji sterilizaciji komponent injekcije. Leta 1949 Charles Rothauser v svoji tovarni v Adelaidi izdelal prvo plastično injekcijo za enkratno uporabo iz polietilana. Polietilan se z dovajanjem toplote zmehča. Zaradi tega je potrebno igle kemično razkužiti, kar pa se cenovno ni izšlo. Ker pa je želel zmanjšati stroške proizvodnje, je dve leti zatem izdelal plastično brizgo za enkratno uporabo iz polipropilena, ki jo lahko termično obdelamo. To je močno pospešilo proizvodnjo igel. V letu 1956 so Colinu Murdochu podelili naziv patenta na brizgo za enkratno uporabo. Leta 1961 Bectonu Dickensu podelili patent za njegov Plastipak, plastično brizgo za enkratno uporabo. Leta 1974 je Phil Brooks dobil patent za njegovo brizgo za enkratno uporabo (The history of syringe, b.d.)

Cepljenje proti črnim kozam se je začelo 1796, (Simonović, 2012) v Sloveniji je postalo obvezno med letoma 1803 in 1978. Prostovoljno so se lahko cepili že leta 1800 (Gorjup, 2018). Leta 1980 je svetovna zdravstvena organizacija razglasila konec črnih koz, francoski kemik in biolog Louis Pasteur je leta 1885 razvil cepivo proti steklini. (Štajner, 2020). Naslednja pomembna cepiva so bila razvita v zgodnjih letih 20.

stoletja. To so bila cepiva proti oslovskemu kašlju (1914), davici (1926) in tetanusu (1938).

Ta tri cepiva so skupaj v kombinaciji pod imenom DTP od leta 1948. Leta 1955 so potrdili uporabo cepiva proti otroški paralizi, (Vaccine history: Developments by year, b.d.) ki je v Sloveniji obvezno od 1961 (Gorjup, 2018).

Pri pripravi na cepljenje morajo biti izpolnjeni pogoji, ki omogočajo varno izvedbo cepljenja. Predpisane so zahteve za javne zdravstvene zavode in zasebno dejavnost, ki predpisujejo pogoje v prostoru izvajanja cepljenja in medicinsko ali drugo opremo, katera je potrebna pri izvajanju cepljenja. Pri pripravi cepiva izvajalec prebere navodila. Glede na to, proti čemu se cepijo, so predvidene primerne debeline in dolžine brizg. Te so v večini priložene k cepivu. Debelina in dolžina igle se izbere glede na način in mesto cepljenja, ter tudi glede na višino in debelina maščobnega tkiva pri cepljeni osebi (Kraigher, Ihan, Avčin, 2011).

Cepljenje poteka na več načinov, glede na mesto cepljenja. Poznamo subkutano (v nadlaket), intramuskularno (v zgornji predel stegna ali zunanji del glutealne mišice ali v deltoidno mišico), peroralno (neposredno kapanje v usta), ter intradermalno na nadlahti. Način in mesto vnosa cepiva določi proizvajalec. V večini se uporabljajo 1- ali 3-mL brizge. Izbira igle je odvisna od mesta cepljenja, starost cepljene osebe, mišična masa cepljene osebe in viskoznosti cepiva. Glede na vbodni kot ločimo intramuskularni, subkutan in interdermalni način cepljenja. Pri intramuskularnem načinu cepljenja je kot med kožo in iglo 90°, igla prodre do mišice, pri subkutanem je kot med kožo in iglo 45°. Pri intradermalnem načinu cepljenja je kot med iglo in kožo 15°, igla prodre zgolj v kožo.

Koža je največji človeški organ, ki prekriva večino človeškega telesa. Njena površina je hkrati tudi meja človeškega telesa z okoljem. Ščiti nas pred vplivi in okužbami iz okolja, pripomore k vzdrževanju telesne temperature in je tudi čutilni organ.

Kožo delimo na vrhnjico, usnjico in podkožje.

Vrhnja plast kože je vrhnjica, povrhnjica ali pokožnica. Delimo jo na zarodno in poroženelo plast (Fon idr., 2019). Poroženelo plast gradijo mrtve, ploščate celice napolnjene s trdo beljakovinsko snovjo, imenovano keratin. Te celice so tesno stisnjene druga k drugi in so tako neprepustne za vodo ter razne škodljive snovi. V roževinasti plasti ni žil in živcev. Najtanjša je na vekah, najdebelejša na dlaneh in podplatih. Na površini vrhnjice se nahajajo tudi pore, ki so odprtine skozi katere se izločajo produkti žlez znojnic (Svečko, 2013). Pod poroženelo plastjo se nahaja zarodna plast, ki je zgrajena iz živih celic. Te celice se ves čas delijo in se pomikajo proti površini. Tam zamenjajo odpadle in odmrle celice roževinaste plasti. Med zarodnimi celicami vrhnjice so tudi pigmentne celice, v katerih nastajajo zrnca kožnega pigmenta melanina. Pigment kožo obarva in varuje globlja tkiva pred UV-žarki.

Plast usnjica se nahaja pod vrhnjico in je vezivna plast. Koži daje čvrstost in prožnost, saj je zgrajena iz vezivnega tkiva, v katerem so beljakovine. S starostjo pa je vedno manj prožna. V usnjici najdemo krvne žile, ki prinašajo kisik in hrano ter kožo prekrivajo. Prav tako tam ležijo kožne žleze in iz nje izraščajo tudi dlake. Žleze lojnice se izlivajo v lasni mešiček in so grozdaste oblike. Izločki lojnic dajejo povrhnjici prožnost in jo skupaj s pigmentom varujejo pred UV-žarki. Loj ohranja tudi prožnost las. Žleze znojnice, ki se prav tako nahajajo v usnjici so zgrajene iz dolgih cevok, zvitih v klobčiče. Okoli njih se prepletajo tanke krvne žilice. Poznamo dve vrsti znojnic, znojnice, ki se izlivajo v lasni mešiček in znojnice, ki imajo lasten izvod na povrhnjico kože. Iz usnjice izraščajo dlake, lasje, trepalnice in obrvi. Celice lasnega mešička iz katerega dlaka raste, se ves čas delijo in zato dlake rastejo. Beljakovina keratin jim daje elastičnost in prožnost. Dlakam daje barvo prav tako kot koži pigment melanin. V celotni koži je približno 600.000 tipalnih teles. Najbolj občutljive so prstne blazinice, ki imajo kar 120 čutnic na cm². V usnjici je prav tako veliko prostih živčnih končičev, ki zaznavajo bolečino. Bolečino zaznamo, ko ta preseže spodnji dražljajski prag. Več končičev kot vzdražimo, večja je bolečina. Poleg čutnic za bolečino (nocireceptorji), so po celotni koži razporejene še čutnice za dotik in pritisk, ki soodločajo o zaznavi položaja telesa. S čutnicami zaznavamo tudi temperaturo. Preko živčnih vlaken informacije potujejo do centralnega živčnega sistema tam pa se obdelajo v zaznave (Svečko, 2013).

Pod usnjico leži tretja plast kože, podkožje. Zgrajena je iz vezivnega in maščobnega tkiva ter razmejuje kožo in mišice. Zaradi velike vsebnosti vode in maščobnih celic

plast deluje kot toplotna izolacija. Debelina te plasti je odvisna od prehrane. V maščobnih celicah se shranjuje energija in so zato pomembne. Podkožje daje telesu obliko ter je pri ženskah debelejša kot pri moških (Svečko, 2013).

Mišičje omogoča vse vrste gibov in premikov v telesu. Poznamo tri tipe mišic: skeletne in gladke ter srčno mišico. Pri cepljenju sodeluje deltoidna mišica roke, ki je zgrajena iz velikega števila prečno progastih mišičnih celic. Mišične celice imajo obliko dolgega valja in so lahko dolge do 30 cm, zato jih imenujemo mišična vlakna. Ker so dolge, imajo več jeder. Vsako jedro nadzoruje svoj del celice. V citoplazmo so tanke, dolge beljakovine, ki drsijo druga ob drugi in s tem krčijo celico. Več celic se povezuje v snop, snopi pa v mišico. Okoli mišice je mišična ovojnica, ki ščiti mišico in se ne krči (Svečko, 2013)

Ob padcu, ali se porežemo ali pičimo čutimo t.i nociceptivno bolečino. "Ob prebodu igle se že se v naslednjem trenutku aktivirajo nocireceptorji v roki. Aktivirajo jih tlak igle, mlečna kislina, ki izteka iz poškodovanih celic in snovi, ki jih sprošča imunski sistem. Receptorji posledično odprejo ionske kanalčke, skozi katere v nevron stečejo pozitivno nabiti kalijevi ioni. Val ionov doseže živčni končič, ki je povezan s hrbtenjačo. Ioni tam sprožijo sprostitvev živčnih prenašalcev, ki aktivirajo receptorje na drugih nevronih in proces teče naprej. Signal pripotuje v možganski center v talamusu, od koder se usmeri še na nekatere drug možganske centre – insula prispeva občutek bolečine, motorična skorja poskrbi za čim prejšnji odziv, limbični sistem pa sodeluje pri odločitvi, ali je treba pobegniti." (Edelbo Raaschou, 2021)

Kar je skupno vsem načinom cepljena je bolečina, ki je posledica tlaka, ki ga čutimo na koži in posledično tudi na mišici.

Tlak je razmerje med silo, ki deluje pravokotno na ploskev in ploščino te ploskve. Tlak označimo z črko p , kar izvira iz angleške besede *pressure*. Enota za tlak je Pa (pascal), kar nam pove, kolikšna sila deluje na 1 m² ploskve. Druga enota za merjenje tlaka je bar, ki je 100 000 Pa (Pintarič in Žigon, 2016).

$$p = \frac{F}{S} \left[\frac{N}{m^2} = Pa \right]$$

Ploščina je v fiziki označena s črko S , kar izvira iz angleške besede *surface*. Enota za ploščino je m²(Pintarič in Žigon, 2016).

»Sila je fizikalna količina, ki opisuje delovanje enega telesa na drugo. Telo lahko drugemu telesu spremeni obliko, hitrost ali smer gibanja.« (Pintarič in Žigon, 2016, str. 80)

Silo označimo z F , kar izvira iz angleške besede *force*. Osnovna enota, s katero merimo silo je N (newton). En newton je enak sili, s katero Zemlja privlači 100 g telo (Pintarič in Žigon, 2016).

$$N = \frac{kgm}{s^2}$$

3. EKSPERIMENTALNI DEL

3.1. METODE DE LA

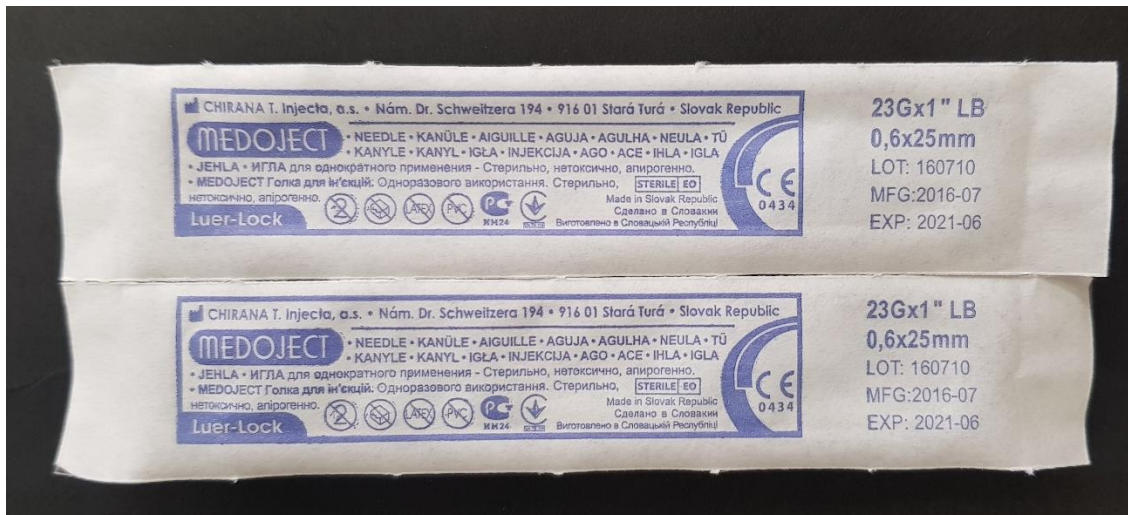
Pripomočki:

- Brizge (5 mL, 10 mL in 20 mL),
- Kljunasto merilo,
- Iгла (0,6 mm),
- Uteži (50 g),
- Tehnica,
- Voda,
- Pladenj,
- Flomastri za belo tablo,
- Lepilni trak,
- Bela tabla,
- Silomer,
- Leseni meter in
- Geotrikotnik.

Glede na zastavljena raziskovalna vprašanja sva se odločili, da bova izvedli eksperimentalno delo. Pred izvedbo eksperimentalnega dela sva pregledali literaturo, ki zajema zgodovinsko, fizikalno in biološko ozadje cepljenje. Želeli sva pridobiti informacije tudi z strokovnjaki na področju cepljenja. Opravili sva pogovor z dr. Simonitijem, infektologom v Splošni bolnišnici Celje. Po pregledu literature in pogovorom z dr. Simonitijem sva se lotili eksperimentalnega dela.

Priprava eksperimenta

Pri eksperimentalnem delu sva potrebovali različne brizge (20 mL, 10 mL in 5 mL). Pri eksperimentu sva uporabljali uteži. Za potrebe izračunov sva izmerili premer brizg (d) in izmerili silo teže uteži. Premer igle sva odčitali iz zapisa na pakiranju igle.



Slika 1: Zapakirana igli za cepljenje (specifikacije)



Slika 2: Slika igle za cepljenje (0,6x25mm)



Slika 3: Slika brizge (5 mL) in igle



Slika 4: Slika brizge (10 mL) in igle



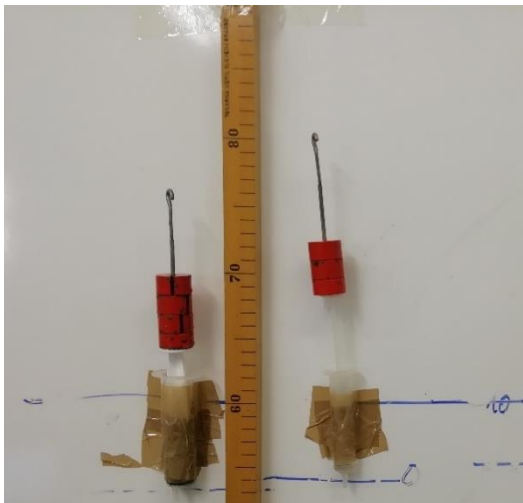
Slika 5: Slika brizge (20 mL) in igle



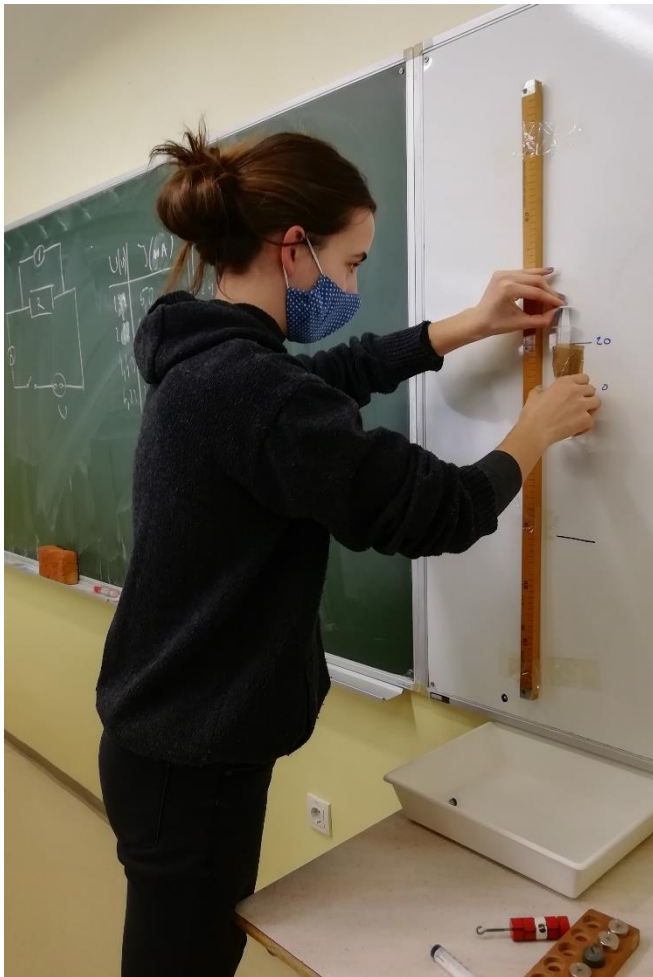
Slika 6: Slika izdelanega modela kože

IZVEDBA MERITEV

Brizge sva napolnili z vodo in jih prilepile na belo tablo. Na beli tabli sva prilepili brizge tako, da so bile usmerjene naravnost proti tlam, pod kotom 90° glede na tla. Na vsaki uteži je zapisana masa uteži, vendar sva jih tudi stehali in odčitali njihovo maso z tehtnice. Silo teže uteži sva izmerili tudi z silomerom. Uteži sva nalagali na napolnjene brizge in opazovali pri sili teže vsa voda izteče iz brizge. Nato sva opazovali spreminjanje časa iztekanja vode glede na spreminjajočo se maso uteži na brizgo. Izmerili sva čas iztekanja vode iz brizge. Pri merjenju sva spreminjali število uteži na brizgah. S spreminjanjem števila uteži sva spreminjali maso, posledično se je spremenila sila teže uteži.



Slika 7: Priprava eksperimentalnega dela



Slika 8: Izvedba eksperimentalnega dela



Slika 9: Izdelava modela kože

3.2. ZBIRANJE PODATKOV

Podatke sva zbirali v vnaprej pripravljenih tabelah. Podatke sva ločeno zbirali za meritve pri 20 mL brizgi, 10 mL brizgi in 5 mL brizgi.

3.2.1. Merjenje premera brizge

- 5 mL brizga

$$d = 1,3 \text{ mm}$$

- 10 mL brizga

$$d = 1,7 \text{ mm}$$

- 20 mL brizga

$$d = 2,3 \text{ mm}$$

Komentar: Pri merjenju premera brizge smo premere izmerile petkrat. Vedno sva merili premer zunanega roba brizge. Merjenja igle nisva izvedli, saj je premer igle zapisan na njeni specifikaciji.

3.2.2. Meritve mase in sile teže uteži

Tabela 1: Meritve sile teže uteži

Število uteži	1	2	3	4	5	6	7
m [g]	50	100	150	200	250	300	350
Sila teže uteži [N]	0,5	1	1,5	2	2,5	3	3,5

Komentar: Na brizgo sva dajali do največ 7 uteži. Imeli sva stojalo z možnim dodajanjem uteži. Nalaganja več kot sedmih uteži na stojalo ni bilo možno.

3.2.3. Meritve časa iztekanja vode iz brizge

- 5 mL brizga:

$$d_s = 1,3 \text{ cm}$$

Tabela 2: Meritve časa iztekanja vode iz 5 mL brizge

m[g]	t₁ [s]	t₂ [s]	t₃ [s]	t₄ [s]	t₅ [s]	t₆ [s]	t₇ [s]	t₈ [s]	t₉ [s]	t₁₀ [s]
100	6,00	5,64	7,24	4,19	4,26	7,68	8,39	5,94	7,01	7,72
150	2,39	2,62	2,74	3,21	3,10	3,20	2,63	3,02	2,89	3,08
200	1,89	2,43	2,23	1,91	2,16	1,84	1,52	1,71	1,84	1,97

- 10 mL brizga:

$$d_s = 1,7 \text{ cm}$$

Tabela 3: Meritve časa iztekanja vode iz 10 mL brizge

m[g]	t₁ [s]	t₂ [s]	t₃ [s]	t₄ [s]	t₅ [s]	t₆ [s]	t₇ [s]	t₈ [s]	t₉ [s]	t₁₀ [s]
250	95,44	73,29	78,00	80,09	115,20	94,44	91,06	82,97	79,86	105,07
300	50,03	53,43	50,02	59,12	54,14	54,24	58,47	68,01	51,47	60,00
350	37,56	47,93	40,16	46,75	47,23	41,48	51,17	40,53	44,85	37,61

- 20 mL brizga:

$$d_s = 2,3 \text{ cm}$$

Tabela 4: Meritve časa iztekanja vode iz 20 mL brizge

m[g]	t₁ [s]	t₂ [s]	t₃ [s]	t₄ [s]	t₅ [s]	t₆ [s]	t₇ [s]	t₈ [s]	t₉ [s]	t₁₀ [s]
150	33.62	35.30	35.76	38.15	37.29	42.05	39.12	37.99	44.24	37.36
200	26.50	27.39	24.73	23.11	24.66	23.33	22.71	25.46	23.20	24.83
250	12.71	12.83	12.75	13.15	12.20	11.72	14.00	12.75	13.88	14.41
300	10.88	09.65	10.55	11.24	11.19	09.11	10.34	08.85	11.90	11.80
350	08.18	07.84	07.85	08.40	09.45	08.10	08.63	06.49	07.97	07.49

Komentar: Pri brizgah so navedene različne mase uteži, katere sva dali na bat. Najmanjša utež je imela 50 g, na stojalo smo lahko dale največ 350 g uteži. Vključili sva meritve, pri katerih je vsa voda iztekla iz brizge.

3.3. POTEK IZRAČUNOV

- Izračun ploščine preseka brizg (5 mL, 10 mL in 20 mL):

Na podlagi formule $S = \frac{\pi d^2}{4}$ sva izračunali ploščino brizge in igle. Premer brizge (d) sva izmerili s kljunastim merilom. Premer igle sva odčitali s specifikacije na pakiranju.

- Izračun tlaka

Bat se je začel premikati, ko je vsota vseh delujočih sil na večja od nič.

$$\overrightarrow{F_g(\text{utež})} + \overrightarrow{F_g(\text{voda})} > 0$$

Upoštevati moramo, da se sila teže vode spreminja z iztekanjem vode, saj se masa vode v brizgi zmanjšuje. Sila teže vode je odvisna od mase vode in gravitacijskega pospeška. Na začetku je sila teže vode največja, saj je brizga polna vode. Ko je brizga izpraznjena, je sila teže vode enaka nič, saj je vsa voda iztekla iz brizge.

Najprej sva iz podatkov izračunali tlak (p), ki deluje na koncu brizge. Iz teh podatkov sva nato izračunali tlak, ki deluje na koncu igle. Pri izračunih sva upoštevali, da sva pri meritvah uporabljali različne brizge. Igla je v vseh primerih enaka.

p – tlak;

p_i – tlak pri koncu igle

p_š – tlak pri širšem delu brizge

S_i – ploščina preseka igle

S_š – ploščina preseka ožjega dele brizge

$$p = \frac{F}{S} \rightarrow F = p \times S$$

$$F = p_i \times S_i = p_{\text{š}} \times S_{\text{š}}$$

$$p_i = \frac{F}{S_o}$$

$$p_{\text{š}} = \frac{F}{S_{\text{š}}}$$

Na podlagi zgornjih računov sva izračunali tlak na koncu brizge in na koncu igle. Primerjali sva jih, ko je brizga napolnjena z vodo in ko iz brizge izteče vsa voda.

Ko je bila brizga napolnjena z vodo, sva pri rezultanti sil upoštevali silo teže uteži in silo teže vode.

$$p = \frac{F}{S} = \frac{F_g(\text{utež}) + F_g(\text{voda})}{S}$$

Ko je bila brizga izpraznjena, sva pri sili upoštevali zgolj silo teže uteži.

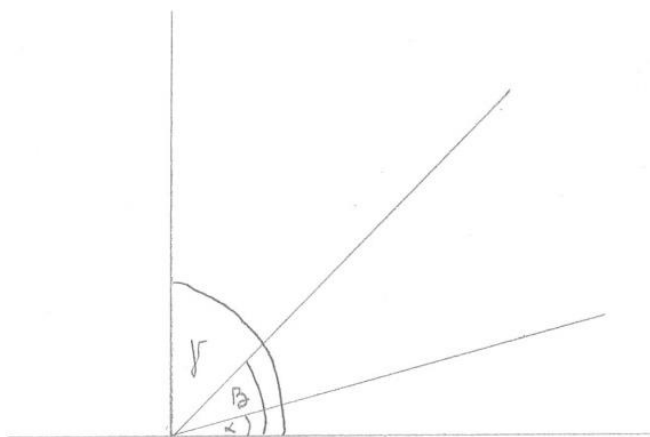
$$p = \frac{F}{S} = \frac{F_g(\text{utež})}{S}$$

- Računanje tlaka ob spremembi velikosti kota na površino (kožo)

Za ugotovitev vpliva sprememba kota vboda na tlak, ki ga čutimo, sva vzeli rezultanto sil ter jo načrtno razstavili na statično (\vec{F}_s) in dinamično komponento (\vec{F}_d). Ker na tlak, ki ga čutimo, vpliva le sila, ki je pravokotna na površino delovanja, sva iz načrtovanja odčitali velikost sil, ki so pravokotne na površino delovanja. Statična sila je pravokotna na površino in pri tlaku upoštevamo zgolj silo, ki je pravokotna na površino.

Za preverbo natančnosti načrtnega razstavljanja sil sva komponenti sil nato sešteli po trikotniškem pravilu sestavljanja sil. Vsa načrtovanja sva opravili ročno. Vsako načrtovanje sva ponovili trikrat (zaradi natančnosti rezultatov).

Primerjali smo velikost tlaka in sil pri kotu 15° , 45° in 90° glede na površino.



Legenda:

$$\alpha = 15^\circ$$

$$\beta = 30^\circ$$

$$\gamma = 45^\circ$$

Slika 10: Skica spreminjanja velikosti kotov glede na površino

- Računanje povprečja časa iztekanja vode iz brizg ter napake meritve

Pri vsaki obremenitvi sva opravili 10 meritev časa iztekanja vode. Izračunali sva povprečni čas (\bar{t}) iztekanja vode pri različnih obremenitvah širšega dela bata. Povprečja sva med seboj primerjali za ugotovitev, ali obstaja kakšna povezava med časi izteka vode in večjo silo teže uteži na širšem delu brizge oziroma bata.

$$\bar{t} = \frac{\text{vsota vseh meritev}}{\text{število meritev}}$$

$$\bar{t} = \frac{t_1 + t_2 + t_3 + t_4 + t_5 + t_6 + t_7 + t_8 + t_9 + t_{10}}{10}$$

Izračunali sva absolutno (Δt) in relativno napako (δ_t) meritev časa iztekanja vode. Pri računanju napake smo upoštevale 7 meritev za vsako maso pri vsaki brizgi ločeno.

$$\Delta t = |t - \bar{t}|$$

$$t = (\bar{t} \pm \Delta t)$$

$$\delta_t = \frac{\Delta t}{\bar{t}}$$

3.4. IZRAČUNI

3.4.1. Izračun tlaka

- 5 mL brizga

Tabela 5: Izračun tlaka pri 5 mL brizgi

m [g]	Fr [N]	S _s [mm ²]	p _s [N/cm ²]	S _i [mm ²]	p _i [N/cm ²]
100	1,005	1,33	76	0,28	359
100	1	1,33	75	0,28	357
150	1,505	1,33	113	0,28	538
150	1,5	1,33	113	0,28	536
200	2,005	1,33	151	0,28	716
200	2	1,33	151	0,28	714

- 10 mL brizga

Tabela 6: Izračun tlaka pri 10 mL brizgi

m [g]	Fr [N]	S _s [mm ²]	p _s [N/cm ²]	S _i [mm ²]	p _i [N/cm ²]
250	2,51	2,27	111	0,28	896
250	2,50	2,27	110	0,28	893
300	3,01	2,27	133	0,28	1075
300	3,00	2,27	132	0,28	1071
350	3,51	2,27	155	0,28	1254
350	3,50	2,27	154	0,28	1250

- 20 mL brizga

Tabela 7: Izračun tlaka pri 20 mL brizgi

m [g]	Fr [N]	S _s [mm ²]	p _s [N/cm ²]	S _i [mm ²]	p _i [N/cm ²]
150	1,52	4,15	67	0,28	543
150	1,50	4,15	66	0,28	536
200	2,02	4,15	89	0,28	721
200	2,00	4,15	88	0,28	714
250	2,52	4,15	111	0,28	900
250	2,50	4,15	110	0,28	893
300	3,02	4,15	133	0,28	1079
300	3,00	4,15	132	0,28	1071
350	3,52	4,15	155	0,28	1257
350	3,5	4,15	154	0,28	1250

3.4.2. Izračun tlaka z spremembo kota vboda igle

- 5 mL brizga

$$m = 100 \text{ g}$$

Tabela 8: Izračun tlaka z spremembo kota vboda pri 5 mL brizgi, z maso uteži 100 g

kot [°]	F_r [N]	F_s [N]	F_d [N]	p_i [N/cm ²]
15	1	0,3	0,9	107
45	1	0,7	0,7	250
90	1	1,00	0,00	357

$$m = 150 \text{ g}$$

Tabela 9: Izračun tlaka z spremembo kota vboda pri 5 mL brizgi, z maso uteži 150 g

kot [°]	F_r [N]	F_s [N]	F_d [N]	p_i [N/cm ²]
15	1,5	0,4	1,5	143
45	1,5	1,1	1,1	393
90	1,5	1,5	0	536

$$m = 200 \text{ g}$$

Tabela 10: Izračun tlaka z spremembo kota vboda pri 5 mL brizgi, z maso uteži 200 g

kot [°]	F_r [N]	F_s [N]	F_d [N]	p_i [N/cm ²]
15	2	0,5	1,9	179
45	2	1,4	1,4	500
90	2	2	0	714

Komentar: Razstavljanje sil sva opravili za velikost sil pri izpraznjeni brizgi. Za to sva se odločili zaradi možnosti natančnejše in razločnejše skice razstavljanja sil. Slike razstavljanja sil so v prilogi.

- 10 mL brizga

$$m = 200 \text{ g}$$

Tabela 11: Izračun tlaka z spremembo kota vboda pri 10 mL brizgi, z maso uteži 200 g

kot [°]	F_r [N]	F_s [N]	F_d [N]	p_i [N/cm ²]
15	2,5	0,7	2,4	250
45	2,5	1,8	1,8	643
90	2,5	2,5	0	893

$$m = 250 \text{ g}$$

Tabela 12: Izračun tlaka z spremembo kota vboda pri 10 mL brizgi, z maso uteži 250 g

kot [°]	F_r [N]	F_s [N]	F_d [N]	p_i [N/cm ²]
15	3	0,8	2,9	286
45	3	2,1	2,1	750
90	3	3	0	1071

$$m = 300 \text{ g}$$

Tabela 13: Izračun tlaka z spremembo kota vboda pri 10 mL brizgi, z maso uteži 300 g

kot [°]	F_r [N]	F_s [N]	F_d [N]	p_i [N/cm ²]
15	3,5	0,9	3,4	321
45	3,5	2,5	2,5	893
90	3,5	3,5	0	1250

Komentar: Razstavljanje sil sva opravili za velikost sil pri izpraznjeni brizgi. Za to sva se odločili zaradi možnosti natančnejše in razločnejše skice razstavljanja sil. Slike razstavljanja sil so v prilogi.

- 20 mL brizga

$$m = 150 \text{ g}$$

Tabela 14: Izračun tlaka z spremembo kota vboda pri 20 mL brizgi, z maso uteži 150 g

kot [°]	F_r [N]	F_s [N]	F_d [N]	p_i [N/cm ²]
15	1,5	0,4	1,5	143
45	1,5	1,1	1,1	393
90	1,5	1,5	0	536

$$m = 200 \text{ g}$$

Tabela 15: Izračun tlaka z spremembo kota vboda pri 20 mL brizgi, z maso uteži 200 g

kot [°]	F_r [N]	F_s [N]	F_d [N]	p_i [N/cm ²]
15	2	0,5	1,9	179
45	2	1,4	1,4	500
90	2	2	0	714

$$m = 250 \text{ g}$$

Tabela 16: Izračun tlaka z spremembo kota vboda pri 20 mL brizgi, z maso uteži 250 g

kot [°]	F_r [N]	F_s [N]	F_d [N]	p_i [N/cm ²]
15	2,5	0,7	2,4	250
45	2,5	1,8	1,8	643
90	2,5	2,5	0	893

$$m = 300 \text{ g}$$

Tabela 17: Izračun tlaka z spremembo kota vboda pri 20 mL brizgi, z maso uteži 300 g

kot [°]	F_r [N]	F_s [N]	F_d [N]	p_i [N/cm ²]
15	3	0,8	2,9	286
45	3	2,1	2,1	750
90	3	3	0	1071

$$m = 350 \text{ g}$$

Tabela 18: Izračun tlaka z spremembo kota vboda pri 20 mL brizgi, z maso uteži 350 g

kot [°]	F_r [N]	F_s [N]	F_d [N]	p_i [N/cm ²]
15	3,50	0,9	3,4	321
45	3,50	2,5	2,5	893
90	3,50	3,5	0	1250

Komentar: Razstavljanje sil sva opravili za velikost sil pri izpraznjeni brizgi. Za to sva se odločili zaradi možnosti natančnejše in razločnejše skice razstavljanja sil. Slike razstavljanja sil so v prilogi.

3.4.3. Izračuni povprečnega časa iztekanja vode iz brizge in izračun napak merjenja

- 5 mL brizga

$$m = 100 \text{ g}$$

$$\bar{t} = \frac{6,00 \text{ s} + 5,64 \text{ s} + 7,24 \text{ s} + 4,19 \text{ s} + 4,26 \text{ s} + 7,68 \text{ s} + 8,39 \text{ s} + 5,94 \text{ s} + 7,01 \text{ s} + 7,72 \text{ s}}{10} = 6,41 \text{ s}$$

$$\Delta t = |7,72 \text{ s} - 6,41 \text{ s}| = 1,31 \text{ s}$$

$$t = (6,41 \pm 1,31) \text{ s}$$

$$\delta_t = \frac{1,31 \text{ s}}{6,41 \text{ s}} = 0,20$$

$$m = 150 \text{ g}$$

$$\bar{t} = 2,89 \text{ s}$$

$$\Delta t = |2,62 \text{ s} - 2,89 \text{ s}| = 0,27 \text{ s}$$

$$t = (2,89 \pm 0,27) \text{ s}$$

$$\delta_t = \frac{0,27 \text{ s}}{2,89 \text{ s}} = 0,09$$

$$m = 200 \text{ g}$$

$$\bar{t} = 1,95 \text{ s}$$

$$\Delta t = |1,71 \text{ s} - 1,95 \text{ s}| = 0,24 \text{ s}$$

$$t = (1,95 \pm 0,24) \text{ s}$$

$$\delta_t = \frac{0,24 \text{ s}}{1,71 \text{ s}} = 0,12$$

- 10 mL brizga

$$m = 250 \text{ g}$$

$$\bar{t} = 89,54 \text{ s}$$

$$\Delta t = |78,00 \text{ s} - 89,54 \text{ s}| = 11,54 \text{ s}$$

$$t = (89,54 \pm 11,54) \text{ s}$$

$$\delta_t = \frac{11,54 \text{ s}}{89,54 \text{ s}} = 0,13$$

$$m = 300 \text{ g}$$

$$\bar{t} = 55,89 \text{ s}$$

$$\Delta t = |51,47 \text{ s} - 55,89 \text{ s}| = 4,42 \text{ s}$$

$$t = (55,89 \pm 4,42) \text{ s}$$

$$\delta_t = \frac{4,42 \text{ s}}{55,89 \text{ s}} = 0,08$$

$$m = 350 \text{ g}$$

$$\bar{t} = 43,53 \text{ s}$$

$$\Delta t = |47,93 \text{ s} - 43,53 \text{ s}| = 4,40 \text{ s}$$

$$t = (43,53 \pm 4,40) \text{ s}$$

$$\delta_t = \frac{4,40 \text{ s}}{43,53 \text{ s}} = 0,10$$

- 20 mL brizga

$$m = 150 \text{ g}$$

$$\bar{t} = 38,01 \text{ s}$$

$$\Delta t = |35,30 \text{ s} - 38,01 \text{ s}| = 2,71 \text{ s}$$

$$t = (38,01 \pm 2,71) \text{ s}$$

$$\delta_t = \frac{2,71 \text{ s}}{38,01 \text{ s}} = 0,07$$

$$m = 200 \text{ g}$$

$$\bar{t} = 24,59 \text{ s}$$

$$\Delta t = |23,11 \text{ s} - 24,59 \text{ s}| = 1,48 \text{ s}$$

$$t = (24,59 \pm 1,48) \text{ s}$$

$$\delta_t = \frac{1,48 \text{ s}}{24,59 \text{ s}} = 0,06$$

$$m = 250 \text{ g}$$

$$\bar{t} = 13,04 \text{ s}$$

$$\Delta t = |13,88 \text{ s} - 13,04 \text{ s}| = 0,84 \text{ s}$$

$$t = (13,04 \pm 0,84) \text{ s}$$

$$\delta_t = \frac{0,84 \text{ s}}{13,04 \text{ s}} = 0,06$$

$$m = 300 \text{ g}$$

$$\bar{t} = 10,55 \text{ s}$$

$$\Delta t = |11,80 \text{ s} - 10,55 \text{ s}| = 1,25 \text{ s}$$

$$t = (10,55 \pm 1,25) \text{ s}$$

$$\delta_t = \frac{1,25 \text{ s}}{10,55 \text{ s}} = 0,12$$

$$m = 350 \text{ g}$$

$$\bar{t} = 8,04 \text{ s}$$

$$\Delta t = |7,49 \text{ s} - 8,04 \text{ s}| = 0,55 \text{ s}$$

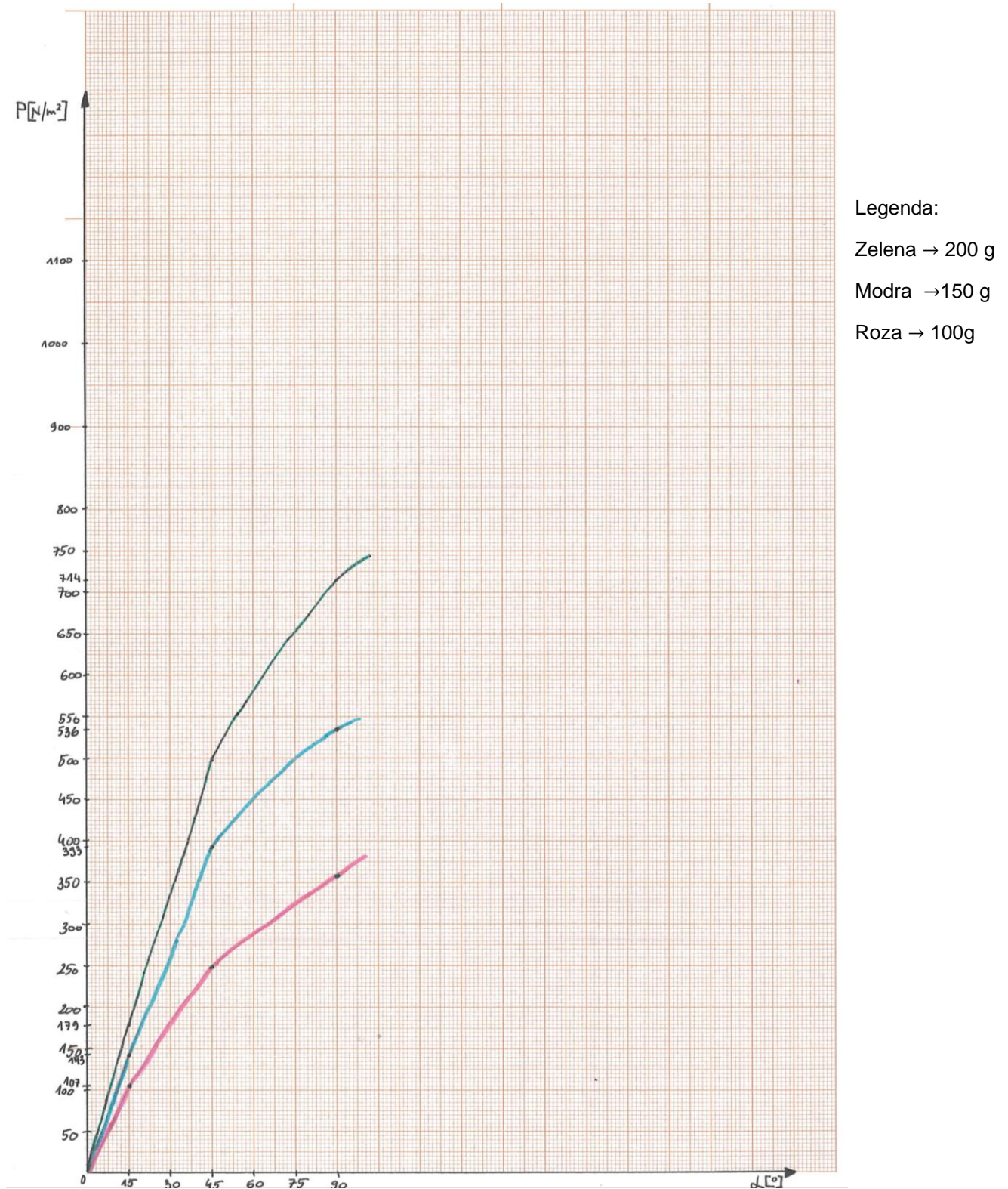
$$t = (8,04 \pm 0,55) \text{ s}$$

$$\delta_t = \frac{0,55 \text{ s}}{8,04 \text{ s}} = 0,07$$

Komentar: Postopek izračuna povprečja časa iztekanja vode iz brizge je prikazan zgolj pri prvem primeru. Pri ostalih sva zapisali samo izračunan povprečni čas iztekanja vode.

4. RAZPRAVA

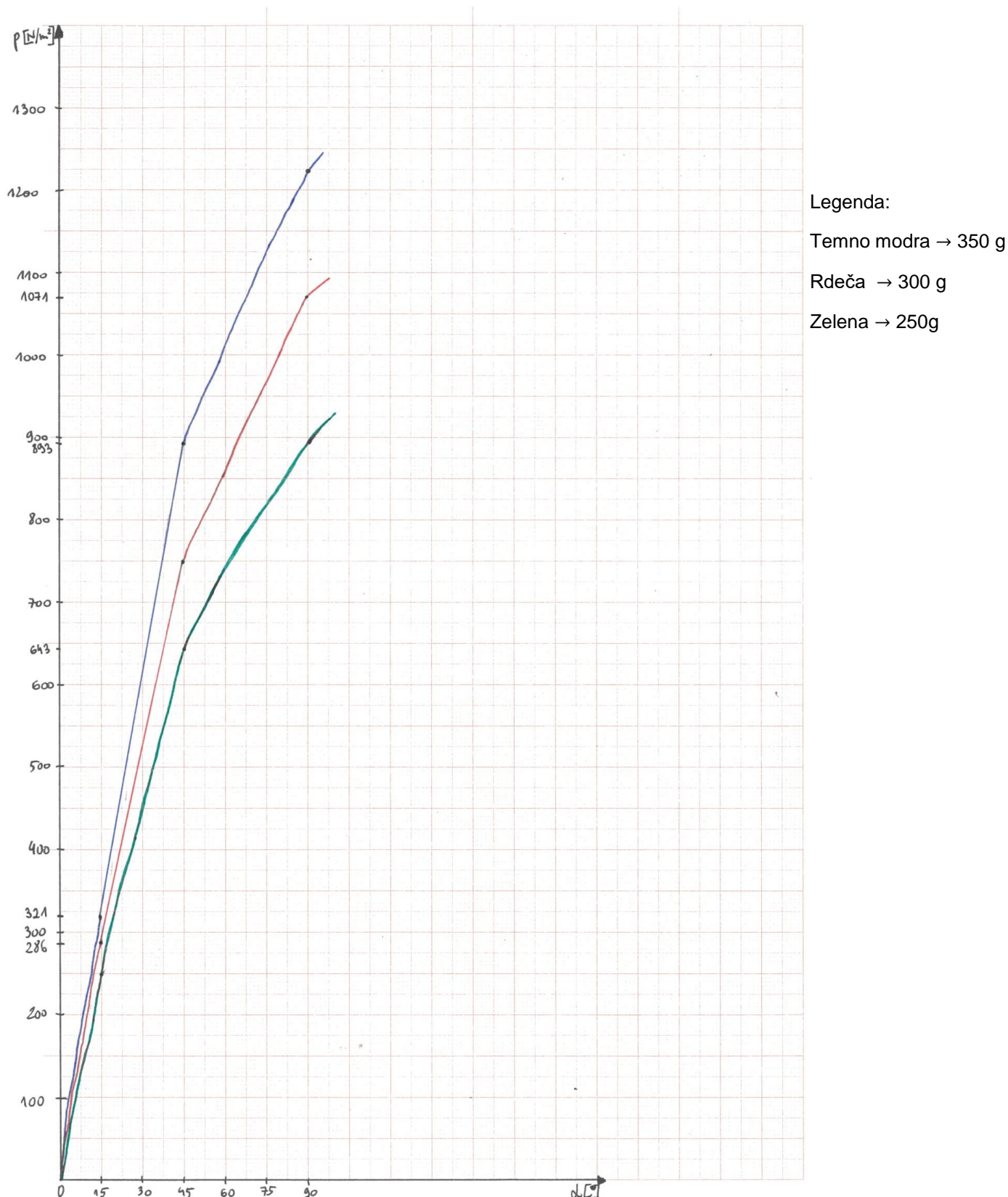
4.1. Analiza rezultatov



Graf 1: Graf tlaka v odvisnosti od spremembe velikosti vbojnega kota na kožo pri 5 mL brizgi

Iz grafa 1, ki prikazuje odvisnost tlaka od spremembe velikosti vbodnega kota na kožo pri 5 mL brizgi, lahko ugotovimo da se velikost tlaka ne spreminja premo sorazmerno z spreminjanjem velikosti vbodnega kota na kožo.

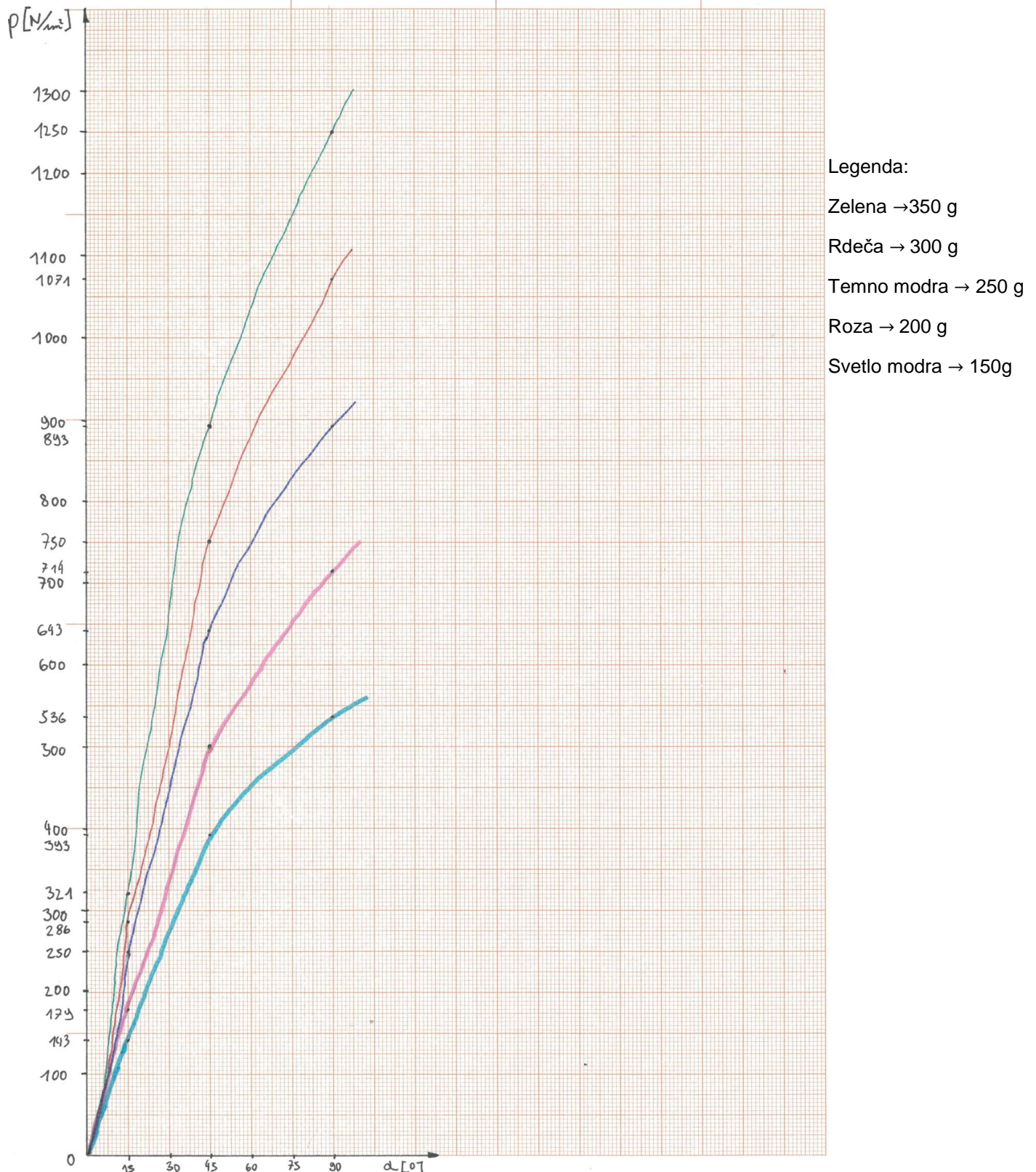
Do razlik med izračunanim tlakom iz formule in izračunanim tlakom iz razstavljanja sil pride zaradi zaokroževanja pri odčitavanju velikosti komponent razstavljenih sil.



Graf 2: Graf tlaka v odvisnosti od spremembe velikosti vbodnega kota na kožo pri 10 mL brizgi

Iz grafa 2, ki prikazuje odvisnost tlaka od spremembe velikosti vbodnega kota na kožo pri 10 mL brizgi lahko ugotovimo, da se velikost tlaka ne spreminja premo sorazmerno z spreminjanjem velikosti vbodnega kota na kožo.

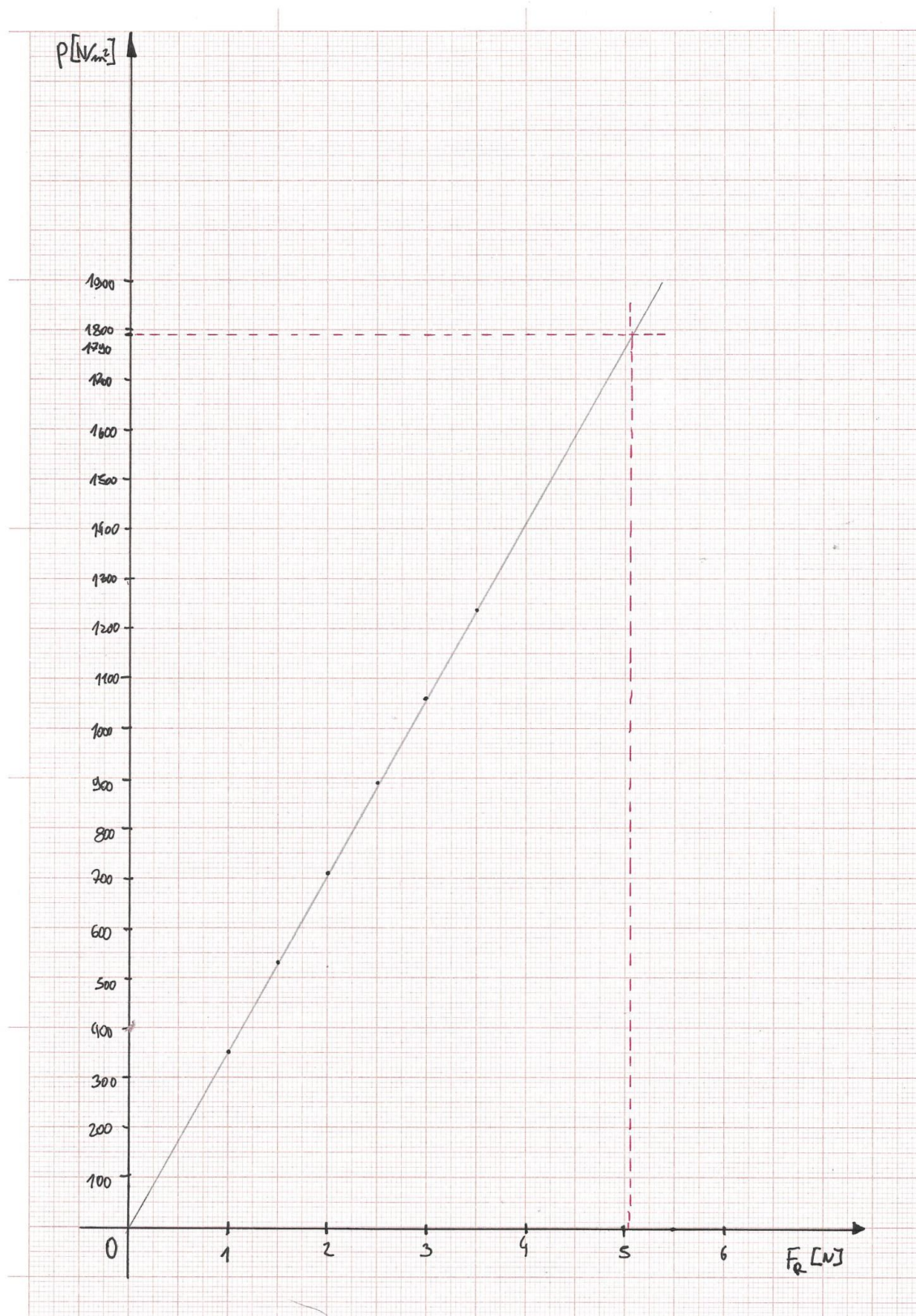
Do razlik med izračunanim tlakom iz formule in izračunanim tlakom iz razstavljanja sil pride zaradi zaokroževanja pri odčitavanju velikosti komponent razstavljenih sil.



Graf 3: Graf tlaka v odvisnosti od spremembe velikosti vbodnega kota na kožo pri 20 mL brizgi

Iz grafa 3, ki prikazuje odvisnost tlaka od spremembe velikosti vbodnega kota na kožo pri 20 mL brizgi lahko ugotovimo, da se velikost tlaka ne spreminja premo sorazmerno z spreminjanjem velikosti vbodnega kota na kožo.

Do razlik med izračunanim tlakom iz formule in izračunanim tlakom iz razstavljanja sil pride zaradi zaokroževanja pri odčitavanju velikosti komponent razstavljenih sil.



Graf 4: Graf tlaka v odvisnosti od velikosti rezultante sil

Iz grafa 4, ki prikazuje odvisnost tlaka s spreminjanjem velikosti rezultante sil, lahko ugotovimo da tlak premo sorazmerno narašča z povečevanjem rezultante sil.

V grafu 4 imamo narisano eno premico, ki opisuje odvisnost tlaka s spreminjanjem velikosti rezultante sile. Za to sva se odločili, saj sva pri izračunih velikosti rezultante sil upoštevali zgolj silo teže uteži in silo teže vode (v primeru, da je bila brizga napolnjena z vodo). Silo trenja, ki je posledica različnih materialov brizg, sva zanemarili.

Z rdečo črtkano črto je označena meja, ki opisuje tlak, potreben za prebod kože. Na podlagi naših meritev in izrisanega grafa sva ugotovili, da je sila, ki je potrebna za prebod kože pri naši igli enaka 5,05 N.

4.2. Potrditev hipotez

S pregledom zgodovinskih virov sva prišli do spoznanja, da so se skozi zgodovino brizge in igle spreminjale z namenom zmanjšanja bolečine ob injekcijah. Predvideva, da se bodo izboljšave nadaljevale tudi v prihodnosti. V sklopu te raziskovalne naloge sva našli nekaj smernic vrednih razmisleka.

Zanimalo naju je, kako se zdravniki in medicinske sestre odločajo za velikost vbodnega kota igle na kožo pri katerem pacienta cepijo. S študijem literature sva ugotovili, da se kot igle na kožo spreminja glede na plast kože, ki jo želimo doseči. Plast, ki jo želimo doseči, je odvisna od namena cepljenja, kar sva ugotovili preko prebiranja teorije. Teorijo sva preizkusili tudi z izdelovanjem modela, ki jasno prikaže, razmerje med kotom in ciljno plastjo kože. Najino razmišljanje je potrdil tudi pogovor z dr. Simonitijem. Pojasnil nama je, da bolj kot je igla pravokotna na kožo, globlje lahko pridemo.

Z razstavljanjem sil po paralelogramskem pravilu sva preveril najino prvo hipotezo.

Potrditev hipotez

Na začetku načrtovanja te raziskovalne naloge sva oblikovali tri hipoteze.

V prvi hipotezi sva predvidevali, da kot igle na kožo vpliva na tlak, ki povzroči bolečino ki jo čutimo ob cepljenju. Bolj kot je vbodni kot igle na kožo pravokoten, večja je sila in posledično tudi tlak. Ta hipoteza je potrjena, saj se sila premo sorazmerno manjša z zmanjševanjem kota glede na površino. Pri tem upoštevamo kote le od 0° do 90° . Pri 0° je kot najmanjši in posledično tudi sila. Pri 90° stopinjah je igla pravokotna na kožo

in je sila posledično največja. To nam dokazujejo tabele 8 do 11. Pri tem je potrebno poudariti, da je ta bolečina vezana na bolečino, ki jo čutimo ob prebodu igle skozi kožo.

V drugi hipotezi sva predvidevali, da je potisna sila premo sorazmerna z tlakom. Večja kot je potisna sila, večji je tudi tlak. Manjša kot je potisna sila, manjši je tlak. To hipotezo sva potrdili s pomočjo poskusa. To nam dokazujejo tabele 5 do 7, ki prikazujejo kako se tlak manjša z manjšanjem sile in večanjem premera igle, ter večja z večanjem sile in manjšanjem premera igle. Pri analizi te hipoteze je potrebno poudariti, da je ta bolečina vezana na bolečino, ki jo čutimo ob prebodu igle skozi kožo.

V tretji hipotezi sva predvidevali, da se kot igle na kožo spreminja glede na plast kože, ki jo želimo doseči. Če želimo doseči globljo plast, mora biti igla na kožo v pravokotnem položaju. To hipotezo sva potrdili z izdelavo modela kože in pogovorom z dr. Simonitijem. Ta nama je razložil, da je pri cepljenju igla pravokotna na kožo. Le tako igla doseže ciljno plast, mišico. Na modelu kože sva izvedli simulacijski postopek cepljenja, kjer sva spreminjali kot vboda in opazovali, katero plast kože igla prebode in doseže ciljno plast, mišico.

Tekom eksperimentalnega dela sva opazili, da je čas iztekanja vode iz brizg različen glede na to, s kolikšno silo delujemo na bat brizge. Po študiju literature sva našli raziskavo primerjave različnega načina izvedbe cepljenja. Girish in Ravi (2014) sta zdravih otrocih, starih med šestimi tedni in letom in pol primerjala, ali hitrost cepljenja vpliva na bolečino, ki jo čuti otrok. Cepljenje je bilo izvedeno z intramuskularno. V standardni metodi cepljenja so otroka cepili v pet do desetih sekundah, medtem ko pri pragmatični tehniki cepljenja so cepili v eni do dveh sekundah. Prišla sta do sklepa, da pragmatična tehnika izzove manj bolečin pri tej starostni skupini. Zato sva tudi izvedli poskus, s katerim sva želeli ponazoriti to enostavneje. Primerjali sva, čas, v katerem sva zaznali bolečino pri pritisku na risalni žebliček. Za boljše ponazoritev, sva na risalni žebliček pritiskali na vrh špice (ostrega dela). Risalni žebliček sva dali na tehniko. Povečevali sva silo palca na risalni žebliček, dokler nisva začutili bolečine. Prve meritve so bile za zaznavanje meje, pri kateri začutiva bolečino pri postopnem dodajanju sile na risalni žebliček. Nato sva dodajali do te sile v enkrat hitrejšem času. Prišli sva do iste ugotovitve, kot Girish in Ravi. Najina praga bolečine sta bila različna, vendar sva obe zaznali hujšo bolečino pri postopnem dovajanju sile, kot pri hitrem dodajanju sile.

Meritve in rezultati se razlikujejo oziroma imajo odstopanja zaradi različnih materialov brizg, različnih presekov, nekaj razlikovanj je tudi zaradi napak meritev. S tem sva želeli dokazati, da material brizge pomembno vpliva na izvedbo eksperimenta. Bolj natančne meritve bi lahko izvedli, v kolikor bi imeli natančnejši silomer za merjenje potisne sile. V smeri zmanjševanja bolečine pri cepljenju se izvaja veliko zanimivih raziskav, vendar v vseh omenjajo, da je bolečina odvisna od posameznika do posameznika. Stroka želi, da se cepljeni predvsem tudi psihično pripravijo na samo cepljenje, ter da imajo v svoji zavesti dejstvo, da je cepljenje varno, in da bolečina ne pomeni, da cepivo ne deluje. Kot zanimiva tehnika zmanjševanja bolečine se pojavlja tudi dovajanje tlaka pred samim cepljenjem na kožo. V kolikor so pred cepljenjem na mesto cepljenja dovedli tlak, so cepljeni zaznali manjšo bolečino kot brez predhodnega dovajanja tlaka.

5. ZAKLJUČEK

Za raziskovalno delo in izbrano temo sva se odločili, saj obe razmišljava o poklicu v medicini. Ob koncu raziskovalne naloge sva spremenili pogled na igle. Nanje zdaj gledava kot na pripomoček in ne kot na napravo, ki povzroča bolečino. Najbolj zanimiv je bil eksperimentalni del, kjer sva lahko izrazili svojo inovativnost. Veliko novega pa sva odkrili tudi pri raziskovanju zgodovinskega vidika, saj sva se pri odkrivanju napredka v razvoju cepljenja in medicinskih igel zamislili in ugotovili, da si njuno prihodnost sploh ne morava predstavljati. Všeč nama je bilo povezovanje področij biologije in fizike. Verjameva, da nama je eksperimentalno delo pomagalo razumeti fizikalni pojem tlak in kaj vse vpliva nanj. Pri delu nama je pomagal iskren pogovor z dr. Simonitijem, ki nama je razjasnil kar nekaj nejasnosti. Raziskovalna naloga je bila za naju izkušnja, ki nama bo zagotovo prišla prav tudi v prihodnosti.

Zahvala

Iskreno se zahvaljujeva Osnovni šoli Brežice, ki nama je omogočila prostor za delo, kot tudi za vse pripomočke, ki sva jih potrebovali.

Zahvaljujeva se dr. Simonitiju in medicinski sestri Andreji Slavnič, za njun čas, ki sta ga namenila za odgovarjanje na najina vprašanja.

Zahvaljujeva se učitelju Antonu Maroltu, ki naju je navdušil za fiziko in nama svetoval pri eksperimentalnem delu.

Zahvaljujeva se učiteljici Martini Suban, ker naju je usmerjala pri pisanju zgodovinskega dela.

Zahvaljujeva se učiteljici Tanji Bervar, za njeno vsestransko podporo, motivacijo ter strokovno mnenje o najini raziskovalni nalogi.

Zahvaljujeva se Katarini Novak za lektoriranje te raziskovalne naloge.

Zahvaljujeva se najinim staršem za vso podporo in skrb, ki sva jo bile deležne.

Največja zahvala pa gre najinima mentoricama, učiteljici Vesni Hribar in učiteljici Suzani Vlaisević - Bursać, za njuno neizmerno zagnanost, podporo in za čas, ki sta ga vložili v naju.

Viri in literatura

Cepljenje (2014). V Slovar slovenskega knjižnega jezika. <https://fran.si/iskanje?View=1&Query=cepljenje&hs=1>

Craig, R. (20.12.2018) *A history of syringes and needles*. <https://medicine.uq.edu.au/blog/2018/12/history-syringes-and-needles>
eZdravje. (b.d.). *Zgradba kože*. <https://www.ezdravje.com/zdravje-in-dobro-pocutje/nega-koze/zgradba-koze/?s=vse>

Edelbo Raaschou, U. (2011). Geni bolečine (2021) *Science Illustrated*, 137(3), 12-21.
Fon, D., Kreft, M., Stojan Dolar, M. (2019). *Človeško telo: Učbenik za biologijo v 8. razredu osnovne šole*. (1. izdaja). Rokus Klett.

Girish, G., N. in Ravi, M. D. (2014). Vaccination Related Pain: Comparison of Two Injection Techniques. *The Indian Journal of Pediatrics* 81, 1327-1331.

Gorjup, S. (2018). *Zgodovina cepljenja v Sloveniji in sestavine cepiv* [Diplomsko delo, Univerza v Ljubljani, Zdravstvena fakulteta]. Repozitorij UL. <https://repozitorij.uni-lj.si/Dokument.php?id=114530&lang=slv>

Grubelnik, L., Zupan, D., Gosak, M., Markovič, R., Ketiš, B., Repnik, R., Jug, M., (2014). *Fizika 8*. <https://eucbeniki.sio.si/fizika8/219/index3.html#>

Kopčavar Guček, N. *Cepljenje: za in proti* [Predstavitev PPT]. https://www.mf.uni-lj.si/application/files/2015/3782/8247/4_nena.pdf

Kraigher, A., Ihan, A., Avčin, T. (2011). *Cepljenje in cepiva – dobre prakse varnega cepljenja*. Inštitut za varovanje zdravja v Sloveniji.

Muršič, Z. in Ratej, M. (5.12.2020). *Cepljenje obvarovalo milijardo in pol človeških življenj*. <https://www.rtvlo.si/zdravje/cepljenje-obvarovalo-milijardo-in-pol-cloveskih-zivljenj/544608>

NIJZ (2014.) *Cepljenje*. <https://www.nijz.si/sl/podrocja-dela/nalezljive-bolezni/cepljenje>

Naravni kotichek (2017). *KOŽA - 1.del: Zgradba in funkcija kože*. <https://www.naravni-koticek.si/blog/zgradba-in-funkcija-koze/>

NIJZ (29.1.2019). *Steklina*. <https://www.nijz.si/sl/steklina>

Repnik, R., Svetec, M., Jug, M., Ahčin, T., Bežjak, G., Jagličič, Z., Gosak, M., (2014). *Fizika 9*. <https://eucbeniki.sio.si/fizika9/171/index4.html>

Simonović, Z. (27.12.2012). *Osnovna dejstva o cepljenju in cepivih*. <https://metinalista.si/osnovna-dejstva-o-cepljenju-in-cepivih/>

South Australian Medical Heritage Society Inc. (b.d.) *A history of syringes*. Pridobljeno z

<https://www.samhs.org.au/Virtual%20Museum/Medicine/Needlesandsyringes/history%20of%20syringes/history%20of%20syringes.html>

The history of syringe. (b.d.). [The History of the Syringe \(omnisurge.co.za\)](http://www.omnisurge.co.za)

Štajner, K. *Revolucija v medicini cepiva* [Predstavitev PPT]. <http://solalucija.splet.arnes.si/files/2020/02/virus.pdf>

Žigon, S., Pintarič, M., (2016). *Fizika 8: Samostojni delovni zvezek s poskusi za fiziko v osmem razredu osnovne šole*. Mladinska knjiga Založba, d.d.

Vaccine history: Developments by year (2019) <https://www.chop.edu/centers-programs/vaccine-education-center/vaccine-history/developments-by-year>

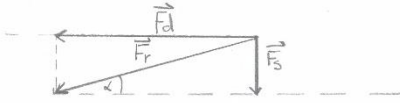
Ustni vir

Miha Simoniti, dr. med., specialist infektologije in Andreja Slavnič, medicinska sestra (marec, 2021).

5 mL brizga

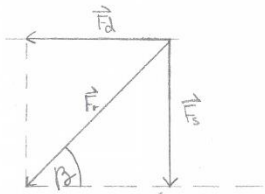
1 cm ... 0,25 N

$$\vec{F}_R = 1\text{ N}$$
$$\alpha = 15^\circ$$



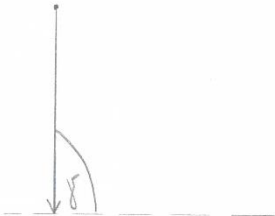
1 cm ... 0,25 N

$$\vec{F}_R = 1\text{ N}$$
$$\beta = 45^\circ$$



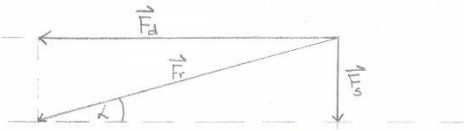
1 cm ... 0,25 N

$$\vec{F}_R = 1\text{ N}$$
$$\gamma = 30^\circ$$



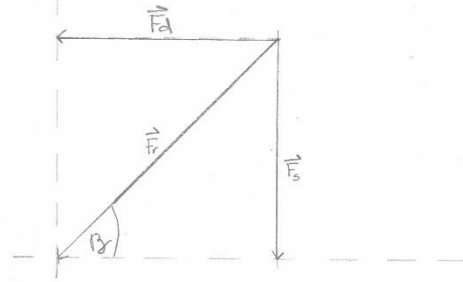
1 cm 0,25 N

$$\vec{F}_r = 1,5 \text{ N}$$
$$\alpha = 15^\circ$$



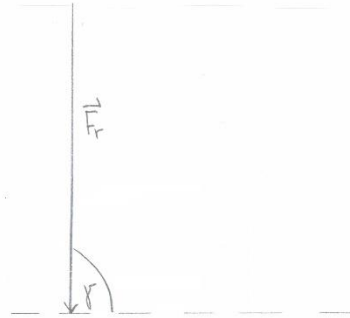
1 cm 0,25 N

$$\vec{F}_r = 1,5 \text{ N}$$
$$\beta = 45^\circ$$

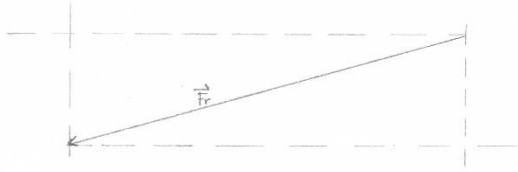


1 cm 0,25 N

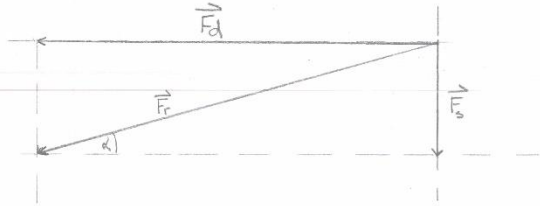
$$\vec{F}_r = 1,5 \text{ N}$$
$$\gamma = 30^\circ$$



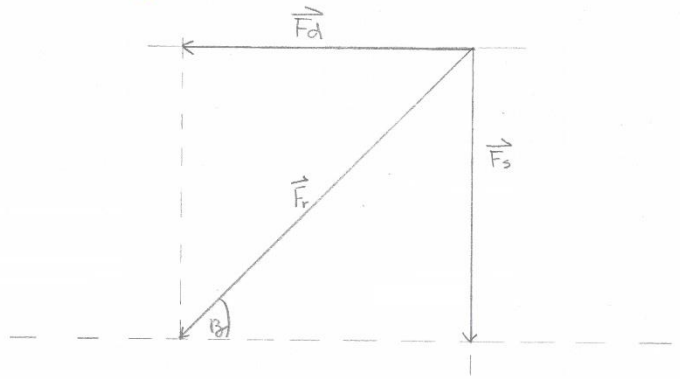
1cm.... 0,25 N
 $\vec{F}_r = 2\text{ N}$
 $\alpha = 15^\circ$



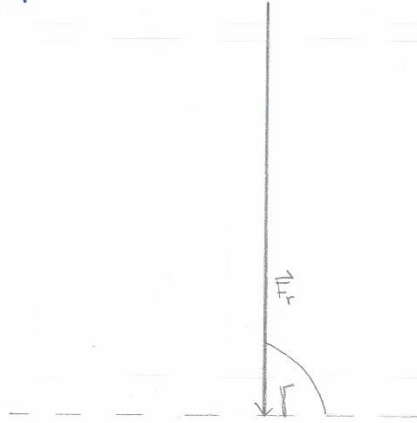
1cm.... 0,25 N
 $\vec{F}_r = 2\text{ N}$
 $\alpha = 15^\circ$



1cm.... 0,25 N
 $\vec{F}_r = 2\text{ N}$
 $\beta = 45^\circ$



1cm.... 0,25 N
 $\vec{F}_r = 2\text{ N}$
 $\gamma = 30^\circ$

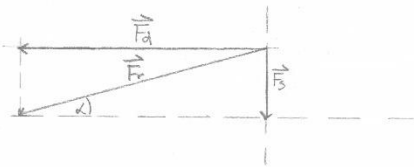


10 mL brizga

1 cm ... 0,5 N

$\vec{F}_r = 2,5 \text{ N}$

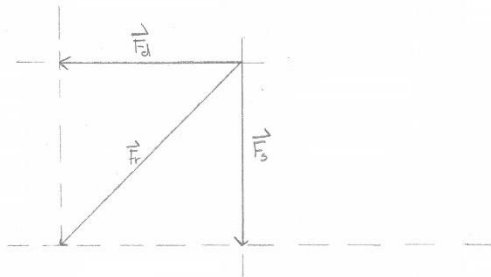
$\alpha = 15^\circ$



1 cm ... 0,5 N

$\vec{F}_r = 2,5 \text{ N}$

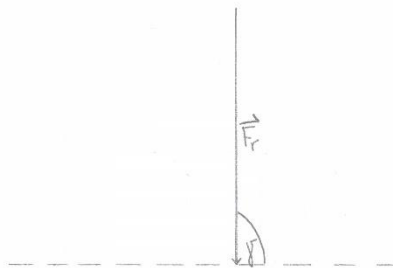
$\beta = 45^\circ$



1 cm ... 0,5 N

$\vec{F}_r = 2,5 \text{ N}$

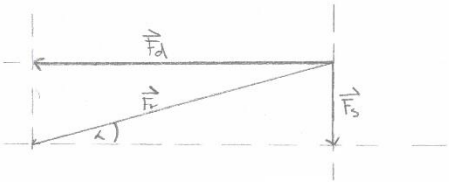
$\gamma = 90^\circ$



1 cm ... 0,5 N

$\vec{F}_r = 3 \text{ N}$

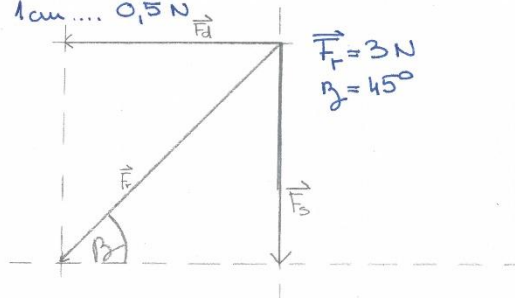
$\alpha = 15^\circ$



1 cm ... 0,5 N

$\vec{F}_r = 3 \text{ N}$

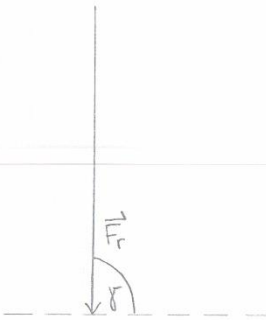
$\beta = 45^\circ$



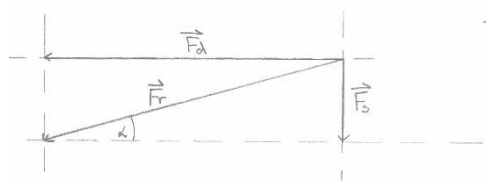
1 cm ... 0,5 N

$\vec{F}_r = 3 \text{ N}$

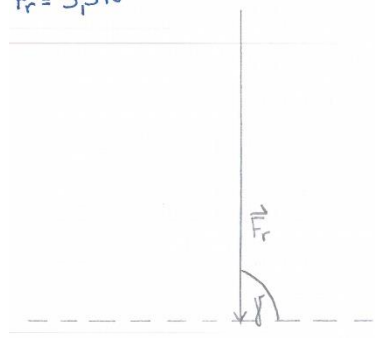
$\gamma = 90^\circ$



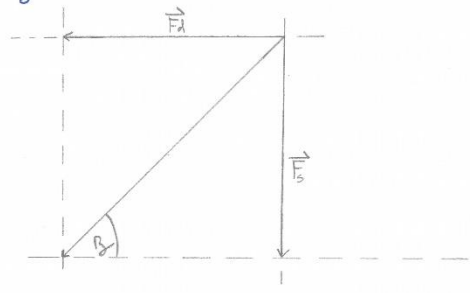
$1 \text{ cm} \dots 0,5 \text{ N}$
 $\vec{F}_r = 3,5 \text{ N}$
 $\alpha = 15^\circ$



$1 \text{ cm} \dots 0,5 \text{ N}$
 $\gamma = 90^\circ$
 $\vec{F}_r = 3,5 \text{ N}$



$1 \text{ cm} \dots 0,5 \text{ N}$
 $\vec{F}_r = 3,5 \text{ N}$
 $\beta = 45^\circ$

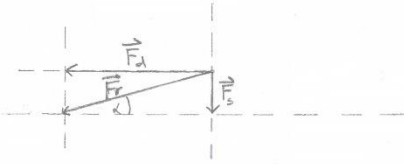


20 mL brizga

1 cm ... 0,5 N

$$\vec{F}_r = 1,5 \text{ N}$$

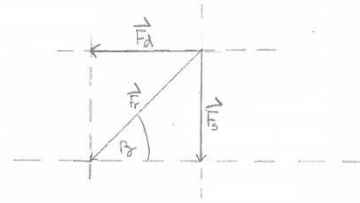
$$\alpha = 15^\circ$$



1 cm ... 0,5 N

$$\vec{F}_r = 1,5 \text{ N}$$

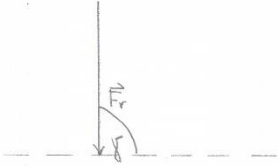
$$\beta = 45^\circ$$



1 cm ... 0,5 N

$$\vec{F}_r = 1,5 \text{ N}$$

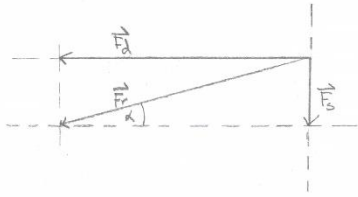
$$\gamma = 30^\circ$$



1cm... 0,5N

$$\vec{F}_r = 2,5 \text{ N}$$

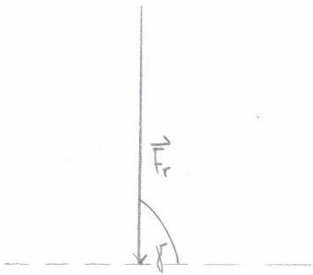
$$\alpha = 15^\circ$$



1cm... 0,5N

$$\vec{F}_r = 2,5 \text{ N}$$

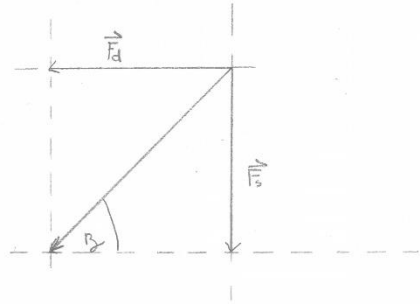
$$\gamma = 30^\circ$$



1cm... 0,5 N

$$\vec{F}_r = 2,5 \text{ N}$$

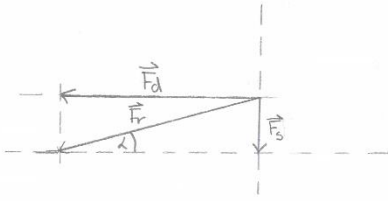
$$\beta = 45^\circ$$



1cm.... 0,5N

$$\vec{F}_r = 2\text{ N}$$

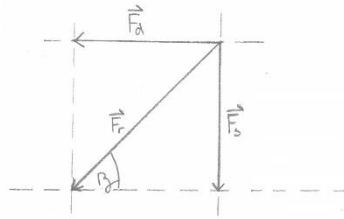
$$\alpha = 15^\circ$$



1cm.... 0,5N

$$\vec{F}_r = 2\text{ N}$$

$$\beta = 45^\circ$$



1cm.... 0,5N

$$\vec{F}_r = 2\text{ N}$$

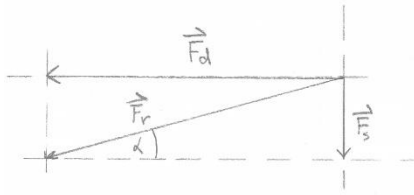
$$\gamma = 90^\circ$$



1 cm ... 0,5 N

$\vec{F}_r = 3 \text{ N}$

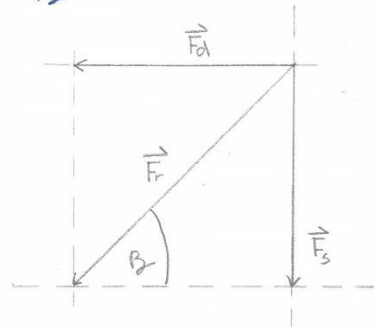
$\alpha = 15^\circ$



1 cm ... 0,5 N

$\vec{F}_r = 3 \text{ N}$

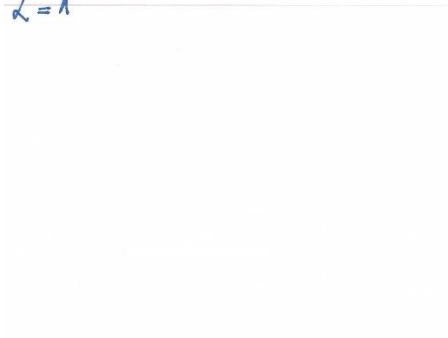
$\beta = 45^\circ$



1 cm ... 0,5 N

$\vec{F}_r = 3 \text{ N}$

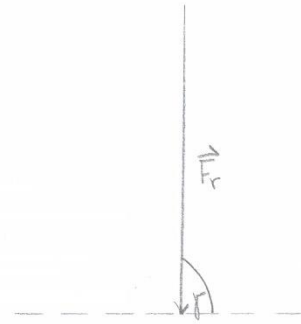
$\alpha = 1$



1 cm ... 0,5 N

$\vec{F}_r = 3 \text{ N}$

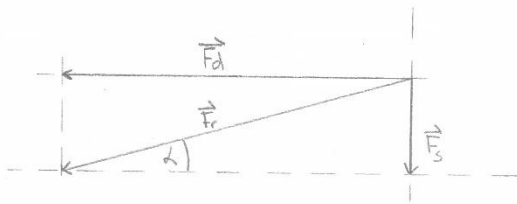
$\gamma = 90^\circ$



1 cm ... 0,5 N

$$\vec{F}_r = 3,5 \text{ N}$$

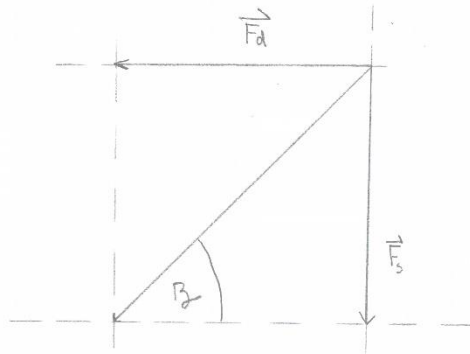
$$\alpha = 45^\circ$$



1 cm ... 0,5 N

$$\vec{F}_r = 3,5 \text{ N}$$

$$\beta = 45^\circ$$



1 cm ... 0,5 N

$$\vec{F}_r = 3,5 \text{ N}$$

$$\gamma = 90^\circ$$

