



Osnovna šola Polje

Raziskovalna naloga

NAČINI MERJENJA TEŽNEGA POSPEŠKA

Fizika in astronomija

Avtorja:

Luka Ogrič, 9. a

Teo Škrabič, 9. a

Mentorica:

mag. Polona Theuerschuh

Ljubljana, 2021

ZAHVALA

Zahvaljujeva se mentorici mag. Poloni Theuerschuh.

Zahvaljujeva se tudi:

- odraslim anketirancem, ki so si vzeli čas za reševanje anketnega vprašalnika,
- učencem 8. in 9. razreda OŠ Polje, ki so odgovarjali na vprašanja v anketi,
- gospodu Sebastjanu Zamudi, zaposlenemu na Gimnaziji Bežigrad,
- gospodu Timoteju Maroševiču, zaposlenemu na Gimnaziji Vič,
- gospe Nadi Žonta Koprivšek, zaposleni na Gimnaziji Poljane,
- gospodu Alešu Razingerju, zaposlenemu na Gimnaziji Moste,
- gospe Marjani Benedik, zaposleni na Gimnaziji Bežigrad,
- gospodu Tomažu Podobniku, zaposlenemu na Fakulteti za matematiko in fiziko,
- gospe Maji Ilar, zaposleni na OŠ Kašelj in
- najinim staršem, ki so naju podpirali pri delu.

Luka in Teo

POVZETEK

Idejo za raziskovalno nalogo sva dobila že lansko leto, ko sva videla devetošolce meriti težni pospešek. Z rezultati niso bili preveč zadovoljni, zato sva pomislila, kako bi lahko midva dobila boljše rezultate.

Odločila sva se, da bova izmerila težni pospešek na vse načine, ki jih lahko izvedeva v osnovni šoli – od »klasičnih«, s katerimi so težni pospešek določali že najini starši v času svojega šolanja, do bolj »sodobnih«, ki so v uporabi zadnja leta.

Z eksperimenti sva skušala ugotoviti, kateri način merjenja nas v šolskih okoliščinah lahko pripelje do rezultata, ki se bo najbolj približal dejanski vrednosti. Odločila sva se, da bova poskuse načrtovala in izvedla sama, saj naju je zanimalo, na kaj vse mora biti raziskovalec pozoren pri načrtovanju in izvedbi poskusov.

Zanimalo naju je tudi, kako dobro učenci in odrasli poznajo težni pospešek, zato sva sestavila anketni vprašalnik, s katerim sva preverila njihovo znanje. Odrasle anketirance sva tudi povprašala ali so kdaj merili težni pospešek in na kakšne načine. Ugotovila sva, da je težni pospešek merila približno četrtina odraslih anketirancev in le posamezni učenci, kar gre verjetno pripisati šolanju na daljavo zaradi Covid-19.

Intervjuvala sva tudi več učiteljev fizike na različnih stopnjah izobraževanja. Od njih sva izvedela, na kakšne načine merijo težni pospešek pri pouku in zakaj so eksperimenti v fiziki tako pomembni.

Raziskovanje je bilo zanimivo in ob njem sva se veliko naučila.

1 UVOD

Idejo za raziskovalno nalogo sva dobila že lansko leto, ko sva videla devetošolce meriti težni pospešek. Z rezultati niso bili preveč zadovoljni, zato sva pomislila, kako bi lahko midva dobila boljše rezultate.

Odločila sva se, da bova izmerila težni pospešek na vse načine, ki jih lahko izvedeva v osnovni šoli – od »klasičnih«, s katerimi so težni pospešek določali že najini starši v času svojega šolanja, do bolj »sodobnih«, ki so v uporabi zadnja leta.

Z eksperimenti bova skušala ugotoviti, kateri način merjenja nas v šolskih okoliščinah lahko pripelje do rezultata, ki se bo najbolj približal dejanski vrednosti. Odločila sva se, da bova poskuse načrtovala in izvedla sama, saj naju zanima, na kaj vse mora biti raziskovalec pozoren pri načrtovanju in izvedbi poskusov.

Ker naju zanima tudi, kako dobro učenci in odrasli poznajo težni pospešek, bova sestavila anketni vprašalnik za učence 8. in 9. razreda. Devetošolci so se letos že srečali s poglavjem enakomerno pospešeno gibanje in padanje, osmošolci pa še ne, zato naju zanima, ali bodo med njihovimi odgovori pomembne razlike.

Znanje bova preverila tudi pri odraslih. Odrasle bova povprašala tudi, ali so že kdaj merili težni pospešek in na kakšne načine.

Intervjuvala bova tudi več učiteljev fizike na različnih stopnjah izobraževanja. Od njih bova skušala izvedeti, na kakšne načine merijo težni pospešek pri pouku.

Poskuse bo najbrž treba večkrat ponoviti, a se že veseliva eksperimentalnega dela.

2 TEŽNOST IN TEŽNI POSPEŠEK

V slovarju SSKJ najdemo razlago besede težnost: »Težnost - fizikalni pojav, da se telesa privlačijo zaradi svoje mase.«¹ Sinonim za težnost je gravitacija.

Sila, s katero delujeta drugo na drugo telesi, ki se ne dotikata, npr. Zemlja in Sonce, se imenuje gravitacijska sila. Ti telesi delujeta eno na drugo po praznem prostoru na daljavo. Telesi se med seboj privlačita in po zakonu o vzajemnem učinku delujeta eno na drugo z nasprotno enako silo.

Silo izračunamo z Newtonovim gravitacijskim zakonom:²

$$F = \kappa \cdot \frac{m_1 m_2}{r^2}$$

Pri tem je m_1 masa prvega telesa, m_2 masa drugega telesa, r razdalja med njunima središčema, κ je gravitacijska konstanta (lahko jo označimo tudi z G), katere vrednost je $6,67 \cdot 10^{-11} \frac{Nm^2}{kg^2}$.³

Zakon je prvi zapisal Isaac Newton (1687) v knjigi Principia mathematica philosophiae naturalis.⁴

Gravitacijska konstanta je ena izmed najpomembnejših naravnih konstant, hkrati pa je tudi najslabše določena konstanta, saj je zelo težko določiti šibko silo gravitacije med dvema telesoma, poleg tega pa je vedno prisotna tudi kakšna druga sila, ki moti meritve.

¹ Težnost. Pridobljeno 12. 12. 2020 s <https://fran.si/133/sskj2-slovar-slovenskega-knjiznega-jezika-2/4540024/teznost?View=1&Query=te%c5%benost&All=te%c5%benost&FilteredDictionaryIds=133>

² Strnad, J. Fizika. 1. del. 2016. Ljubljana: DMFA

³ Gravitacijska konstanta. Pridobljeno 21. 12. 2020 s http://wiki.fmf.uni-lj.si/wiki/Gravitacijska_konstanta

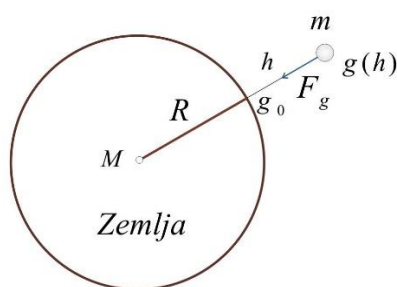
⁴ Strnad, J. Fizika. 1. del. 2016. Ljubljana: DMFA

Gravitacijska sila je namreč najšibkejša od vseh sil in postane zaznavna šele med objekti velikih mas – zvezd in planetov. Zaradi šibkosti sil je njena velikost zelo majhna.⁵

Teža je gravitacijska sila, s katero deluje Zemlja z maso m_z na telo z maso m .

$$F_g = \kappa \cdot \frac{m_z m}{r^2}$$

V enačbi je r razdalja od središča Zemlje.



Slika 1: Sila teže nad površjem Zemlje.

Enačbo lahko zapišemo tudi:⁶

$$F_g = \kappa \cdot \frac{m_z m}{r^2} = m \cdot g$$

Iz tega dobimo za težni pospešek:⁷

$$g = \kappa \cdot \frac{m_z}{r^2}$$

Na površini Zemlje je težni pospešek enak:⁸

$$g_0 = \kappa \cdot \frac{m_z}{r_z^2}$$

⁵ Domen Kajput, Določanje težnega pospeška. Pridobljeno 14.1.2021 s https://skupnost.sio.si/pluginfile.php/418186/mod_folder/content/0/DOLOCANJE_GRAVITACIJSKEGA_POSPEKA_IN_DOKAZOVANJE_rotacije_-_2008.docx?forcedownload=1

⁶ Strnad, J. Fizika. 1. del. 2016. Ljubljana: DMFA

⁷ Strnad, J. Fizika. 1. del. 2016. Ljubljana: DMFA

⁸ Strnad, J. Fizika. 1. del. 2016. Ljubljana: DMFA

Težni pospešek je pospešek predmeta pri prostem padu nad površjem telesa. Od tega pospeška je odvisna teža predmeta na površju nebesnega telesa. Masa telesa vedno ostane enaka, spremeni se samo sila, s katero se telesi medsebojno privlačita, torej teža (F).

Težni pospešek, oz. gravitacijski pospešek se navadno ne označuje z malo črko a, kot navadni pospešek, temveč ima svojo oznako, to je mala črka g.

Težni pospešek se zmanjšuje s kvadratom razdalje (višine), kar pomeni, da se sila med telesoma s povečevanjem razdalje zmanjšuje:⁹

$$g = g_0 \cdot \frac{r_0^2}{r^2}$$

Težni pospešek nad površjem Zemlje pojema z višino.

Pod površino Zemlje pa težni pospešek narašča linearno dokler na površju Zemlje ne doseže vrednosti g_0 .

Pri osnovnošolski obravnavi težnega pospeška pravimo, da je težni pospešek za vsa telesa na Zemlji enak in da je njegova vrednost $9,8 \text{ m/s}^2$. V nalogah običajno uporabljamo kar zaokroženo vrednost 10 m/s^2 .

Vrednost gravitacijskega pospeška pa ni povsod na Zemlji enaka, pač pa se spreminja z zemljepisno širino. Odvisna je tudi od sploščenosti Zemlje.

Tako je težni pospešek najmanjši na ekvatorju ($9,789 \text{ m/s}^2$) in največji na polih ($9,823 \text{ m/s}^2$).¹⁰

⁹ Strnad, J. Fizika. 1. del. 2016. Ljubljana: DMFA

¹⁰ Težni pospešek. Pridobljeno 21.12. 2020 s https://sl.wikipedia.org/wiki/Te%C5%BEni_pospe%C5%A1ek

2.1 Merjenje težnega pospeška

Težni pospešek lahko merimo na več različnih načinov,¹¹ med drugim tudi:

- z nitnim nihalom,
- s prožno vzmetjo in
- po teoriji.

2.2.1 Določitev z nitnim nihalom

Tu izhajamo iz enačbe za nihajni čas (t_0) matematičnega nihala z znano dolžino (l). Za majhne amplitude velja formula:¹²

$$t_0 = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}}$$

Vzamemo eno ali dve nihali in jima izmerimo nihajni čas. Najbolje je, da čas izmerimo večkrat (npr. desetkrat) in ga delimo (v tem primeru z 10). Tako dobimo najbolj natančno povprečno vrednost nihajnega časa. Nato še preoblikujemo formulo za g in dobimo:¹³

$$g = \frac{4\pi^2 \times l}{t_0^2}$$

Vstavimo naše podatke in tako izračunamo povprečno vrednost težnega pospeška. Te podatke lahko vstavimo tudi v tabelo.

¹¹ Marjan Prosen, Trije načini določitve težnega pospeška. Pridobljeno 14.1.2021 s <https://www.dlib.si/stream/URN:NBN:SI:doc-AVJDMTQ5/e3926f27-53d4-47fe-9204-cc63c634f61e/PDF>

¹² Marjan Prosen, Trije načini določitve težnega pospeška. Pridobljeno 14.1.2021 s <https://www.dlib.si/stream/URN:NBN:SI:doc-AVJDMTQ5/e3926f27-53d4-47fe-9204-cc63c634f61e/PDF>

¹³ Marjan Prosen, Trije načini določitve težnega pospeška. Pridobljeno 14.1.2021 s <https://www.dlib.si/stream/URN:NBN:SI:doc-AVJDMTQ5/e3926f27-53d4-47fe-9204-cc63c634f61e/PDF>

2.2.2 Določitev s prožno vzmetjo

Za prožno vzmet oz. vzmetno tehtnico velja Hookov zakon. Podaljšek s je sorazmeren z natezno silo, kjer je k znana konstanta vzmeti. Če konstante ne poznamo, jo določimo že pred meritvami težnega pospeška. Na vzmet obesimo nekaj uteži in vsakič izmerimo podaljšek. Nato po spodnji formuli izračunamo k in določimo povprečno vrednost.¹⁴

$$k = \frac{F}{s}$$

Nato vzamemo eno ali dve prožni vzmeti in nanjo obesimo utež z znano maso in vsakič izmerimo podaljšek ko pride do ravnovesja med F_g in F . Nato izračunamo težni pospešek po formuli:¹⁵

$$g = \frac{ks}{m}$$

V formulo vstavimo številke in izračunamo. To naredimo večkrat in na koncu izračunamo še povprečno vrednost pospeška.

¹⁴ Moja prva fizika 1, učbenik za fiziko v 8. razredu osnovne šole. 2019. Modrijan izobraževanje.

¹⁵ Marjan Prosen, Trije načini določitve težnega pospeška. Pridobljeno 14.1.2021 s <https://www.dlib.si/stream/URN:NBN:SI:doc-AVJDMTQ5/e3926f27-53d4-47fe-9204-cc63c634f61e/PDF>

3 MERSKE NAPAKE

Pri merjenju lahko nastanejo napake, ki so lahko sistematične ali slučajne.

Sistematične napake nastanejo kot posledica napake merilne naprave (npr. pokvarjena, deformirana naprava), postopka ali interpretacije (npr. netočen model). Napaka izhaja iz nenatančnosti uporabljenega merilnika. Velikokrat je podatek o sistematični napaki zapisan na merilniku, če pa podatek ni zapisan, pa napako lahko ocenimo.¹⁶

Največji problem pri sistematičnih napakah je, da vse izmerjene meritve pokažejo preveliko ali premajhno vrednost glede na resnično vrednost. Sistematične napake je zato težko prepoznati in odpraviti, saj jih s ponavljanjem meritve praviloma ne zaznamo.¹⁷

Slučajne ali naključne napake nastanejo zaradi površnosti (npr. zaradi slabih refleksov ali slabe presoje). Slučajne napake je lažje prepoznati ter jih odpraviti kot sistematske napake. Slučajne napake zmanjšamo tako, da smo pri meritvah čim bolj natančni ter poskušamo predvidevati, kaj gre pri meritvi lahko narobe in se tem dejavnikom izogniti.¹⁸ Slučajnim napakam se lahko izognemo oz. jih približamo resnični vrednosti z velikim številom ponovitev, ter iz njih izračunamo povprečno vrednost.¹⁹

¹⁶ Pople, S. 1998. Fizika / Shematski pregled. Ljubljana: Tehniška založba Slovenije.

¹⁷ E-va, Merske napake. Pridobljeno 18.1.2021 s
<http://www.nauk.si/materials/4294/out/index.html#state=7>

¹⁸ Pople, S. 1998. Fizika / Shematski pregled. Ljubljana: Tehniška založba Slovenije.

¹⁹ Napake pri merjenju. Pridobljeno 19.1.2021 s
https://dijaski.net/gradivo/fiz_sno_napake_pri_merjenju_01

3.4 Povprečna vrednost

Povprečna vrednost je podatek, ki ga dobimo z izračunom srednje vrednosti večjega števila enakovrednih podatkov. Ta vrednost nam poda koristno oceno vrednosti merjenja količine. Označimo jo z $\bar{a}$.

Računamo jo po formuli:

$$\bar{a} = \frac{a_1 + a_2 + a_3 + \dots + a_n}{n}, \text{ n je število vseh meritev.}^{20}$$

Povprečno vrednost pa vedno zapišemo le do tistega mesta natančno, do katerega je napisana absolutna napaka.²¹

3.2 Absolutna napaka

Absolutna napaka je odstopanje izmerjene vrednosti od povprečne vrednosti. Torej z absolutno napako izrazimo velikost napake, ki smo jo naredili.²²

$$|a - A|$$

Izračunamo jo tako, da upoštevamo samo 2/3 vseh merjenj, ostale, ki najbolj odstopajo, pa izločimo. Največja vrednost odmika, ki jo še upoštevamo, se razglasi za absolutno napako. Tako z absolutno napako izrazimo mejo, znotraj katere verjetno leži prava vrednost merjene količine.²³

²⁰ Stockley, C., Oxlade, C. in Wertheim, J. (2015). Slikovni priročnik FIZIKA. Ljubljana: Tehniška založba Slovenije.

²¹ Jože Stare, Povprečna vrednost. Pridobljeno 20.1.2021 s

<http://www2.arnes.si/~oskratl1s/fizika/vsebine%208%20razred/Povprecna%20vrednost.pdf>

²² VIR : Približki in napake. Pridobljeno 19.1.2021 s

https://si.openprof.com/wb/pribli%C5%Beki_in_napake?ch=33#Absolutna_napaka

²³ Ambrožič, M., Drevenšek Olenik, I., Vilfan, M. Fizika. Pridobljeno 23.1.2021 s

https://jazbec.ijs.si/mvilfan/FRI_Fizika.pdf

Velja pa tudi, če z ε označimo možno vrednost za absolutno napako, potem je točna vrednost omejena z

$$A - \varepsilon < a < A + \varepsilon$$

ali drugače rečeno

$$a = A \pm \varepsilon$$

To lahko razumemo tako, da je a največ $a = A + \varepsilon$ in najmanj $a = A - \varepsilon$.

ε je grška črka epsilon.²⁴

3.3 Relativna napaka

Relativna napaka je količnik absolutne napake in povprečne vrednosti. Pove nam napako meritve, izraženo v odstotkih. Po navadi jo označimo z malo črko r . Relativna napaka je število in zanjo ni potrebna merska enota. Pri ocenjevanju nas pogosto bolj kot velikost napake zanima razmerje z resnično vrednostjo.²⁵ Dobljenemu razmerju rečemo relativna napaka, torej z njo izrazimo natančnost meritve, ki je enaka:²⁶

$$\frac{|a - A|}{a}$$

Če imamo podano relativno napako lahko dobimo absolutno napako z množenjem povprečne vrednosti in relativne napake. Manjša kot je relativna napaka, bolj natančna je meritev.²⁷

²⁴ Približki in napake. Pridobljeno 19.1.2021 s

https://si.openprof.com/wb/pribli%C5%BEki_in_napake?ch=33#Absolutna_napaka

²⁵ Ambrožič, M., Drevenšek Olenik, I., Vilfan, M. Fizika. Pridobljeno 23.1.2021 s

https://jazbec.ijs.si/mvilfan/FRI_Fizika.pdf

²⁶ Približki in napake. Pridobljeno 19.1.2021 s

https://si.openprof.com/wb/pribli%C5%BEki_in_napake?ch=33#Absolutna_napaka

²⁷ Pople, S. (1998). Fizika/Shematski pregled. Ljubljana: Tehniška založba Slovenije.

3.4 Računanje z napakami

3.4.1 Seštevanje in odštevanje

Pri seštevanju ali odštevanju fizikalnih količin se absolutne napake posameznih količin seštevajo.²⁸

Če računamo s približki velja pravilo za absolutno napako, ki pravi: Naj bosta a in b resnični vrednosti količine ter naj bosta A in B pripadajoča približka. Potem je absolutna napaka vsote (razlike) enaka ali manjša vsoti absolutnih napak seštevancev.²⁹

$$|(A + B) - (a + b)| \leq |A - a| + |B - b|$$

Velja pa, da če bi izračunali vrednost $10,348 + 1,3 - 0,432$ bi dobili 11.216, vendar bi bil pravilno zapisan rezultat 11.2, kajti pri seštevanju in odštevanju velja pravilo, da rezultat napišemo na toliko decimalnih mest natančno, kolikor jih ima najmanj natančen podatek. Absolutne napake se seštejejo pri seštevanju prav tako pa tudi pri odštevanju, kar pa nas lahko pripelje do velikih relativnih napak.³⁰

3.4.2 Množenje in deljenje

Ko računamo s približki veljata dve pravili za relativno napako:

Naj bosta a in b resnični vrednosti količine ter naj bosta A in B pripadajoča približka.

²⁸ Ambrožič, M., Drevenšek Olenik, I., Vilfan, M. Fizika. Pridobljeno 23.1.2021 s https://jazbec.ijs.si/mvilfan/FRI_Fizika.pdf

²⁹ Približki in napake. Pridobljeno 19.1.2021 s https://si.openprof.com/wb/pribli%C5%BEki_in_napake?ch=33#Absolutna_napaka

³⁰ Ambrožič, M., Drevenšek Olenik, I., Vilfan, M. Fizika. Pridobljeno 23.1.2021 s https://jazbec.ijs.si/mvilfan/FRI_Fizika.pdf

Potem velja:

1. Relativna napaka produkta je manjša ali enaka vsoti relativnih napak faktorjev:³¹

$$\frac{|AB - ab|}{|ab|} \leq \frac{|A - a|}{|a|} + \frac{|B - b|}{|b|}$$

2. Relativna napaka količnika je vsota relativnih napak števca in imenovalca:³²

$$\frac{\left| \frac{A}{B} - \frac{a}{b} \right|}{\left| \frac{a}{b} \right|} \leq \frac{|A - a|}{|a|} + \frac{|B - b|}{|b|}$$

Pri množenju fizikalnih količin se relativne napake seštevajo. Relativna napaka produkta je vsota relativnih napak posameznih faktorjev. Prav tako se pri deljenju fizikalnih količin relativne napake seštevajo. Relativna napaka količnika je enaka vsoti relativnih napak števca in imenovalca.³³

3.4.3 Potenciranje in korenjenje

Če fizikalno količino kvadriramo, kubiramo itd., je relativna napaka rezultata dvakrat, trikrat, itd. večja od relativne napake količine.

Ali splošno: Relativna napaka n-te potence fizikalne količine je n-krat večja od relativne napake količine.³⁴

$$a^n = \bar{a}^n \cdot \left(1 \mp n \cdot \frac{\Delta a}{\bar{a}} \right)$$

³¹ Približki in napake. Pridobljeno 19.1.2021 s

https://si.openprof.com/wb/pribli%C5%BEki_in_napake?ch=33#Absolutna_napaka

³² Približki in napake. Pridobljeno 19.1.2021 s

https://si.openprof.com/wb/pribli%C5%BEki_in_napake?ch=33#Absolutna_napaka

³³ Pople, S. 1998. Fizika / Shematski pregled. Ljubljana: Tehniška založba Slovenije.

³⁴ Merjenje in merske napake. Pridobljeno 21.2. 2021 s

<file:///C:/Users/polon/AppData/Local/Temp/Pravila%20za%20ra%C4%8Dunanje%20z%20napakami.pdf>

Relativna napaka n-tega korena fizikalne količine je n-krat manjša od relativne napake količine.³⁵

$$\sqrt[n]{a} = a^{\frac{1}{n}} = \bar{a}^{\frac{1}{n}} \cdot \left(1 \mp \frac{1}{n} \cdot \frac{\Delta a}{\bar{a}}\right)$$

Pri računanju z napakami pa upoštevamo t. i. pravilo večje napake, ki pravi, da v primerih, ko pri vsoti ali zmnožku dveh količin ugotovimo, da je napaka enega člena nekajkrat večja od napake drugega, seštevanje napak ni potrebno, saj lahko hitro uvidimo, da je rezultat zelo blizu večji napaki. V takšnem primeru je napaka rezultata kar enaka napaki najmanj natančne količine (absolutni pri seštevanju ali odštevanju in relativni pri množenju ali deljenju).³⁶

³⁵ Merjenje in merske napake. Pridobljeno 21.2. 2021 s
file:///C:/Users/polon/AppData/Local/Temp/Pravila%20za%20ra%C4%8Dnanje%20z%20napakami.pdf
³⁶ Golli, B. Osnove mejenj. Pridobljeno 21. 2. 2021 s <http://www.pef.uni-lj.si/bojang/napake.pdf>

4 IZHODIŠČE RAZISKAVE IN HIPOTEZE

4.1 Cilji raziskovalne naloge

Idejo za nalogo sva dobila že lani, ko sva videla devetošolce, ki so pri pouku fizike delali poskus. Spuščali so kroglico z določene višine in merili čas padanja. Iz meritev so morali izračunati vrednost gravitacijskega pospeška. Z rezultati pa niso bili preveč zadovoljni.

Zanimalo naju je, ali lahko midva poskus izvedeva bolje in prideva do boljših rezultatov. Postavilo se nama je tudi vprašanje, na kakšne načine vse lahko izmerimo težni pospešek in kateri od teh načinov bi bil natančnejši. Zanimalo naju je tudi, ali bo izvedba najinih poskusov zahtevna in na koncu uspešna.

Najin cilj je bil ugotoviti:

- na koliko različnih načinov lahko izmeriva težni pospešek;
- kako natančni bodo najini rezultati;
- kako dobro vsi anketiranci poznajo težni pospešek;
- ali so anketiranci že merili težni pospešek;
- kako na različnih šolah, fakultetah merijo težni pospešek.

4.2 Postavitev hipotez

Na podlagi zgornjih ciljev sva postavila 5 hipotez.

1. Večina odraslih anketirancev in učencev še ni merila težnega pospeška.
2. Odrasli anketiranci bolje poznajo težni pospešek kot učenci.
3. Najnatančnejše rezultate bova dobila pri merjenju časa z elektronsko stoparico.
4. Največ težav nama bo povzročalo določanje težnega pospeška iz grafov.
5. V srednjih šolah za določanje težnega pospeška uporabijo video analizo padanja.

4.3 Raziskava

4.3.1 Raziskovalna metoda dela

Raziskovalna metoda dela je eksperimentalno delo in analiza podatkov, ki sva jih dobila iz odgovorov anketirancev in intervjuvancev.

4.3.2 Vzorec

Anketo sva izvedla z učenci, ki obiskujejo 8. in 9. razred OŠ Polje, in odraslimi anketiranci. Anketni vprašalnik je izpolnilo 57 učencev in 150 odraslih.

4.3.3 Predstavitev vprašalnika

Z namenom, da bi potrdila oziroma ovrgla postavljene hipoteze, sva sestavila anketni vprašalnik.

Učenci 8. in 9. razreda OŠ Polje, stari med 13 in 15 let so reševali spletni anketni vprašalnik, ki je bil narejen v Google docs (obrazec). Za reševanje ankete sva zaprosila 94 učencev. Pravilno izpolnjenih anket je bilo 57.

Ankete je izpolnilo tudi 150 odraslih anketirancev.

Anketni vprašalnik je razdeljen na dva sklopa.

Prvi sklop vsebuje podatke o anketirancih: spol, starost in razred pri učencih in spol, starostna skupina in izobrazba pri odraslih. Anketiranci so izbrali ustrezno trditev.

Drugi sklop anketnih vprašanj se nanaša na težni pospešek.

Anketiranci so morali izbrati ustrezen odgovor ali pa ga zapisati.

4.3.4 Postopek obdelave

Za obdelavo podatkov sva uporabila program Microsoft Office Excel 2016.

5 REZULTATI RAZISKAVE

5.1 Eksperimentalno delo

5.1.1 Določanje težnega pospeška z uporabo štoparice – način št. 1

Prvi poskus sva izvedla tako, da sva spuščala kroglico z določene višine in merila čas padanja s štoparico.

Dogovorila sva se, s katere višine bova spuščala kroglico in kdo bo meril čas. Vedela sva, da morava čas večkrat izmeriti, saj bo zaradi človeškega faktorja imel največji vpliv na rezultate poskusa.



Sliki 2, 3: Merjenje težnega pospeška – prosti pad kroglice z določene višine

Potrebščine za izvedbo poskusa: lestev, kroglica, merilna palica, digitalni merilnik razdalje, štoparica.

Meritve:

$$m = 16,72 \text{ g } (\pm 0,01 \text{ g})$$

$$h = 2,00 \text{ m } (1 \pm 0,01 \text{ m})$$

N	t (s)	t povprečen (s)	$\Delta t(s)$
1.	0,66		-0,03
2.	0,68		-0,05
3.	0,57		0,06
4.	0,6		0,03
5.	0,59	0,63	0,04
6.	0,66		-0,03
7.	0,59		0,04
8..	0,66		-0,03
9.	0,66		-0,03
10	0,66		-0,03

Iz meritev sva najprej izračunala povprečen čas padanja kroglice:

$$\bar{t} = \frac{t_1 + t_2 + \dots + t_{10}}{10} = 0,63 \text{ s}$$

Izračunala sva absolutno napako, tako, da sva tretjino najmanj natančnih podatkov izločila:

$$a = 1 \pm 0,04 \text{ s}$$

Izračunala sva tudi relativno napako:

$$rt = \frac{a}{t} * 100 = rt = 6,3 \%$$

Čas sva zapisala z napako merjenja:

$$\bar{t} = 0,63 \text{ s } \cdot (1 \mp 0,063)$$

Na koncu sva izračunala še gravitacijski pospešek:

$$g = \frac{2h}{t^2} = 10,08 \text{ m/s}^2 \cdot (1 \mp 0,13)$$

Poskus sva ponovila tudi z lažjo kroglico ($m = 7,04 \text{ g}$) z manjšim premerom, ki sva jo spuščala z iste višine (2,00 m).

N	t (s)	Povprečen t (s)	$\Delta t(s)$
1.	0,66		-0,03
2.	0,59		0,04
3.	0,60		0,03
4.	0,60		0,03
5.	0,64	0,63	-0,01
6.	0,66		-0,03
7.	0,60		0,03
8.	0,58		0,05
9.	0,67		-0,04
10.	0,65		-0,02

Povprečen čas:

$$\bar{t} = \frac{t_1 + t_2 + \dots + t_{10}}{10} = 0,63 \text{ s}$$

Absolutna napaka:

$$a = 1 \pm 0,03 \text{ s}$$

Relativna napaka:

$$rt = \frac{a}{t} * 100 = rt = 4,8 \%$$

Čas sva zapisala z napako merjenja:

$$\bar{t} = 0,79 \text{ s} \cdot (1 \mp 0,048)$$

Gravitacijski pospešek:

$$g = \frac{2h}{t^2} = 10,08 \text{ m/s}^2 \cdot (1 \pm 0,10)$$

Poskus sva izvedla še tako, da sva kroglici spustila z višine treh metrov.

Višina:

$$h = 3,00 \text{ m } (1 \pm 0,01 \text{ m})$$

Naredila sva 10 meritev časa od spusta do pristanka kroglice. Nato sva določila povprečen čas in pri vsakem dopisala napako ($m = 16,72 \text{ g}$):

Meritev	t (s)	t povprečen (s)	$\Delta t(s)$
1.	0,85		-0,08
2.	0,79		-0,02
3.	0,85		-0,08
4.	0,79		-0,02
5.	0,79	0,77	-0,02
6.	0,79		-0,02
7.	0,63		0,14
8.	0,79		-0,02
9.	0,72		0,05
10.	0,73		0,04

Povprečen čas:

$$\bar{t} = \frac{t_1 + t_2 + \dots + t_{10}}{10} = 0,77 \text{ s}$$

Absolutna napaka:

$$a = 1 \pm 0,05 \text{ s}$$

Izračunala sva tudi relativno napako:

$$r_t = \frac{a}{t} * 100 = r_t = 6,5 \%$$

Čas sva zapisala z napako merjenja:

$$\bar{t} = 0,77 \text{ s} \cdot (1 \mp 0,065)$$

Na koncu sva izračunala še gravitacijski pospešek:

$$g = \frac{2h}{t^2} = 10,12 \text{ m/s}^2 (1 \pm 0,13)$$

Poskus sva ponovila tudi z lažjo kroglico ($m = 7,04 \text{ g}$) z manjšim premerom:

Višina:

$$h = 3,00 \text{ m } (1 \pm 0,01 \text{ m})$$

Meritev	t (s)	t povprečna (s)	$\Delta t(\text{s})$
1.	0,79		0,00
2.	0,72		0,07
3.	0,79		0,00
4.	0,72		0,07
5.	0,79	0,79	0,00
6.	0,83		-0,04
7.	0,79		0,00
8.	0,86		-0,07
9.	0,79		0,00
10.	0,80		-0,01

Povprečen čas:

$$\bar{t} = \frac{t_1 + t_2 + \dots + t_{10}}{10} = 0,79 \text{ s}$$

Absolutna napaka:

$$a = 1 \pm 0,04 \text{ s}$$

Relativna napaka:

$$rt = \frac{a}{t} * 100 = rt = 5 \%$$

Čas sva zapisala z napako merjenja:

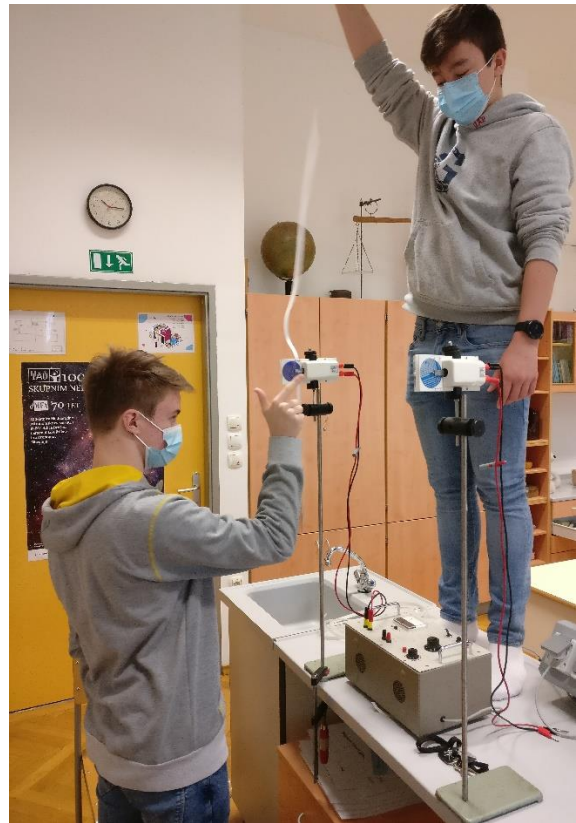
$$\bar{t} = 0,79 \text{ s } \cdot (1 \mp 0,05)$$

Gravitacijski pospešek:

$$g = \frac{2h}{t^2} = 9,61 \text{ m/s}^2 (1 \pm 0,11)$$

Na meritve precej vpliva človeški faktor (refleksi merilca), zato sva morala meritve večkrat ponoviti.

5.1.2 Določanje težnega pospeška z uporabo brnača – način št. 2



Sliki 4, 5: Merjenje s pomočjo brnača

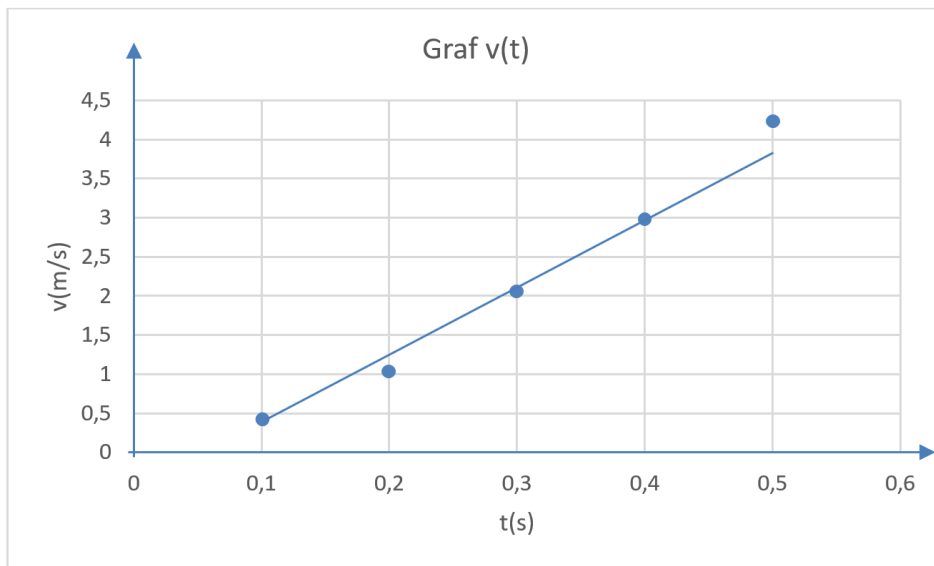
Eden od načinov je, da papirni trak razrežemo tako, da vsak delček poti predstavlja pot v 0,1 s. Liste nalepimo na papir in dobimo histogram v (t). Na listu označimo Δv in Δt in izračunamo g.

Lahko pa odseke traku izmerimo in vnesemo v tabelo.

t (s)	Δs (cm)	v (cm/s)	v (m/s)
0,1	4,4	44	0,44
0,2	10,3	103	1,03
0,3	20,7	207	2,07
0,4	29,6	296	2,97
0,5	42,6	423	4,23

Iz podatkov v tabeli narišemo graf. Graf narišemo tako, da večina točk leži na premici.

Iz grafa odčitamo Δv in Δt , ter izračunamo g .



Iz grafa izpišemo podatke:

$$t_1 = 0,1 \text{ s}$$

$$t_2 = 0,4 \text{ s}$$

$$v_1 = 0,44 \text{ m/s}$$

$$v_2 = 2,97 \text{ m/s}$$

Izračunamo:

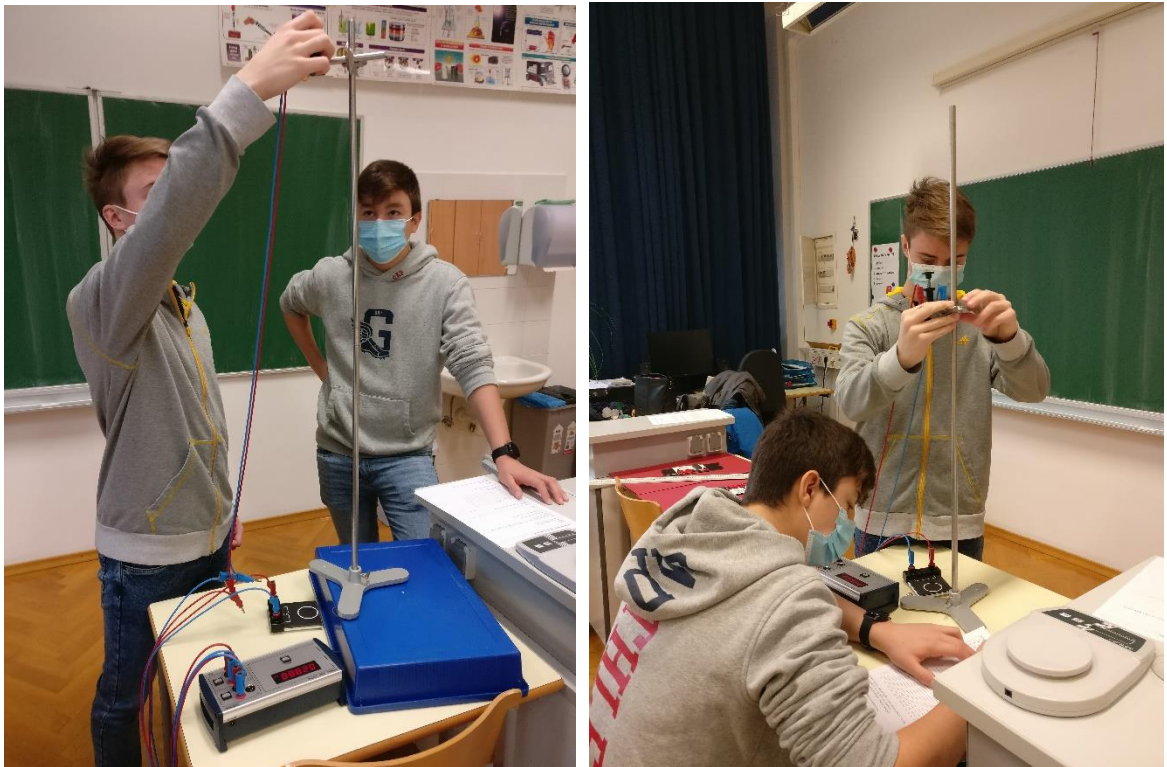
$$\Delta t = t_2 - t_1 = 0,4 \text{ s} - 0,1 \text{ s} = 0,3 \text{ s}$$

$$\Delta v = v_2 - v_1 = 2,97 \frac{\text{m}}{\text{s}} - 0,44 \frac{\text{m}}{\text{s}} = 2,53 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$g = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{2,53 \text{ m/s}}{0,3 \text{ s}} = 8,4 \text{ m/s}^2$$

Rezultati niso najboljši, ker na papirni trak delujeta zračni upor in trenje, ko papirni trak pada skozi brnač.

5.1.3 Določanje težnega pospeška z uporabo digitalne štoparice – način št. 3



Sliki 6, 7: Merjenje s pomočjo digitalne štoparice

Opis:

Čas se začne meriti, ko vključimo štoparico – takrat mehanizem sprosti kroglico in meri čas padanja, dokler se kroglica ne dotakne stikalne plošče.

Teorija:

Za premo enakomerno pospešeno gibanje velja:

$$s = s_0 + v_0 \cdot t + \frac{1}{2} a \cdot t^2$$

Ker kroglica prosto pade s točke, kjer je mirovala, velja:

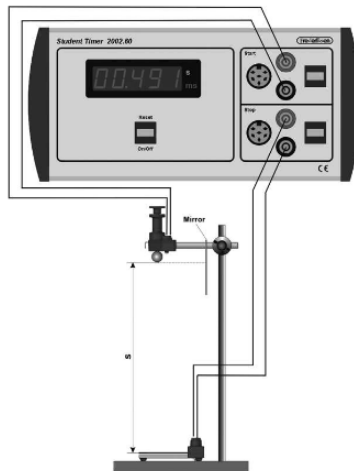
$$s_0 = 0 \text{ in } v_0 = 0$$

$$a = g$$

Dobimo:

$$s = \frac{1}{2} a \cdot t^2$$

Pripomočki: elektronska štoparica, kroglica, 2 vodnika.



Slika 8: Vezava elektronske štoparice

Najprej sva kroglico z maso 7,04 g spuščala z višine 1m, nato pa še v višine 0,50 m.

Podatki:

$h = 1,00 \text{ m } (1 \pm 0,01 \text{ m})$

$m = 7,04 \text{ g } (1 \pm 0,01 \text{ g})$

Meritev	Čas (s)	$\bar{t}$	$\Delta t(\text{s})$
1.	0,4480		0,0001
2.	0,4477		0,0004
3.	0,4475		0,0006
4.	0,4502		-0,0021
5.	0,4498	0,4481	-0,0017
6.	0,4470		0,0011
7.	0,4474		0,0007
8.	0,4472		0,0009
9.	0,4471		0,0010
10.	0,4487		-0,0006

Povprečen čas:

$$\bar{t} = \frac{t_1 + t_2 + \dots + t_{10}}{10} = 0,4481 \text{ s}$$

Absolutna napaka:

$$a = 1 \pm 0,001 \text{ s}$$

Relativna napaka:

$$rt = \frac{a}{t} * 100 = rt = 0,22 \%$$

Čas sva zapisala z napako merjenja:

$$\bar{t} = 0,448 \text{ s} \cdot (1 \mp 0,002)$$

Gravitacijski pospešek:

$$g = \frac{2h}{t^2} = 9,96 \text{ m/s}^2 (1 \pm 0,02)$$

Podatki:

$$h = 0,50 \text{ m} (1 \pm 0,01 \text{ m})$$

$$m = 7,04 \text{ g} (1 \pm 0,01 \text{ g})$$

Meritev	t(s)	$\bar{t}$	$\Delta t(\text{s})$
1.	0,3158		0,00090
2.	0,3159		0,00080
3.	0,3167		0,00000
4.	0,3161		0,00060
5.	0,3176	0,3167	-0,00090
6.	0,3185		-0,00180
7.	0,3162		0,00050
8.	0,3173		-0,00060
9.	0,3165		0,00020
10.	0,3160		0,00070

Povprečen čas:

$$\bar{t} = \frac{t_1 + t_2 + \dots + t_{10}}{10} = 0,3167 \text{ s}$$

Absolutna napaka:

$$a = 1 \pm 0,0009 \text{ s}$$

Relativna napaka:

$$rt = \frac{a}{t} * 100 = rt = 2,8 \%$$

Čas sva zapisala z napako merjenja:

$$\bar{t} = 0,317 \text{ s} \cdot (1 \mp 0,028)$$

Gravitacijski pospešek:

$$g = \frac{2h}{t^2} = 9,95 \text{ m/s}^2 (1 \pm 0,07)$$

Poskus sva nato izvedla s kroglico z večjo maso (16,72 g).

Podatki:

$$h = 1,00 \text{ m } (1 \pm 0,01 \text{ m})$$

$$m = 16,72 \text{ g } (1 \pm 0,01 \text{ g})$$

Meritev	Čas (s)	$\bar{t}$	$\Delta t(\text{s})$
11.	0,4458		0,0009
12.	0,4457		0,0010
13.	0,4499		-0,0032
14.	0,4450		0,0017
15.	0,4448	0,4467	0,0019
16.	0,4471		-0,0004
17.	0,4459		0,0008
18.	0,4450		0,0017
19.	0,4448		0,0019
20.	0,4534		-0,0067

Povprečen čas:

$$\bar{t} = \frac{t_1 + t_2 + \dots + t_{10}}{10} = 0,4467 \text{ s}$$

Absolutna napaka:

$$a = 1 \pm 0,0017 \text{ s}$$

Relativna napaka:

$$rt = \frac{a}{t} * 100 = rt = 0,4 \%$$

Čas sva zapisala z napako merjenja:

$$\bar{t} = 0,447 \text{ s } \cdot (1 \mp 0,004)$$

Gravitacijski pospešek:

$$g = \frac{2h}{t^2} = 10,01 \text{ m/s}^2 (1 \pm 0,02)$$

Podatki:

$$h = 0,50 \text{ m } (1 \pm 0,01 \text{ m})$$

$$m = 16,72 \text{ g } (1 \pm 0,01 \text{ g})$$

Meritev	t(s)	$\bar{t}$	$\Delta t(\text{s})$
11.	0,3130		0,0007
12.	0,3129		0,0008
13.	0,3140		-0,0003
14.	0,3139		-0,0002
15.	0,3147	0,3137	-0,0010
16.	0,3135		0,0002
17.	0,3139		-0,0002
18.	0,3143		-0,0006
19.	0,3138		-0,0001
20.	0,3133		0,0004

Povprečen čas:

$$\bar{t} = \frac{t_1 + t_2 + \dots + t_{10}}{10} = 0,3137 \text{ s}$$

Absolutna napaka:

$$a = 1 \pm 0,0006 \text{ s}$$

Relativna napaka:

$$rt = \frac{a}{t} * 100 = rt = 0,19 \%$$

Čas sva zapisala z napako merjenja:

$$\bar{t} = 0,314 \text{ s } \cdot (1 \mp 0,028)$$

Gravitacijski pospešek:

$$g = \frac{2h}{t^2} = 10,14 \text{ m/s}^2 (1 \pm 0,06)$$

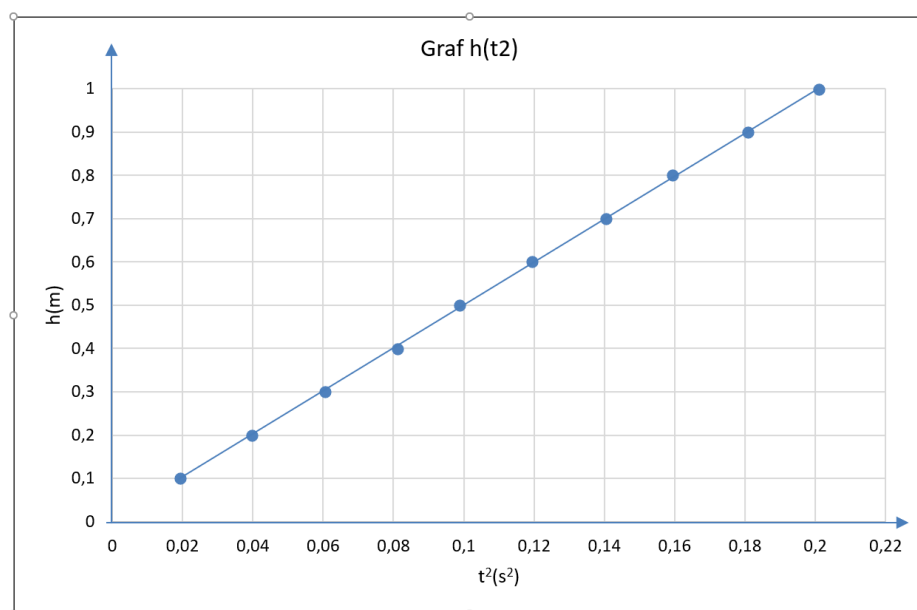
2. način: padanje kroglice iz različnih višin in določanje g iz grafa $s(t^2)$

Podatki:

$m = 7,04 \text{ g}$ ($1 \pm 0,01 \text{ g}$)

Meritev	$h \text{ (m)}$	$t_1 \text{ (s)}$	$t_2 \text{ (s)}$	$t_3 \text{ (s)}$	$\bar{t} \text{ (s)}$	$t^2 \text{ (s}^2\text{)}$
1.	0,100	0,1372	0,1374	0,1391	0,1391	0,0193
2.	0,200	0,1996	0,1984	0,1990	0,1990	0,0396
3.	0,300	0,2450	0,2455	0,2464	0,2456	0,0607
4.	0,400	0,2853	0,2865	0,2830	0,2849	0,0811
5.	0,500	0,3134	0,3156	0,3142	0,3144	0,0988
6.	0,600	0,3450	0,3455	0,3464	0,3456	0,1194
7.	0,700	0,3766	0,3762	0,3749	0,3749	0,1405
8.	0,800	0,3993	0,3987	0,3998	0,3993	0,1594
9.	0,900	0,4245	0,4253	0,4259	0,4252	0,1807
10.	1,000	0,4483	0,4490	0,4477	0,4483	0,2009

Iz podatkov iz tabele sva narisala graf $h(t^2)$:



Premico sva skozi točke narisala tako, da je večina točk ležala na premici. Izbrala sva dve točki na premici, izračunala Δh in Δt^2 in izračunala koeficient premice.

Podatki iz grafa:

$$\Delta h = 0,800 \text{ m}$$

$$\Delta t^2 = 0,1614 \text{ s}^2$$

$$k = \frac{\Delta y}{\Delta x} = \frac{\Delta h}{\Delta t^2} = 4,956 \text{ m/s}^2$$

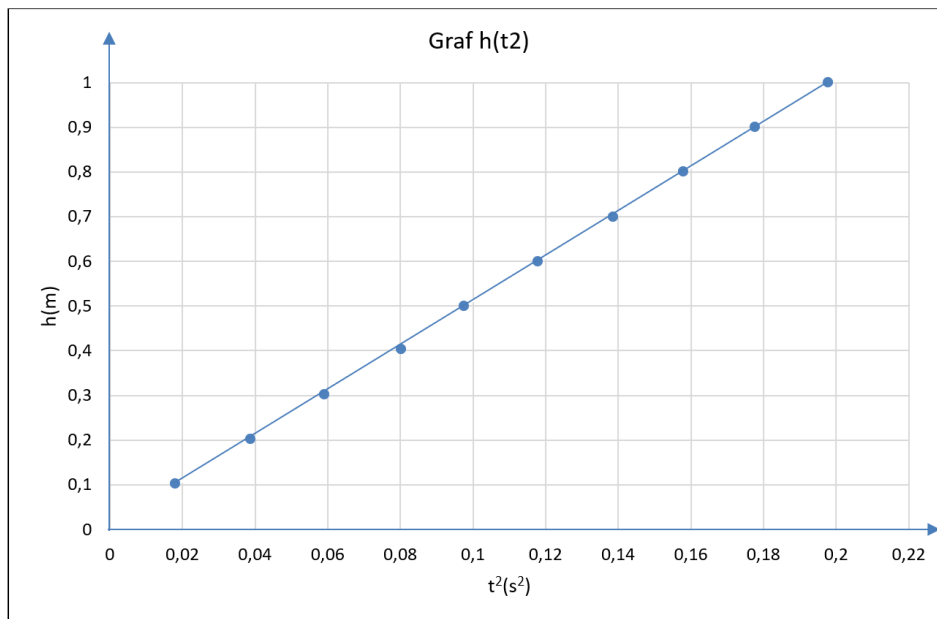
$$k = \frac{g}{2} \rightarrow g = 2 \cdot k = 9,91 \text{ m/s}^2$$

Poskus sva ponovila še s kroglico z večjim premerom in večjo maso.

Podatki:

$$m = 16,72 \text{ g } (1 \pm 0,01 \text{ g})$$

Meritev	h (m)	t_1 (s)	t_2 (s)	t_3 (s)	$\bar{t}$ (s)	t^2 (s ²)
1.	0,100	0,1350	0,1366	0,1357	0,1358	0,0184
2.	0,200	0,1979	0,1962	0,1971	0,1971	0,0388
3.	0,300	0,2432	0,2423	0,2442	0,2432	0,0591
4.	0,400	0,2846	0,2858	0,2798	0,2834	0,0803
5.	0,500	0,3121	0,3129	0,3126	0,3125	0,0977
6.	0,600	0,3416	0,3437	0,3455	0,3436	0,1181
7.	0,700	0,3731	0,3732	0,3714	0,3726	0,1388
8.	0,800	0,3967	0,3986	0,3968	0,3974	0,1579
9.	0,900	0,4215	0,4229	0,4215	0,4219	0,1779
10.	1,000	0,4452	0,4445	0,4460	0,4452	0,1982



Podatki iz grafa:

$$\Delta h = 0,900 \text{ m}$$

$$\Delta t^2 = 0,1798 \text{ s}^2$$

$$k = \frac{\Delta y}{\Delta x} = \frac{\Delta h}{\Delta t^2} = 5,006 \text{ m/s}^2$$

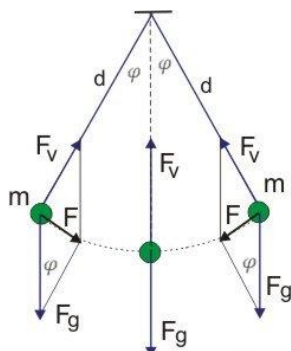
$$k = \frac{g}{2} \rightarrow g = 2 \cdot k = 10,01 \text{ m/s}^2$$

5.1.4 Določanje težnega pospeška z nitnim nihalom – način št. 4

Teoretično izhodišče:

Nihanje nihala je periodično gibanje, ki ima svoj nihajni čas in amplitudo. Nitno ali matematično nihalo ima eno krajišče zelo tanke vrvice z zanemarljivo maso, pritrjeno na stojalo, na drugem pa je na razdalji l obešeno majhno telo, ki ga obravnavamo kot točkasto telo.

Utež izmaknemo iz ravnovesne lege, zato se ji poveča potencialna energija. Ko utež spustimo, se potencialna energija pretvori v kinetično energijo in nato ponovno v potencialno energijo. Utež zaniha okoli ravnovesne lege, to je točke v najnižji legi nihanja.



Slika 9: Nitno nihalo

Za majhne amplitude (kot manjši ali enak 5°) velja za nihajni čas (t_o) matematičnega nihala z znano dolžino (l) formula:

$$t_o = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}}$$

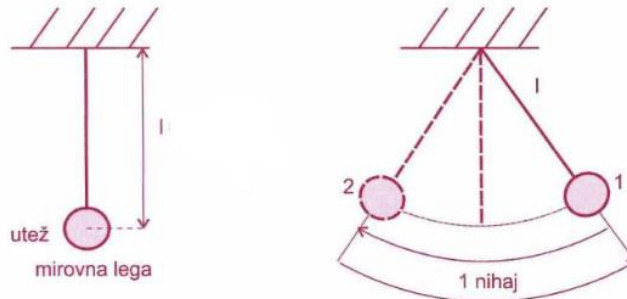
V formuli ni mase, kar pa ne pomeni, da bi nihalo nihalo, če ne bi bilo mase. V tem primeru ne bi bilo sile teže, ki omogoča nihanje.

Nihajni čas je neodvisen od tega, kako močno zanihamo nihalo, odvisen je le od dolžine vrvice in gravitacijskega pospeška.

Formulo preoblikujemo in za g in dobimo:

$$g = \frac{4\pi^2 \times l}{t_o^2}$$

Ta poskus sva izvedla tako, da sva utež privezala na vrstico z določeno dolžino. Izmerila sva dolžino nihala (vrvice - l) in izmerila sva dolžino od težišča kroglice pa do obesišča. Nihalo sva obesila na stojalo, tako da je bilo fiksno pritrjeno. Nato sva nihalo odklonila za približno 5° od mirovne lege in ga spustila, da je zanihalo.



Slika 10: Nitno nihalo

Merila sva čas nihanja za desetih nihajev. Nato sva iz tega podatka izračunala povprečno vrednost 1 nihaja. To sva ponovila 10 krat na treh različnih višinah.



Slika 11: Določanje težnega pospeška z nitnim nihalom

Potrebščine za izvedbo poskusa: utež, geotrikotnik, vrvica, stojalo, štoparica.

1. poskus:

$l = 0,250 \text{ m } (1 \pm 0,002 \text{ m})$

$m = 0,010 \text{ kg } (1 \pm 0,001 \text{ kg})$

N	$t_{10} \text{ (s)}$	$t_1 \text{ (s)}$	$t \text{ (s)}$	$\Delta t \text{ (s)}$
1	10,17	1,017		-0,001
2	10,23	1,023		-0,007
3	10,09	1,009		0,007
4	10,23	1,023		-0,007
5	10,24	1,024	1,016	-0,008
6	10,04	1,004		0,012
7	10,11	1,011		0,005
8	10,24	1,024		-0,008
9	10,18	1,018		-0,002
10	10,06	1,006		0,01

Izračunala sva povprečen čas za 1 nihaj:

$$\bar{t} = \frac{t_1 + t_2 + \dots + t_{10}}{10} = 1,016 \text{ s}$$

Prav tako sva izračunala absolutno napako:

$$a = \pm 0.007 \text{ s}$$

Izračunala sva tudi relativno napako:

$$rt = \frac{a}{t} \times 100 = rt = 0,7 \%$$

Čas sva zapisala z mersko napako:

$$\bar{t} = 1,016 \text{ s } (1 \pm 0,007)$$

Na koncu sva izračunala še gravitacijski pospešek:

$$g = \frac{4 \times \pi^2 \times l}{t_0^2} = 9,56 \text{ m/s}^2 (1 \pm 0,02)$$

2. poskus:

$l = 0,500 \text{ m } (1 \pm 0,002 \text{ m})$

N	$t_{10} \text{ (s)}$	t_1	$t \text{ (s)}$	$\Delta t \text{ (s)}$
1	14,24	1,424 s		-0,001
2	14,11	1,411 s		0,012
3	14,24	1,424 s		-0,001
4	14,17	1,417 s		0,006
5	14,22	1,422 s	1,423 s	0,001
6	14,10	1,410 s		0,013
7	14,36	1,436 s		-0,013
8	14,29	1,429 s		-0,006
9	14,31	1,431 s		-0,008
10	14,28	1,428 s		-0,005

Izračunala sva povprečen čas za 1 nihaj:

$$\bar{t} = \frac{t_1 + t_2 + \dots + t_{10}}{10} = 1,423 \text{ s}$$

Izračunala sva absolutno in relativno napako:

$$a = 1 \pm 0,008 \text{ s} \quad r_t = \frac{a}{t} * 100 = r_t = 0,6 \%$$

Čas sva zapisala z mersko napako:

$$\bar{t} = 1,423 \text{ s } (1 \pm 0,006)$$

Na koncu sva izračunala še gravitacijski pospešek:

$$g = \frac{4\pi^2 \times l}{t_0^2} = 9,75 \text{ m/s}^2 (1 \pm 0,02)$$

3. poskus:

$l = 1,000 \text{ m } (1 \pm 0,002 \text{ m})$

N	$t_{10}(\text{s})$	$t_1(\text{s})$	$t(\text{s})$	$\Delta t(\text{s})$
1	20,26	2,026		-0,017
2	19,93	1,993		-0,016
3	19,99	1,999		0,01
4	20,12	2,012		-0,003
5	20,07	2,007	2,009	0,002
6	19,94	1,994		0,015
7	20,07	2,007		0,002
8	20,17	2,017		-0,008
9	20,23	2,023		-0,014
10	20,15	2,015		-0,006

Izračunala sva povprečen čas za 1 nihaj:

$$\bar{t} = \frac{t_1 + t_2 + \dots + t_{10}}{10} = 2,009 \text{ s}$$

Izračunala sva absolutno in relativno napako:

$$a = \pm 0,008 \text{ s} \quad rt = \frac{a}{t} \times 100 = rt = 0,4 \%$$

Čas sva zapisala z mersko napako:

$$\bar{t} = 2,009 \text{ s } (1 \pm 0,004)$$

Na koncu sva izračunala še gravitacijski pospešek:

$$g = \frac{4 \times \pi^2 \times l}{t_0^2} = 9,78 \text{ m/s}^2 (1 \pm 0,01)$$

Ugotovila sva, da se najin rezultat najbolj približal dejanski vrednosti, če je bila vrvica dolga 1m.

5.1.5 Določanje težnega pospeška s prožno vzmetjo – način št. 5

Teoretična izhodišča:

Za prožno vzmet oz. vzmetno tehtnico velja Hookov zakon. Podaljšek s je sorazmeren z natezno silo, kjer je k znana konstanta vzmeti. Če konstante ne poznamo, jo določimo že pred meritvami težnega pospeška. Na vzmet obesimo nekaj uteži in vsakič izmerimo podaljšek. Nato po spodnji formuli izračunamo k in določimo povprečno vrednost.³⁷

$$k = \frac{F}{s}$$

Nato vzamemo eno ali dve prožni vzmeti in nanjo obesimo utež z znano maso in vsakič izmerimo podaljšek, ko pride do ravnovesja med F_g in F . Nato izračunamo težni pospešek po formuli.³⁸

$$g = \frac{ks}{m}$$

V formulo vstavimo številke in izračunamo. To naredimo večkrat in na koncu izračunamo se povprečno vrednost pospeška.

Poskus sva naredila tako, da sva vzmet z znanim koeficientom obesila na stojalo. Na stojalo sva nalepila papirni trak. Označila sva dolžino neobremenjene vzmeti.

Nato sva na vzmet obesila utež z maso 50 g in označila raztezek vzmeti. Poskus sva ponovila z utežema z maso 100 g in 150 g.

Iz pridobljenih meritev sva izračunala težni pospešek.

³⁷ Moja prva fizika 1, učbenik za fiziko v 8. razredu osnovne šole. 2019. Modrijan izobraževanje.

³⁸ Marjan Prosen, Trije načini določitve težnega pospeška. Pridobljeno 14.1.2021 s <https://www.dlib.si/stream/URN:NBN:SI:doc-AVJDMTQ5/e3926f27-53d4-47fe-9204-cc63c634f61e/PDF>



Slika 12: Določanje težnega pospeška z vzmetjo

1. poskus:

$k = 0,09 \text{ N/cm}$

$k \text{ (N/cm)}$	$m \text{ (kg)}$	$l \text{ (cm)}$	$g \text{ (m/s}^2\text{)}$
0,09	0,050	5,7	10,26
	0,100	11,1	9,99
	0,150	16,6	9,96

$$\bar{g} = \frac{g_1 + g_2 + g_3}{3} = 10,04 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} (1 \mp 0,02)$$

2. poskus:

$k = 0,18 \text{ N/cm}$

$k \text{ (N/cm)}$	$m \text{ (kg)}$	$l \text{ (cm)}$	$g \text{ (m/s}^2\text{)}$
0,18	0,050	2,6	9,36
	0,100	5,5	9,99
	0,150	8,2	9,84
	0,200	11,3	10,17

$$\bar{g} = \frac{g_1 + g_2 + g_3 + g_4}{4} = 9,82 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} (1 \mp 0,04)$$

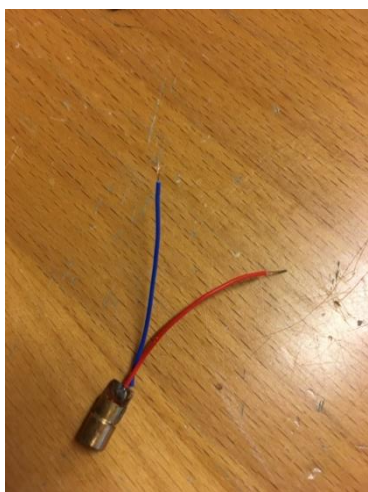
5.1.6 Določanje težnega pospeška z računalnikom in Arduino – način št. 6

Zanimalo pa naju je, ali se da s pomočjo uporabe računalnika, arduina in senzorjev priti do rezultatov, ki bodo bližje pravi vrednosti težnega pospeška..

Prvi poskus z Arduino

Z najinim poskusom sva želela čimbolj natančno izmeriti čas padanja žogice in iz pridobljenih podatkov izračunati povprečen čas padanja žogice.

Za poskus sva potrebovala eno vodovodno cev, majhno žogico (frnikolo), Arduino nano, lasersko diodo, fotoupor, tipko, upore (en $330\ \Omega$ in dva $1\ \text{k}\Omega$), vodnike, s katerimi električne elemente povežemo z vhodnimi in izhodnimi priključki Arduina in še kabel za prenos podatkov oz. informacij med računalnikom in Arduino.



Slika 13: Laserska dioda



Slika 14: Vodovodne cevi

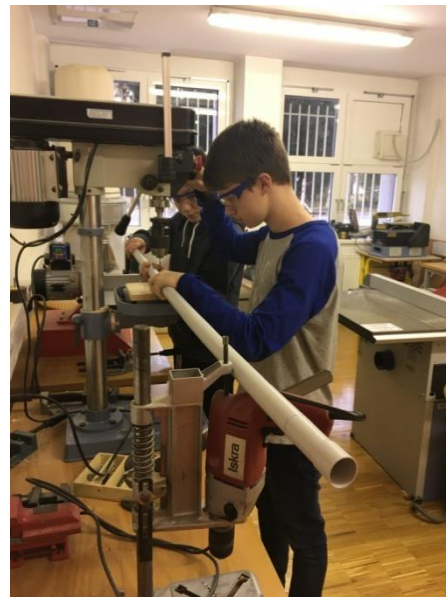
Najprej smo potrebovali cev, saj smo z njo zagotovili, da bo kroglica proti tlom padala naravnost.

Cev je bila dolga 2m. V njej smo izvrtali luknje na višini 1 metra in 1.90 metra. Najprej smo v cevi zvrtili luknje, v katere smo kasneje ustavili lasersko diodo in fotoupor, da smo z

njima izmerili, kdaj je kroglica padla mimo. Luknja za fotoupor je imela premer 4 mm, za lasersko diodo pa 6mm.



Slika 15: Cevi po vrtanju lukenj



Slika 16 in 17: Vrtanje lukenj v cevi

Nato sva napisala program, ki je po več poskusih izpisal povprečen čas padanja kroglice.

PROGRAM - 1

```
intstanje_tipka = 0;  
int tipka = 3;  
int LED = 2;  
int svetloba = 0;
```

```
long time;  
intcas = 0;  
int cas1 = 0;  
int cas2 = 0;  
int cas_5 = 0;
```

```

void setup() {
  pinMode(LED, OUTPUT);
  pinMode(tipka, INPUT);
  pinMode(A1, INPUT);
  Serial.begin(9600);
}

void loop() {
  digitalWrite(LED, HIGH);

  for (int stetje = 0; stetje <=4; stetje++){

    while (digitalRead(tipka)== LOW){//čakamo
      }; cas1 = millis();

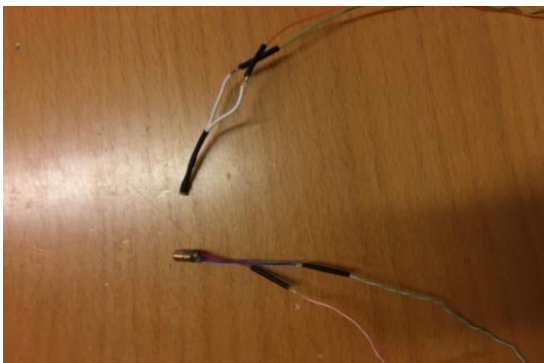
    while (digitalRead(A1)== HIGH){//čakamo
      }; cas2 = millis();

    cas = (cas2 - cas1);
    cas_5 += cas;
  }
  Serial.println("Povprečni čas");
  Serial.println(cas_5/5);
}

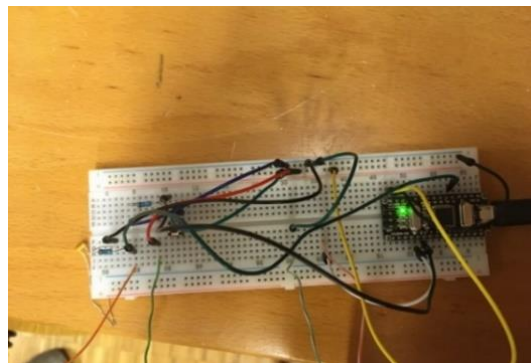
```

OPIS PROGRAMA

Program zazna pritisk tipke in ga zabeleži kot čas 1. Čas 2 zabeleži, ko pride ovira (kroglica) med fotoupor in lasersko diodo. S "for" zanko omogočimo, da poskus ponovimo 5-krat. Nato program izračuna čas, ki preteče med časom 1 in 2 ter na podlagi 5 poskusov izračuna povprečen čas.



Slika 18: Podaljšani vodniki za fotoupor in lasersko diodo



Slika 19: Vezje na prototipni ploščici

Izdelala oz. sestavila sva tudi vezje, ki je prikazano na spodnji sliki. Vezje sva tudi narisala v programu EasyEda. Vodnike od laserske diode in fotoupora sva morala podaljšati, saj so bili prvotni vodniki prekratki, da bi prišli do izvrtanih lukenj.

Na cevi sva skozi luknje prilepila fotoupor in lasersko diodo. Ob zagonu programa je laserska dioda začela svetiti na fotoupor.

Program je deloval tako, da si moral istočasno spustiti kroglico in pritisniti tipko na Arduinou. Ob pritisku tipke in spustu kroglice se je zabeležil čas t_1 .

Ko je žogica prekinila svetlobni snop, si je program zabeležil čas t_2 .

Program je izračunal tudi spremembo v času $\Delta t = (t_2 - t_1)$ in si ga zabeležil. To je čas padanja kroglice.

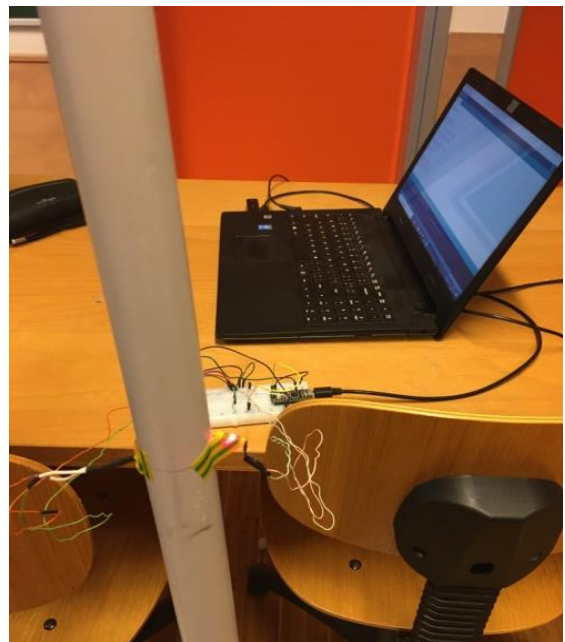
Ta postopek smo morali ponoviti 5-krat, saj nam je potem program izračunal povprečni čas padanja kroglice.

Formula za izračun povprečnega časa:

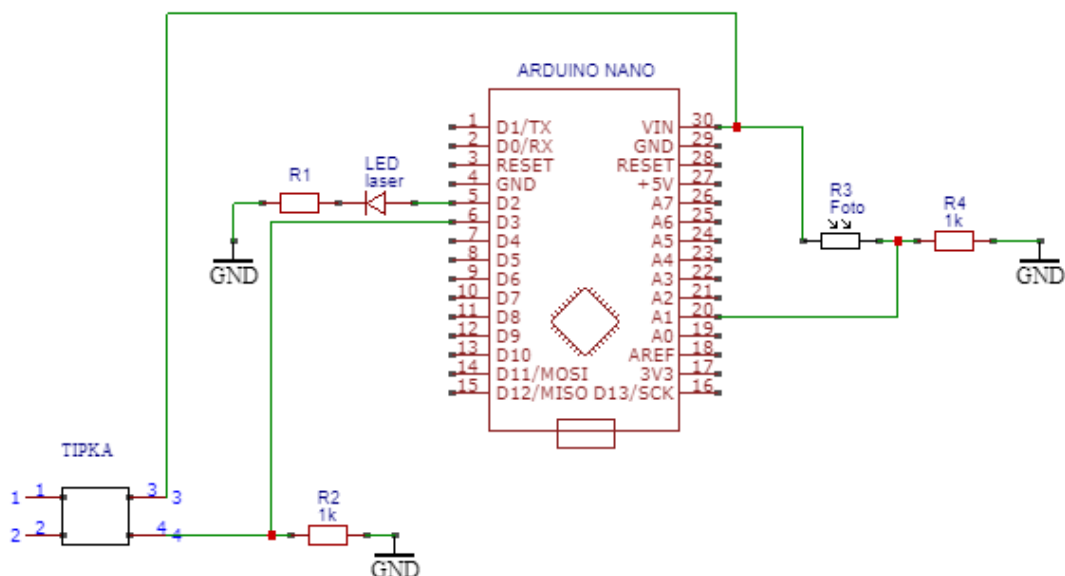
$$\bar{t} = \frac{\Delta t_1 + \Delta t_2 + \Delta t_3 + \Delta t_4 + \Delta t_5}{5}$$



Slika 20: Priprava pred poskusom



Slika 21: Računalnik, programska oprema ter elementa laser in senzor v cevi



Slika 22: Vezje v programu EasyEDA

Program je pri poti kroglice 1 m izpisal povprečni čas, ki je bil 533 milisekund (0,533 s).

Iz povprečnega časa in višine sva izračunala težni pospešek.

Formula za težni pospešek:

$$g = \frac{2h}{t^2}$$

Izračunan težni pospešek iz meritev:

$$g = 7,04 \text{ m/s}^2$$

Drugi poskus z Arduino

Ker z rezultatom nisva bila zadovoljna, sva sklenila, da poskus ponoviva. Menila sva, da je rezultat tak zaradi premajhne poti kroglice, zato sva pot kroglice povečala na 1,9 m. Daljša pot ni bila mogoča, ker je bila dolžina cevi le 2 m.

Tokrat sva dobila povprečen čas 0,855 s.

Izračunan težni pospešek iz meritev je bil:

$$g = 5,2 \text{ m/s}^2$$

Ugotovila sva, da razlog za neustrezen rezultat ni v poti kroglice, pač pa, da na izid poskusa vplivajo drugi dejavniki.

Vprašala sva se kateri.

Poskus je potekal tako, da smo najprej morali istočasno pritisniti gumb in spustiti kroglico, nato je program po 1 m oziroma 1,9 m s senzorjem zaznal kroglico in izračunal čas med pritiskom gumba pa do takrat, ko je senzor zaznal kroglico.

Ugotovila sva, da je rezultat najverjetneje slabši, ker nastane zamik v času med spustom žogice in pritiskom gumba.

Pri merjenju s štoparico pa verjetno nastane podoben zamik pri vklopu in izklopu štetja časa, zato se verjetno čas pri merjenju s štoparico malo uravna (pri izklopu štoparice se nadoknadi zamik, ki je bil pri vklopu; pri programu pa do izravnave ne pride, saj je senzor zelo natančen in nima zamika).

Tretji poskus z Arduino

```

raziskovalna_laser | Arduino 1.8.3
File Edit Sketch Tools Help
Upload
raziskovalna_laser
//raziskovalna_laser // OUTPUT
pinMode(laser2, OUTPUT);
pinMode(A1, INPUT);
pinMode(A2, INPUT);
Serial.begin(9600);
}

void loop() {
  digitalWrite(laser1, HIGH);
  digitalWrite(laser2, HIGH);

  for (int stetje = 0; stetje <= 4; stetje++){

    while (digitalRead(A2) == HIGH) { //čakamo
    };
    cas1 = millis();

    while (digitalRead(A1) == HIGH) { //čakamo
    };
    cas2 = millis();

    cas = (cas2 - cas1);
    cas_5 += cas;

  }
  Serial.println("Povprečni čas");
  Serial.println(cas_5/5);
}

Done uploading.
Sketch uses 2472 bytes (17%) of program storage space. Maximum is 14336 bytes.
Global variables use 212 bytes (20%) of dynamic memory, leaving 812 bytes for local variables. Maximum is 1024 bytes.

```

Slika 23: Zaslonska slika programa

Tudi z najinim drugim poskusom z Arduinom nisva dobila boljših rezultatov, zato sva razmislila, kako bi morala izvesti poskus, da bi se najini rezultati čim bolj približali dejanski vrednosti težnega pospeška ($9,81 \text{ m/s}^2$).

Ugotovila sva, da bi lahko namesto gumba uporabila še eno lasersko diodo in fotoupor, saj tu ne bi bilo vpliva človeškega faktorja (zamika zaradi pritiska gumba) in bi računalnik natančno izpisal podatke.

PROGRAM - 2

```
int laser1 = 2;
int laser2 = 4;

int cas = 0;
int cas1 = 0;
int cas2 = 0;
int cas_5 = 0;
long time;

void setup() {
  pinMode(laser1, OUTPUT);
  pinMode(laser2, OUTPUT);
  pinMode(A1, INPUT);
  pinMode(A2, INPUT);
  Serial.begin(9600);
}

void loop() {
  digitalWrite(laser1, HIGH);
  digitalWrite(laser2, HIGH);

  for (int stetje = 0; stetje <=4; stetje++){

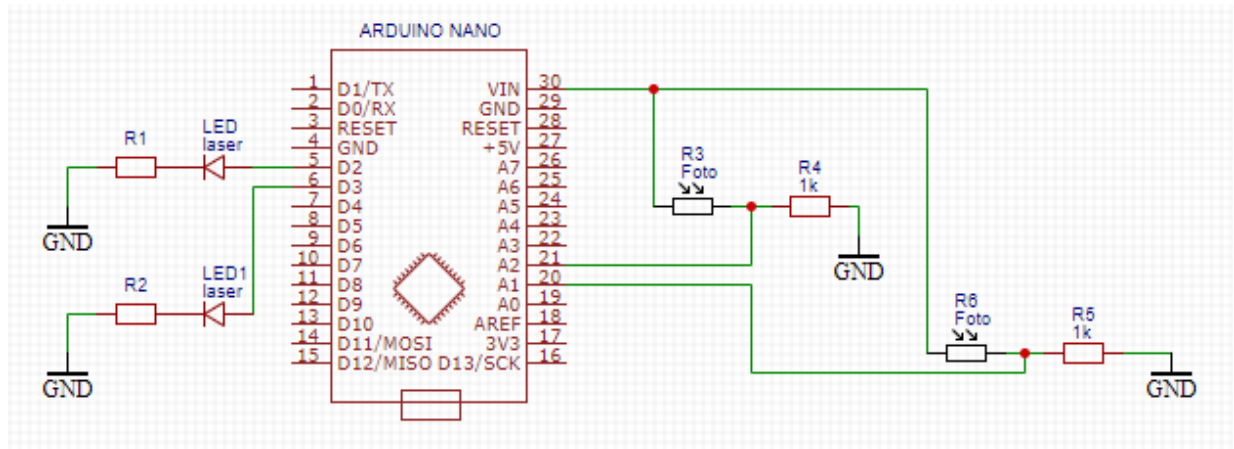
    while (digitalRead(A2)== HIGH){//čakamo
    };
    cas1 = millis();

    while (digitalRead(A1)== HIGH){//čakamo
    };
    cas2 = millis();

    cas = (cas2 - cas1);
    cas_5 += cas;

  }
  Serial.println("Povprečni čas");
```

```
Serial.println(cas_5/5);
}
```



Slika 24 : Slika vezja

Z uporabo dveh laserskih diod in fotouporov sva dobila čas padanja 0,477 s.

Izračunan težni pospešek iz meritev je bil:

$$g = 8,79 \text{ m/s}^2.$$

Rezultat je bil boljši od rezultatov prejšnjih poskusih, se pa od dejanske vrednosti $9,81 \text{ m/s}^2$ razlikuje.

Na izid poskusa je vplival tudi upor zraka. Tega dejavnika nisva mogla izključiti, saj nisva mogla izvesti poskusa v brezračnem prostoru.

5.1.7 Določanje težnega pospeška z videoanalizo posnetka – način št. 7

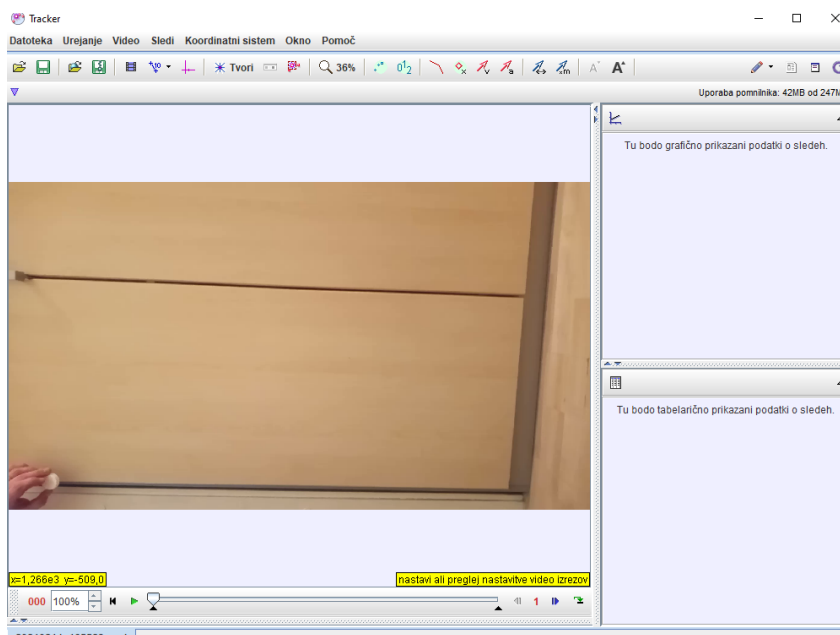
Pri tem poskusu sva posnela videoposnetek padanja žogice na tla. Izbrala sva višino 1m ($h = 1$ m). Video sva vstavila v aplikacijo tracker in ga analizirala tako, da sva izračunala koliko časa je med pristankom in padcem žogice. Program tracker nam videoposnetek razdeli na sličice. Izračunala sva, da je dolžina ene sličice 0,00333 s. Ugotovila sva, da je med spustom in pristankom kroglice 15 sličič, zato sva izračunala čas padanja kroglice:

$$t = 14 \cdot 0,00333 \text{ s} = 0,4662 \text{ s}$$

Ko sva dobila čas sva ga še vstavila v formulo za težni pospešek:

$$g = \frac{2h}{t^2} = \frac{2 \cdot 1 \text{ m}}{0,04662^2 \text{ s}} = 9,20 \text{ m/s}^2$$

Dobila sva težni pospešek $9,20 \text{ m/s}^2$. Rezultat verjetno ni zelo natančen zaradi slabe kvalitete videa.



Slika 25: Zaslonska slika programa Tracker

5.2 INTERVJUJI

5.2.1 Intervju z gospodom Sebastjanom Zamudo

1. Prosiva, da se na začetku na kratko predstavite.

Sem učitelj fizike na Gimnaziji Bežigrad. Vodim astronomski krožek in soustvarjam astronomsko-naravoslovni tabor.

2. Kdaj in v kolikšnem obsegu imate pouk o težnem pospešku?

Vprašanje je možno razumeti na različne načine. Če je s tem mišljena obravnava prostega pada, potem temu namenimo manj kot eno uro. Če vključimo še navpični met navzgor in navzdol ter vodoravni met pa gre skupaj verjetno za okrog 5 ur. Če bi dodali še vse primere pri silah in energiji, kjer nastopa težni pospešek, pa je teh ur še precej več.

3. Katere načine merjenja težnega pospeška poznate?

Določanje pospeška iz prepotovane poti (višine) in časa pri prostem padu ali gibanju po klancu, iz video analize (strmina na grafu $v(t)$), uporaba hitre kamere (drugačna video analiza), meritev s telefonom ali merilniki pospeška, iz nihajnega časa in dolžine nitnega nihala.

4. Kateri izmed teh načinov se vam zdi najboljši oz. najnatančnejši?

Zagotovo je odvisno od izvedbe vsakega poskusa, pri uporabi osnovnih pripomočkov pa bi pričakoval najnatančnejše rezultate pri merjenju nihajnega časa nitnega nihala (določanje iz strmine lineariziranega grafa $t_0(l)$, torej iz odvisnosti nihajnega časa od dolžine nihala).

5. Na katere načine merite težni pospešek pri pouku?

Običajno dijaki to samostojno naredijo pri video analizi vodoravnega meta.

6. Kateri izmed načinov merjenja težnega pospeška se vam zdi najbolj primeren za uporabo pri pouku?

Odkvisno od namena in vrste izbranih laboratorijskih vaj. Prej omenjeno video analizo predstavim dijakom, ker je splošno uporabna, lahko pa bi namesto tega težni pospešek določili pri kateri drugi vaji.

7. Ali se vam zdi, da je pomembno, da čim več meritev pri pouku fizike naredijo učenci sami?

Zelo pomembno se mi zdi, da so v pouk fizike vključene laboratorijske vaje. Velik del teh ur je namenjen meritvam in obdelavi podatkov, včasih pa je večji poudarek na načrtovanju poskusov ali razumevanju poteka poskusa in teoretične obravnave. V nekaterih primerih pa gre predvsem za spoznavanje nove opreme in možnosti, ki jih ponuja (na primer računalniško podprte meritve).

8. Zakaj je eksperimentalno delo pri pouku fizike tako pomembno?

Dijaki dobijo boljšo predstavo o pojavih, lahko preverijo svoje razumevanje teoretičnih vsebin, lahko s poskusom ugotovijo zvezo med količinami, se seznanijo z merskimi napravami, pridobijo veščine obdelave podatkov (tudi na računalniku), eksperimentalno delo jih bolj motivira, pogosto je spodbujeno delo v skupinah, ki prinese drugačno dinamiko v razredu, ...

9. Kako je Covid -19 in posledično šolanje na daljavo vplivalo na potek dela pri pouku fizike, še posebej na eksperimentalni del?

Pri podajanju teoretičnih vsebin nam tehnologija, zlasti videokonference, precej pomaga, da lahko večji del snovi predelamo na primerljiv način kot v šoli. Pri eksperimentalnem delu pa so izzivi večji, saj dijaki v večini primerov doma nimajo pripomočkov, ki bi jih uporabljali pri vajah v šoli. V določeni meri se da to nadomestiti z video posnetki in fotografijami poskusov, iz katerih dijaki izmerijo nekatere količine, zagotovo pa je to ena večjih težav pouka fizike na daljavo.

5.2.2 Intervju z gospodom Timotejem Maroševičem

1. Prosiva, da se na začetku na kratko predstavite.

Diplomiral sem na Fakulteti za matematiko in fiziko, poučujem na Gimnaziji Vič od leta 2008.

2. Kdaj in v kolikšnem obsegu imate pouk o težnem pospešku?

Gravitacijo obravnavam v prvem letniku, potrebujem nekaj šolskih ur.

3. Katere načine merjenja težnega pospeška poznate?

Merjenje preko prostega pada – klasično z merjenjem časa, z uporabo brnača ali z uporabo vmesnika Vernier, merjenje preko nihajnega časa.

4. Kateri izmed teh načinov se vam zdi najboljši oz. najnatančnejši?

Prosti pad, merjen z Vernierom.

5. Na katere načine merite težni pospešek pri pouku?

Z Vernierom in ultrazvočnim senzorjem.

6. Kateri izmed načinov merjenja težnega pospeška se vam zdi najbolj primeren za uporabo pri pouku?

Vernier.

7. Ali se vam zdi, da je pomembno, da čim več meritev pri pouku fizike naredijo učenci sami?

Da.

8. Zakaj je eksperimentalno delo pri pouku fizike tako pomembno?

Gre za pridobivanje spretnosti – od osnovnih, kot je uporaba merilnih pripomočkov. Poleg tega gre za natančnost pri delu (zapis meritev) in razmislek ter uporabo znanja

(analiza podatkov). Poleg tega je zelo pomembno tudi upoštevanje predpostavk, ki jih sprejmemo pri delu.

9. Kako je Covid -19 in posledično šolanje na daljavo vplivalo na potek dela pri pouku fizike, še posebej na eksperimentalni del?

Katastrofalno, saj smo učitelji doma in nimamo pripomočkov, s katerimi bi lahko izvedli poskuse – bodisi demonstracijske bodisi aplikativne itd. Učitelj je bolj ali manj prepuščen svoji iznajdljivosti.

5.2.3 Intervju z gospo Nado Žonta Kropivšek

1. Prosiva, da se na začetku na kratko predstavite.

Nada Žonta Kropivšek, stara 52 let, učim na Gimnaziji Poljane 25 let, prej pa na OŠ Vič 10 let

2. Kdaj in v kolikšnem obsegu imate pouk o težnem pospešku?

Prav posebej o njem eno uro fizike v oktobru v 1. letniku.

3. Katere načine merjenja težnega pospeška poznate?

Z brnačem, z optičnimi vrati in prozorno letvijo s črnimi progami, s štopanjem časa padanja za znano razdaljo.

Naredimo pa tudi demo poskus z vakuumsko cevjo, v kateri sta kovanec in peresce.

4. Kateri izmed teh načinov se vam zdi najboljši oz. najnatančnejši?

Povsod je zračni upor ali trenje pomembnejši od nenatančnosti merske metode in merskih priprav, ali vsaj enako pomemben, mislim vsaj.

5. Na katere načine merite težni pospešek pri pouku?

Ne merimo prav težnega pospeška, temveč pospešek padanja uteži, in to z brnačem, torej merimo pospešek uteži, ki je nekaj manjši od težnega zaradi trenja in zračnega upora.

6. Kateri izmed načinov merjenja težnega pospeška se vam zdi najbolj primeren za uporabo pri pouku?

Z brnačem je kar v redu, namreč če uporabimo računalnik, dijaki ne vedo, kateri algoritem je zadaj, da dobimo pospešek.

7. Ali se vam zdi, da je pomembno, da čim več meritev pri pouku fizike naredijo učenci sami?

Na splošno seveda, dobro je, da je meritev veliko, odvisno, kaj hočemo doseči. Treba pa je tudi vaditi računske naloge in poznati vse zakone fizike, ki so v maturi, če hočejo dobro pisati maturo.

8. Zakaj je eksperimentalno delo pri pouku fizike tako pomembno?

Ker osmišlja vse ostalo, kar pri fiziki delamo, daje realno podlago in smisel računom, dijake tudi motivira, krepi smisel in veselje za znanost, raziskovanje, tehniko in tehnologijo.

Posledično se s tem borimo proti praznoverju, ki je vse bolj prisotno in že nekaj časa zaskrbljujoče za vse, ki se ukvarjajo z znanostjo ali pa usmerjamo mlade v znanost. Trenutno stanje v družbi je totalen poraz izobraževalnega sistema in družbene ureditve kot take, saj se dobesedno vračamo v srednji vek po miselnih sposobnosti nekaterih ljudi in po nizkih pričakovanjih v življenju, zgolj po hedonizmu in materialnemu. Če ste prebrali Visoško kroniko, zlahka prepoznate podobnost praznoverja takratnih in sodobnih preprostih ljudi. Problem je, ker tudi ti preprosti ljudje volijo oblast, torej odločajo in jih je že dovolj, da odločajo o preveč pomembnih stvareh (recimo gradnja TEŠ 6 pred leti). Tukaj malo karikiram, ampak to se mi zdi res velik problem.

9. Kako je Covid -19 in posledično šolanje na daljavo vplivalo na potek dela pri pouku fizike, še posebej na eksperimentalni del?

Delamo iz posnetkov, ki jih naredi naš laborant v šoli. Potem uporabimo kakšne posnetke svojih kolegov, si pomagamo. Uporabljamo tudi razne aplikacije, npr. Phet simulacije.

Lahko recimo sestavimo električne kroge, vežejo merilnike in merijo. Vseeno ni tako doživeto, kot če bi delali s pravimi merilniki, realnimi pripomočki. Izkoristimo pa lahko ta čas, da se naučimo veščin, ki jih nudi računalnik z raznimi programi: npr. tabele v Excelu, še bolj pomembno grafi v Excelu ali kakšnem drugem programu, kako pisati lepa poročila s slikami in grafi. Za to sicer ni toliko časa v šoli.

Sicer pa moj pouk fizike poteka v živo na Zoomu, ure so skrajšane za vsaj 5 minut, uporabljam tablico, na katero pišem s pisalom in dijaki to vidijo čez cel zaslon, jaz pa gledam njih na monitorju. Skušam čim lepše pisati in uporabljam barve, vstavljam fotografije. Uporabim delo v skupinah, ki jih obiskujem.

Sem malo več napisala, upam, da bo kaj uporabnega za vajino nalogo. Želim vama uspešno delo!

5.2.4 Intervju z gospodom Alešem Razingerjem

1. Prosiva, da se na začetku na kratko predstavite.

Po poklicu sem učitelj fizike in čebelar. Fiziko 15 leto poučujem na Gimnaziji Moste. Vsako leto na šoli organiziram krvodajalsko akcijo za polnoletne dijake ter praviloma vodim dva krožka (letos le enega – čebelarskega).

2. Kdaj in v kolikšnem obsegu imate pouk o težnem pospešku?

Dijaki nekaj o gravitacijskem pospešku izvejo v prvem letniku in sicer pri gibanju v gravitacijskem polju (prosti pad, vodoravni met in navpični met), več pa izvejo v drugem letniku pri obravnavi gravitacijskega zakona.

3. Katere načine merjenja težnega pospeška poznate?

Težni pospešek lahko izmerimo z opazovanjem harmoničnega nitnega nihala (ali npr. iz nihanja plovca na gladini vode), z opazovanjem prostega pada telesa (npr. obteženega

papirnatega traku skozi brnač, s prostim padom pametnega telefona (izmeri sam), ...), z merjenjem pospeška telesa na klancu ob poznavanju koeficienta trenja, gravitacijski pospešek bi lahko izračunali iz zavorne poti avtomobila ob poznavanju koeficienta trenja, verjetno bi se še kaj našlo.

4. Kateri izmed teh načinov se vam zdi najboljši oz. najnatančnejši?

Izračun gravitacijskega pospeška iz nihajnega časa nitnega nihala.

5. Na katere načine merite težni pospešek pri pouku?

Tradicionalno težni pospešek merimo z netočno metodo padanja obteženega papirnatega traku skozi brnač. Brnač na trakcu pusti sledi (pikice). Iz frekvence udarjanja ob listek in meritvijo razmikov npr. med sosednjimi pikicami, lahko ocenimo pospešek padanja traku. Vajo opravljajo dijaki 1. letnika in smo jo, nezanesljivemu rezultati navkljub, ohranili prav zaradi poučnosti cele vaje (izvedba meritve, obdelava in analiza meritev in vrednotenje rezultata).

6. Kateri izmed načinov merjenja težnega pospeška se vam zdi najbolj primeren za uporabo pri pouku?

V prvem letniku s telefonom (če želimo bolj točen rezultat), se pa dijaki 1. letnika veliko več lahko naučijo pri zgoraj opisani varianti.

7. Ali se vam zdi, da je pomembno, da čim več meritev pri pouku fizike naredijo učenci sami?

Vsekakor.

8. Zakaj je eksperimentalno delo pri pouku fizike tako pomembno?

V prvi treh letnikih dijaki vsako leto izvedejo 5 eksperimentalnih vaj. Pri tem delu se dijaki srečujejo z mnogimi vprašanji. Če jih uspešno (sami, s pomočjo sošolcev, laboranta ali učitelja) prebrodijo, postajajo vedno bolj vešč eksperimentalnega dela v splošnem. Če imajo lasten interes, lahko sami načrtujejo, izvedejo in obdelajo meritev in pridejo do nekih svojih zaključkov. Eksperimentalno delo je vedno vnaprej načrtovano in sicer glede na to, kaj želimo preveriti.

9. Kako je Covid -19 in posledično šolanje na daljavo vplivalo na potek dela pri pouku fizike, še posebej na eksperimentalni del?

Malo je stvari na katere bi epidemija imela pozitiven učinek. O pozitivnem učinku mogoče lahko govorijo le ljudje/podjetja, ki so se okoristili s (pre)prodajo nujno potrebne opreme, pa še oni zgolj iz lastnega vidika.

Za pouk pa je le slabo. Nekateri učenci in dijaki so v splošnem že pred epidemijo preveč časa prebili za računalnikom, sedaj ga preveč prebijejo prav vsi.

Zaradi dela od doma trpi še posebno eksperimentalni del naravoslovnih predmetov, saj učitelj doma nimamo laboratorijev z vso potrebno opremo.

Dijakom poskušam pomagati tako, da jim za vsako uro napišem prosojnice, ki jih potem skupaj pregledamo, da skupaj rešujemo razne naloge in da sem jim na voljo za vsa vprašanja. Kar se eksperimentalnega dela tiče vaje potekajo tako, da laborantka izvede meritev, ki jo sami opazujejo, tako pridejo do meritev, ki jih potem samostojno obdelajo. Za demonstracijski prikaz poskusov pa pridejo prav razne računalniške simulacije (npr. na <https://phet.colorado.edu/>) in videi (npr. rušenje mostu zaradi resonance z vrtinci zraka <https://www.youtube.com/watch?v=j-zczJXSxnw>)

5.2.5 Intervju z gospo Marjano Benedik

1. Prosiva, da se na začetku na kratko predstavite.

Sem Marjana Benedik in učim fiziko na Gimnaziji Bežigrad

2. Kdaj in v kolikšnem obsegu imate pouk o težnem pospešku?

S težnim pospeškom se prvič srečamo v prvem letniku pri obravnavanju prostega pada. Prav veliko se mu ne posvečamo. Dijaki ga poznajo že iz OŠ in vedo, da telesa padajo enakomerno pospešeno in da je pospešek enak g . Pozneje v prvem letniku spoznamo g še v drugi vlogi, kot jakost gravitacijskega polja.

3. Katere načine merjenja težnega pospeška poznate?

Težni pospešek lahko merimo na različne načine. Moram pa priznati, da ga v prvem letniku redko izmerimo (odvisno od časa).

a. Najnatančnejše merjenje nam omogoča naprava, ki sestoji iz elektronke štoparice, ki zelo natančno izmeri čas padanja jeklene kroglice. Je pa tu natančnost merjenja g omejena z natančnostjo merjenja višine.

b. Težni pospešek lahko merimo udi z merilnimi instrumenti Vernier, ki s katerim lahko merimo lego telesa v odvisnosti od časa in iz dobljenih podatkov g izračunamo.

c. Izmerimo ga lahko tudi z merjenjem nihanjega časa nitnega nihala.

d. g lahko določimo tudi s pomočjo videoanalize posnetka telesa, ki prosto pada.

4. Kateri izmed teh načinov se vam zdi najboljši oz. najnatančnejši?

Od naštetih je najbolj natančen način a.

5. Na katere načine merite težni pospešek pri pouku?

Včasih ga izmerimo pri pouku z načinom a, dijaki ga pri vajah določajo s pomočjo videoanalize prostega pada (so delali letos, ko imamo pouk na daljav), določajo ga tudi z merjenjem nihajnega časa nitnega nihala (kot stranski rezultat; pri tej vaji je glavni cilj ugotoviti, kako je nihajni čas nitnega nihala odvisen od dolžine vrvice).

6. Kateri izmed načinov merjenja težnega pospeška se vam zdi najbolj primeren za uporabo pri pouku?

Način a (neposreden, najhitrejši).

7. Ali se vam zdi, da je pomembno, da čim več meritev pri pouku fizike naredijo učenci sami?

Da, je pomembno. Dijaki s tem razvijajo veščine merjenja. Srečajo se z omejitvami, ki jih merjenja prinašajo itd.

8. Zakaj je eksperimentalno delo pri pouku fizike tako pomembno?

Ker pomaga k boljšemu razumevanju fizike.

9. Kako je Covid -19 in posledično šolanje na daljavo vplivalo na potek dela pri pouku fizike, še posebej na eksperimentalni del?

Pomagamo si s simulacijami ali poskuse posnamemo. Podobno je z vajami, ki jih delajo dijaki v 1. In 2. letniku.

5.2.6 Intervju z gospodom Tomažem Podobnikom

1. Prosiva, da se na začetku na kratko predstavite.

Tomaž Podobnik, docent na Oddelku za fiziko, Fakulteta za matematiko in fiziko, univerza v Ljubljani.

2. Kdaj in v kolikšnem obsegu imate pouk o težnem pospešku?

V okviru predmetov Uvod v fiziko za študente 1. letnika programa Praktična matematika, Proseminar B za študente 1. letnika programa Fizika, in Matematična orodja v fiziki za študente 2. letnika programa Praktična matematika.

3. Katere načine merjenja težnega pospeška poznate?

Določanje težnega pospeška z merjenjem časa padanja kovinske kroglice in z merjenjem nihajnega časa matematičnega (nitnega) nihala.

4. Kateri izmed teh načinov se vam zdi najboljši oz. najnatančnejši?

Določanje težnostnega pospeška z merjenjem nihajnega časa matematičnega nihala.

5. Na katere načine merite težni pospešek pri pouku?

Večinoma z merjenjem časa padanja kovinske kroglice.

6. Kateri izmed načinov merjenja težnega pospeška se vam zdi najbolj primeren za uporabo pri pouku?

Določanje pospeška iz časa padanja telesa – zaradi enostavnosti interpretacije rezultata.

7. Ali se vam zdi, da je pomembno, da čim več meritev pri pouku fizike naredijo učenci sami?

Da.

8. Zakaj je eksperimentalno delo pri pouku fizike tako pomembno?

Eksperimenti popestrijo pouk in lahko dodatno pritegnejo (motivirajo) učence/dijake/študente.

9. Kako je Covid -19 in posledično šolanje na daljavo vplivalo na potek dela pri pouku fizike, še posebej na eksperimentalni del?

Pri šolanju na daljavo je možno snemati in neposredno prenašati predavanja in demonstracijske poskuse, medtem ko je opravljanje praktikumskih predmetov, pri katerih učenci/dijaki/študenti sami opravljajo poskuse, skoraj v celoti onemogočeno.

5.2.7 Intervju z mag. Polono Theuerschuh

1. Prosiva, da se na začetku na kratko predstavite.

Sem Polona Theuerschuh, učiteljica fizike in tehnike in tehnologije na OŠ Polje. Poučujem 36 let.

2. Kdaj in v kolikšnem obsegu imate pouk o težnem pospešku?

S težnim pospeškom se učenci srečajo pri obravnavi enakomerno pospešenega gibanja v 9. razredu, ko govorimo o prostem padu teles. Takrat v običajnih razmerah naredimo tudi dva poskusa: padanje kroglice in poskus z brnačem.

3. Katere načine merjenja težnega pospeška poznate?

Načinov za merjenje težnega pospeška je več:

- iz nihajnega časa nitnega nihala;***
- iz časa padanja telesa in prepotovane poti;***
- iz grafa, ki ga dobimo pri poskusu z brnačem;***

- z prožno vzmetjo z znanim koeficientom vzmeti;
- iz formule za gravitacijsko silo.

4. Kateri izmed teh načinov se vam zdi najboljši oz. najnatančnejši?

Za osnovo šolo se mi zdi najprimernejši način prostega pada kroglice – učenci merijo pot kroglice in čas padanja. Tudi poskus z brnačem je za učence zanimiv, rezultati pa običajno pri brnaču precej odstopajo od dejanske vrednosti.

5. Na katere načine merite težni pospešek pri pouku?

Spuščanje kroglice. Učenci merijo pot in čas, nato izračunajo g . Pri poskusu z brnačem, pa listke nalepijo v graf, označijo Δv in Δt , ter izračunajo g .

6. Kateri izmed načinov merjenja težnega pospeška se vam zdi najbolj primeren za uporabo pri pouku?

Pri pouku se prilagodimo sredstvom, ki jih imamo na razpolago.

7. Ali se vam zdi, da je pomembno, da čim več meritev pri pouku fizike naredijo učenci sami?

Samostojno izvajanje je pomembno za vse učence. Na ta način se navajajo na eksperimentalno delo.

8. Zakaj je eksperimentalno delo pri pouku fizike tako pomembno?

Pomembno je, ker učenci razvijajo veščine raziskovanja in eksperimentalnega dela. Navajamo jih na uporabo merilnih pripomočkov, na natančnost pri merjenju, na to, da vedo, kaj vpliva na rezultat meritve, katero meritev morajo opraviti večkrat in zakaj, kako te podatke predstaviti in interpretirati.

9. Kako je Covid -19 in posledično šolanje na daljavo vplivalo na potek dela pri pouku fizike, še posebej na eksperimentalni del?

Žal poskusov, ki bi jih v tem času izvedli v šoli, nismo mogli izvesti. Upam, da bomo do konca šolskega leta to uspeli nadoknaditi.

5.2.8 Intervju z gospo Majo Ilar

1. Prosiva, da se na začetku na kratko predstavite.

Sem Maja Ilar, učiteljica matematike in fizike na OŠ Kašelj. Poučujem 13 let.

2. Kdaj in v kolikšnem obsegu imate pouk o težnem pospešku?

O težnem pospešku govorimo predvsem pri temi Enakomerno pospešeno gibanje - prosti pad. To je običajno v mesecu februarju. Temu namenimo približno 3 šolske ure.

3. Katere načine merjenja težnega pospeška poznate?

- Iz nihajnega časa nitnega nihala (a ni primerno za OŠ),***
- Iz časa padanja telesa in prepotovane poti (preko videoanalize),***
- teoretično iz formule za gravitacijsko silo.***

4. Kateri izmed teh načinov se vam zdi najboljši oz. najnatančnejši?

Je kar razlika med "najboljši" IN "najnatančnejši". :)

Najnatančnejšo vrednost dobimo, če uporabimo formulo za F_g , ampak so v tem primeru učenci le opazovalci, ki se bolj kot ne le strinjajo z nekimi številkami, ki padajo na tablo (recimo masa Zemlje, gravitacijska konstanta).

Meni se zdi najprimernejši način merjenja pospeška s prostim padom kroglice ob merilnem traku, to posnameš s telefonom in preneseš v program Tracker. Iz tega programa potem odčitaš začetni čas, končni čas in prepotovano pot. Potem pa preko teh podatkov dobiš povprečno hitrost, iz povprečne končno (saj je začetna nič) in iz spremembe hitrosti pospešek. Na tak način dobljen gravitacijski pospešek je kar dober približek uradni vrednosti. Letos smo dobili vrednost enkrat 9,4 drugič pa 10,7 .

5. Na katere načine merite težni pospešek pri pouku?

Iz zgoraj opisanega postopka prostega pada.

Nato izračunamo še po formuli za F_g , ampak to lahko šele po obravnavi II. Newtonovega zakona.

6. Kateri izmed načinov merjenja težnega pospeška se vam zdi najbolj primeren za uporabo pri pouku?

Mislim, da sem na to že odgovorila :)

7. Ali se vam zdi, da je pomembno, da čim več meritev pri pouku fizike naredijo učenci sami?

To se mi zdi za učence, ki so bolj sposobni, delajo sproti in imajo ustrezno predznanje.

Na žalost pa učenci večinoma taki niso. Za samostojno izvajanje poskusov je nujno potrebna določena mera predznanja in če tega ni, je izvajanje poskusov bolj kot ne igranje brez cilja. Nikakor pa to ne pomeni, da naj učitelj naredi vse sam, učenci pa le opazujejo. Po mojih izkušnjah je najbolje, da imajo sposobnejši učenci možnost izvajanja poskusov čim bolj samostojno, učitelj pa pomaga in vodi tiste, ki sami ne zmorejo.

Seveda je tak način tudi za učitelja najzahtevnejši in zahteva veliko predpriprave in sprotne pozornosti na vsakega izmed učencev.

8. Zakaj je eksperimentalno delo pri pouku fizike tako pomembno?

Da postane fizika malo bolj zabavna, da ne izpade, kot da stvari držijo, ker je tako rekel učitelj, ker tako učenci pridobivajo vsakodnevno uporabne veščine (npr. merjenje osnovnih količin, natančnost odčitavanja, preprosto načrtovanje poteka meritve ...), branja navodil, ki so malenkost bolj strokovna (na vzmet postavi utež z maso ... izmeri raztezek vzmeti ... vpiši v tabelo ... nariši graf $v(t)$...), pisanja poročil, ki naj bi bila malenkost bolj strokovna ...

9. Kako je Covid -19 in posledično šolanje na daljavo vplivalo na potek dela pri pouku fizike, še posebej na eksperimentalni del?

V bistvu hujše razlike ni, saj se da s sodobno tehnologijo praktično vse izvesti tudi na daljavo. Poskuse iz SDZ lahko učenci naredijo sami doma, zahtevnejše pa tako ali tako izvaja učitelj sam, kar pa sedaj lahko pokaže iz videov, ki so na spletu ali pa posname sebe, ko izvaja poskus.

5.3 REZULTATI ANKETE

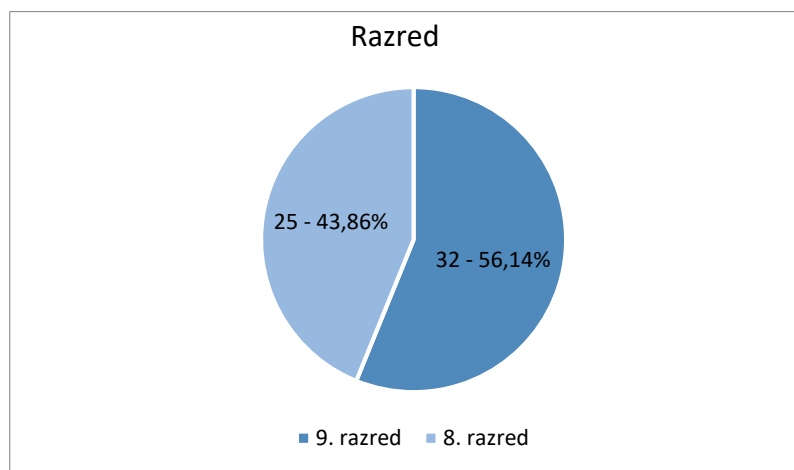
5.3.1 Podatki o anketirancih

Za reševanje anketnega vprašalnika sva prosila 57 učencev 8. in 9. razreda ter 150 odraslih anketirancev.

Učenci

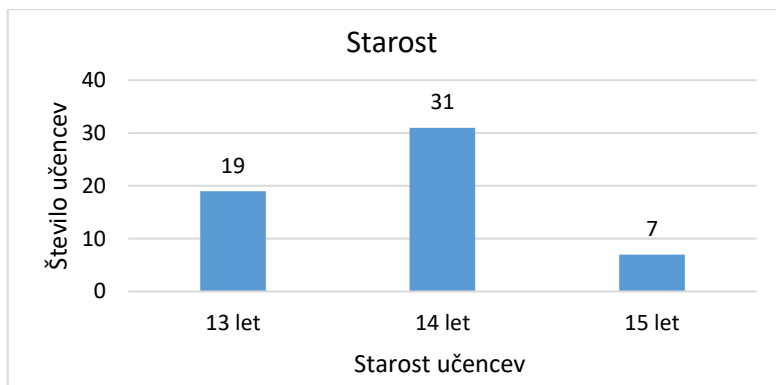
Anketirala sva 57 učencev Osnovne šole Polje.

Razred



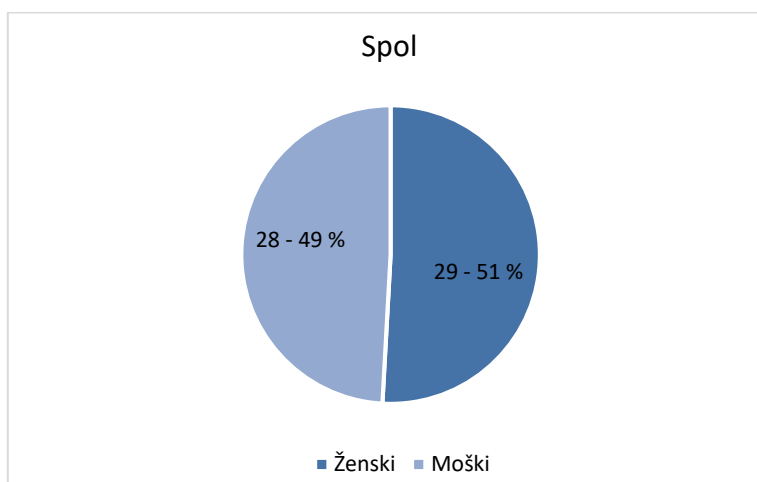
5 učencev (43,86 %) je obiskovalo 8. razred, 32 učencev (56,14 %) pa 9. razred osnovne šole.

Starost



Največ učencev (31 - 54,39 %) je starih 14 let, 19 (33,33 %) jih ima 13 let in 7 učencev (12,28 %) 15 let.

Spol

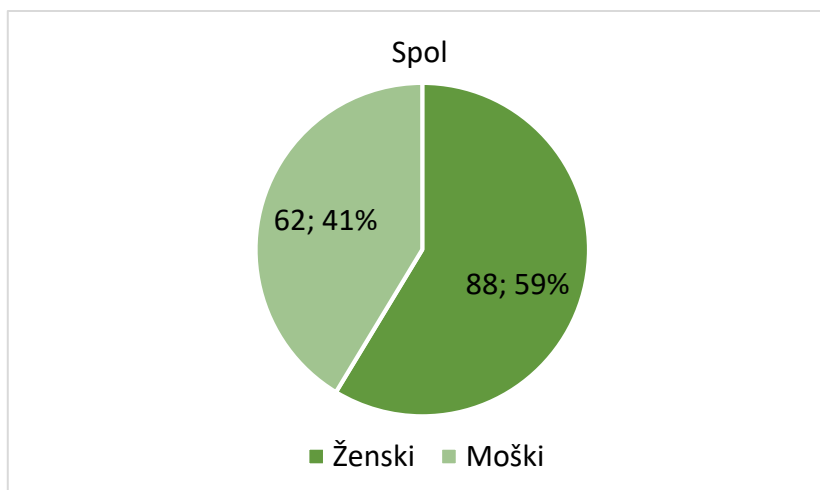


Anketni vprašalnik je izpolnilo 29 žensk (51 %) in 28 moških (49 %).

Odrasli

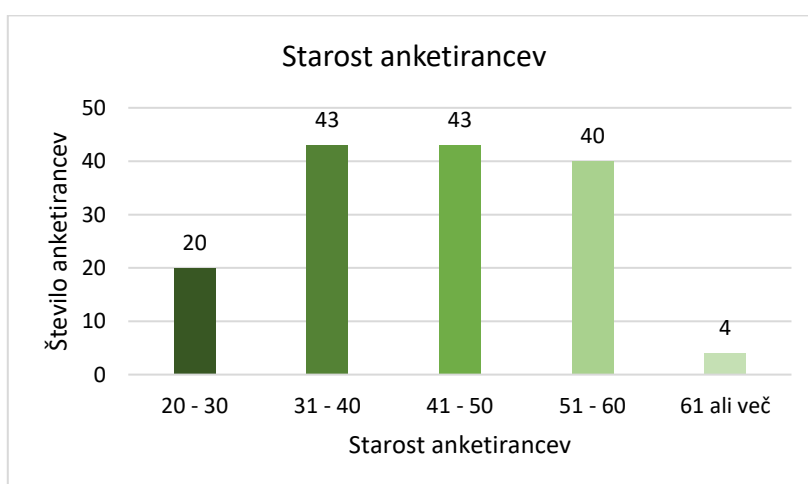
Anketirala sva 150 odraslih.

Spol



Anketni vprašalnik je izpolnilo 88 žensk (59 %) in 62 moških (49 %).

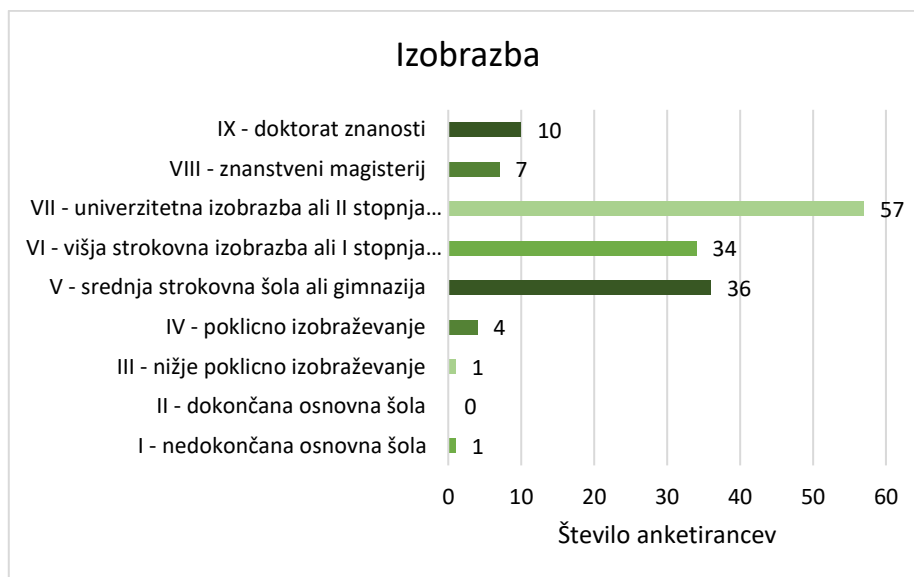
Starost anketirancev



Največ anketirancev je bilo starih med 31 in 40 let ter med 41 in 50 let (obojih 43–28,7%).

Najmanj anketirancev je bilo starih 61 ali več (4–2.7%).

Izobrazba anketirancev



Največ anketirancev ima izobrazbo VII. stopnje (57- 38%), sledijo jim anketiranci s V. stopnjo izobrazbe, takih je 36 (24%). Najmanj anketirancev ima nedokončano osnovno šolo (1) ter nižje poklicno izobraževanje (1).

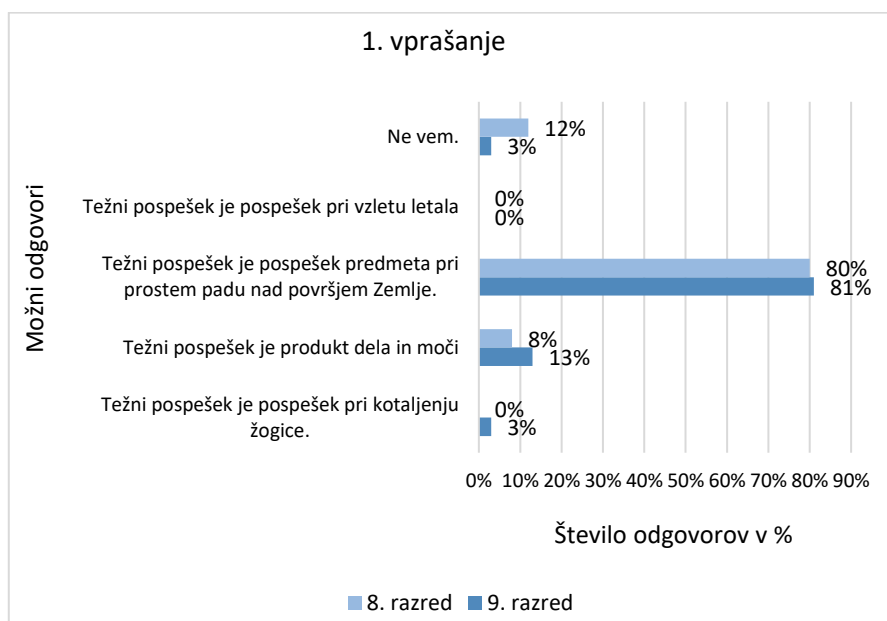
5.3.2 Vprašanja o težnem pospešku

Vprašanja o težnem pospešku za učence

1. vprašanje

Kaj je težni pospešek?

- Težni pospešek je pospešek pri kotaljenju žogice.
- Težni pospešek je produkt dela in moči.
- Težni pospešek je pospešek predmeta pri prostem padu nad površjem Zemlje.
- Težni pospešek je pospešek pri vzletu letala.
- Ne vem.

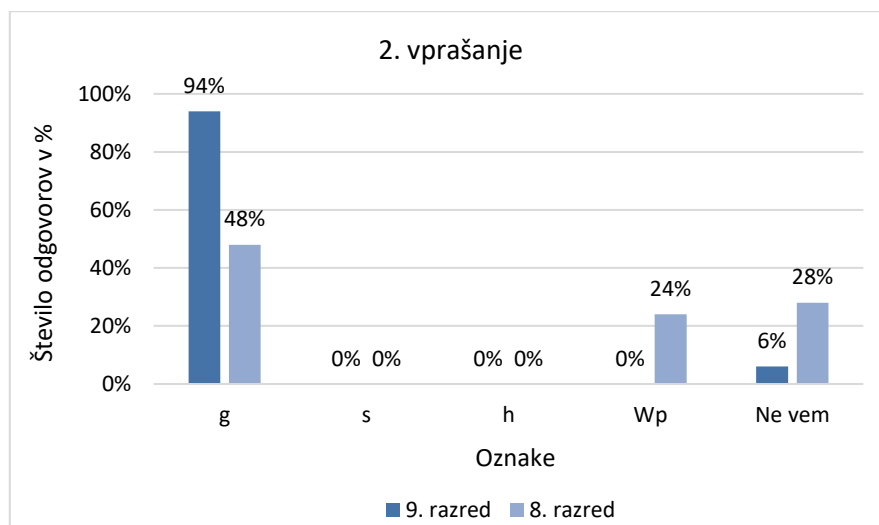


Na to vprašanje je v 8. razredu pravilno odgovorilo 80 % anketirancev, v 9. pa 81 % (pravilen odgovor je »Težni pospešek je pospešek predmeta pri prostem padu nad površjem Zemlje«). V 8. razredu na vprašanje ni znalo odgovoriti 12 % anketirancev, v 9. pa le 3 %. 8% osmošolcev je izbralo odgovor »Težni pospešek je produkt dela in moči«, v 9. razredu pa je bilo takih učencev 13 %. Poleg tega je še 3 % devetošolcev označilo odgovor »Težni pospešek je pospešek pri kotaljenju žogice.«.

2. vprašanje

Kako označimo težni pospešek?

- g
- s
- h
- Wp
- Ne vem.

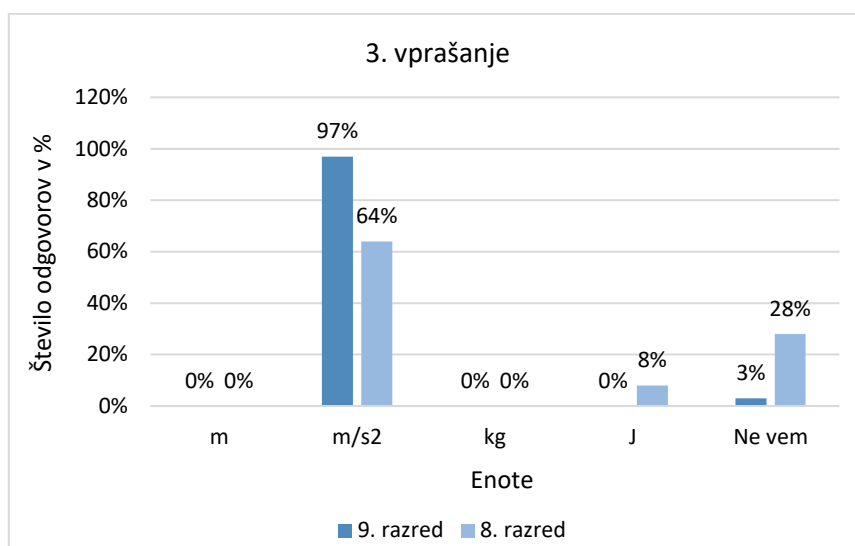


Na drugo vprašanje je večina devetošolcev (94 %) odgovorila pravilno, med osmošolci pa je bilo takih le 48 %. 6 % devetošolcev je izbralo odgovor »Ne vem«. 24% osmošolcev je izbralo odgovor »Wp« in ostalih 28 % odgovor »Ne vem«.

3. vprašanje

V katerih enotah merimo težni pospešek?

- m
- m/s^2
- kg
- J
- Ne vem.

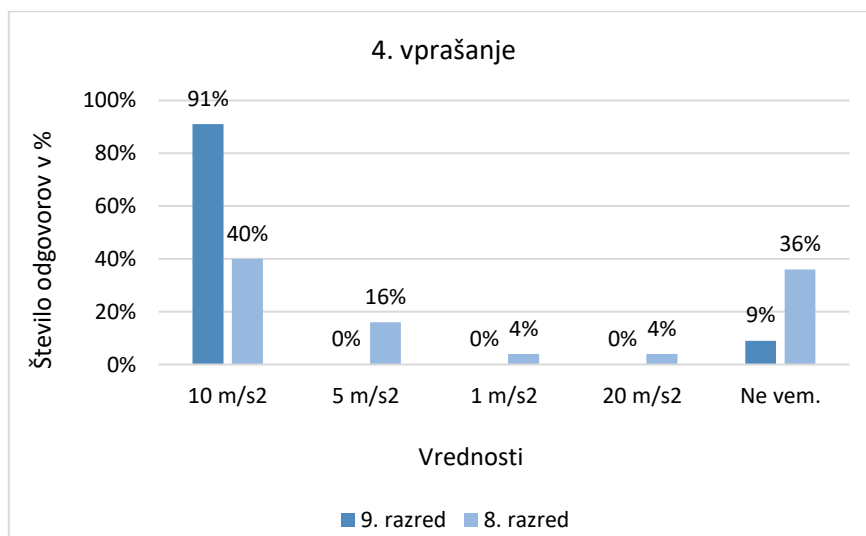


Tudi na to vprašanje je večina devetošolcev odgovorila pravilno (97 %). Pravilno je odgovorilo tudi 64 % osmošolcev. 8 % osmošolcev je označilo odgovor »J«, 28 % pa odgovor »Ne vem«. V 9. razredu je tudi 3 % učencev izbrali odgovor »Ne vem«.

4. vprašanje

Kolikšna (približno) je vrednost težnega pospeška?

- 10 m/s²
- 5 m/s²
- 1 m/s²
- 20 m/s²
- Ne vem.

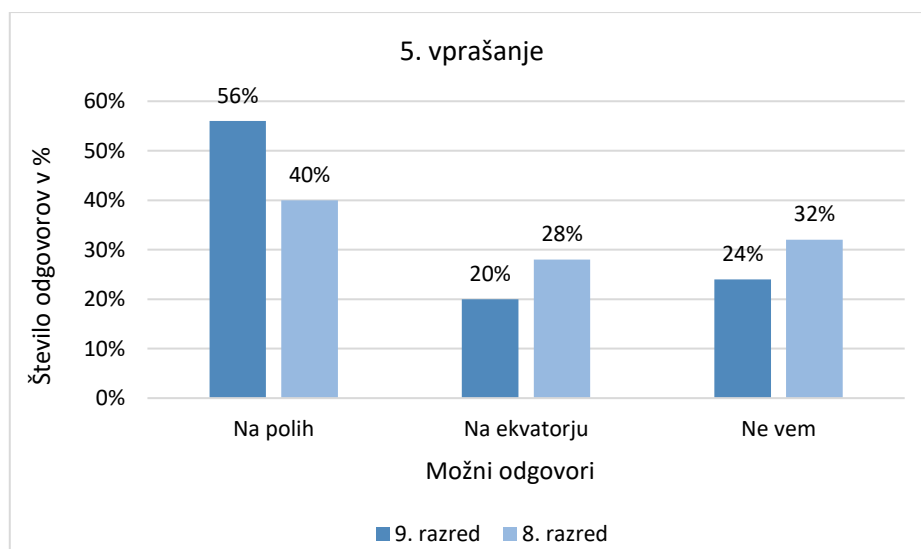


Tu je kar 91 % devetošolcev odgovorilo pravilno. Osmošolcev je bilo takih samo 40 %. 9 % devetošolcev odgovora ni poznalo. 16 % osmošolcev se je odločilo za odgovor 5 m/s^2 , 4 % za odgovor 1 m/s^2 , prav tako 4 % za odgovor 20 m/s^2 in 36 % za odgovor »Ne vem«.

5. vprašanje

Kje je večji težni pospešek?

- Na polih.
- Na ekvatorju.
- Ne vem.

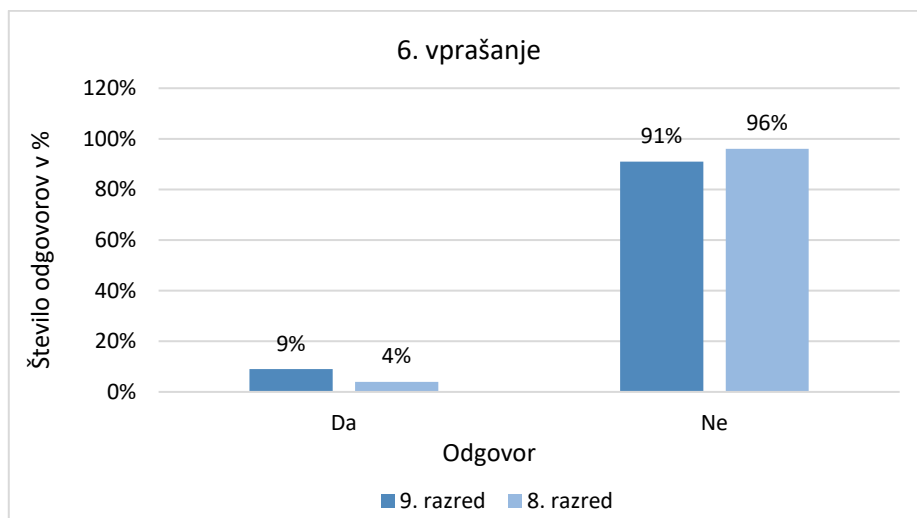


Na to vprašanje je odgovorilo pravilno 56 % devetošolcev in 40 % osmošolcev. 20 % devetošolcev in 28 % osmošolcev je označilo odgovor »Na ekvatorju« in ostalih 24 % devetošolcev in 32 % osmošolcev je označilo odgovor »Ne vem«.

6. vprašanje

Ali ste kdaj merili težni pospešek?

- Da.
- Ne.

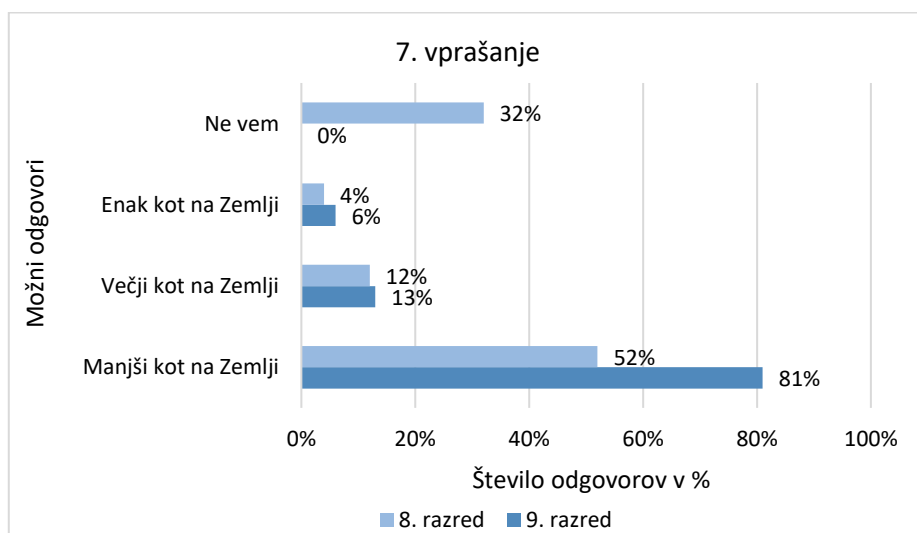


Večina vseh učencev (91 % devetošolcev in 96 % osmošolcev) še ni merila težnega pospeška. To sva pričakovala, saj ga do sedaj v šoli še nismo merili. Težni pospešek bi morali meriti v 9. razredu pri obravnavi padanja, ker pa je pouk potekal na daljavo, ni bilo eksperimentalnega dela. Težni pospešek je torej že merilo le 9 % devetošolcev in 4 % osmošolcev.

7. vprašanje

Kakšen je težni pospešek na Luni?

- Manjši kot na Zemlji.
- Večji kot na Zemlji.
- Enak kot na Zemlji.
- Ne vem.

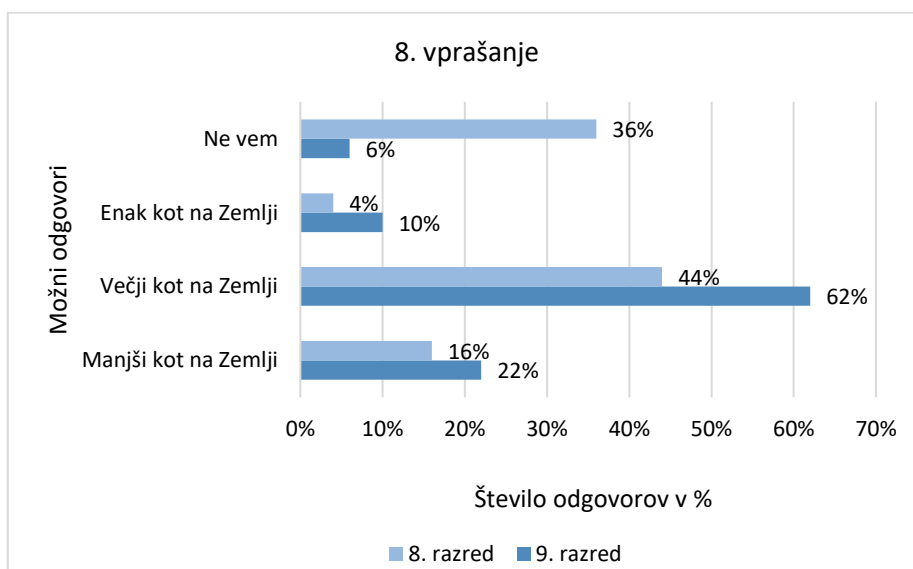


Na to vprašanje je 81 % devetošolcev in 52 % osmošolcev odgovorilo pravilno. 32 % osmošolcev odgovora ni poznalo, 4 % jih je označilo, da je težni pospešek na Luni enak kot na Zemlji in 12 %, da je ta večji kot na Zemlji. 6 % devetošolcev je mislilo, da je pospešek na obeh enak, 13 % pa da je ta večji kot na Zemlji.

8. vprašanje

Kakšen je težni pospešek na Jupitru?

- Manjši kot na Zemlji.
- Večji kot na Zemlji.
- Enak kot na Zemlji.
- Ne vem.



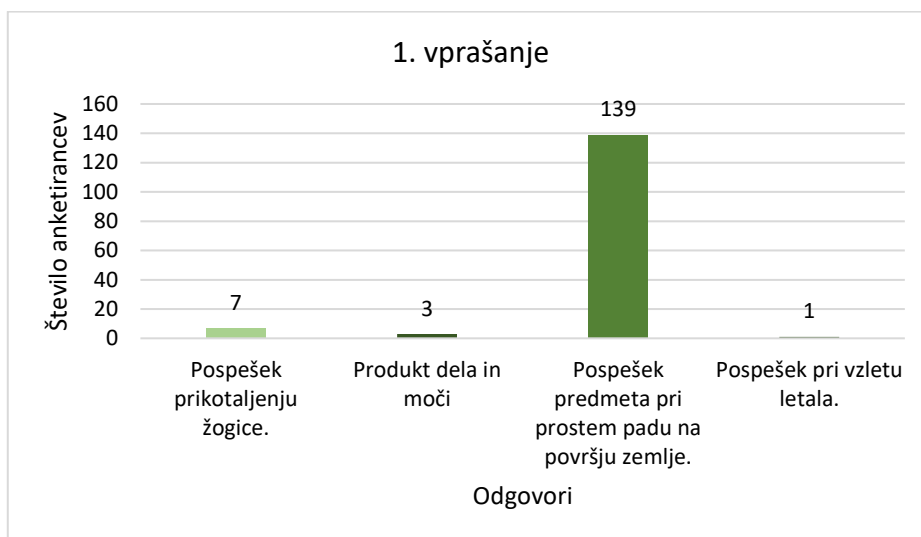
Za pravičen odgovor se je odločilo 44 % osmošolcev in 62 % devetošolcev. Odgovor »Ne vem« je izbralo 36 % osmošolcev in 6 % devetošolcev, 4 % osmošolcev in 10 % devetošolcev je označilo odgovor »Enak kot na Zemlji«, 16 % osmošolcev in 22 % devetošolcev pa je označilo odgovor »Manjši kot na Zemlji«.

Vprašanja o težnem pospešku za odrasle

1. vprašanje

Kaj je težni pospešek?

- Težni pospešek je pospešek pri kotaljenju žogice.
- Težni pospešek je produkt dela in moči.
- Težni pospešek je pospešek predmeta pri prostem padu nad površjem Zemlje.
- Težni pospešek je pospešek pri vzletu letala.
- Ne vem.

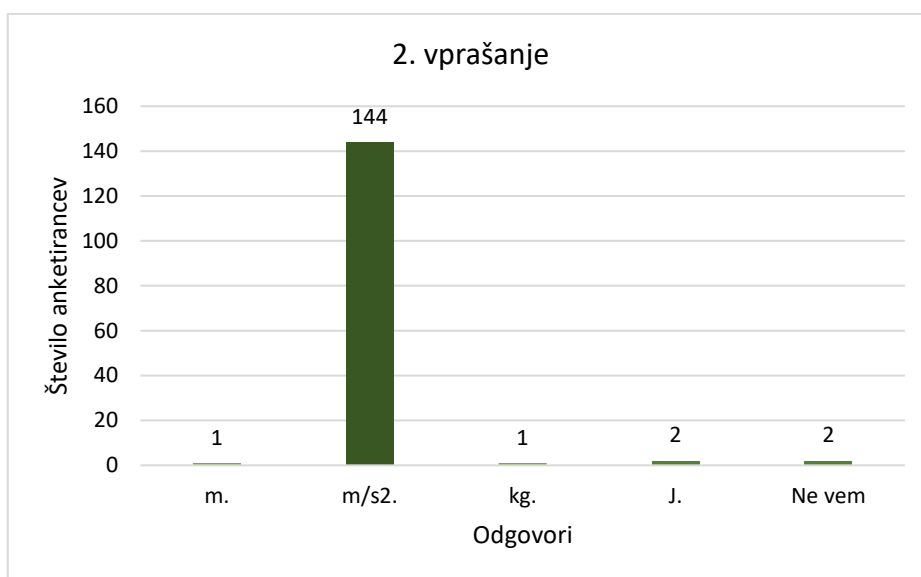


Pravilen odgovor je »Pospešek predmeta pri prostem padu na površju Zemlje«. Za pravilni odgovor se je odločilo 139 (92,7 %) anketirancev.

2. vprašanje

V katerih enotah merimo težni pospešek?

- m
- m/s^2
- kg
- J
- Ne vem.

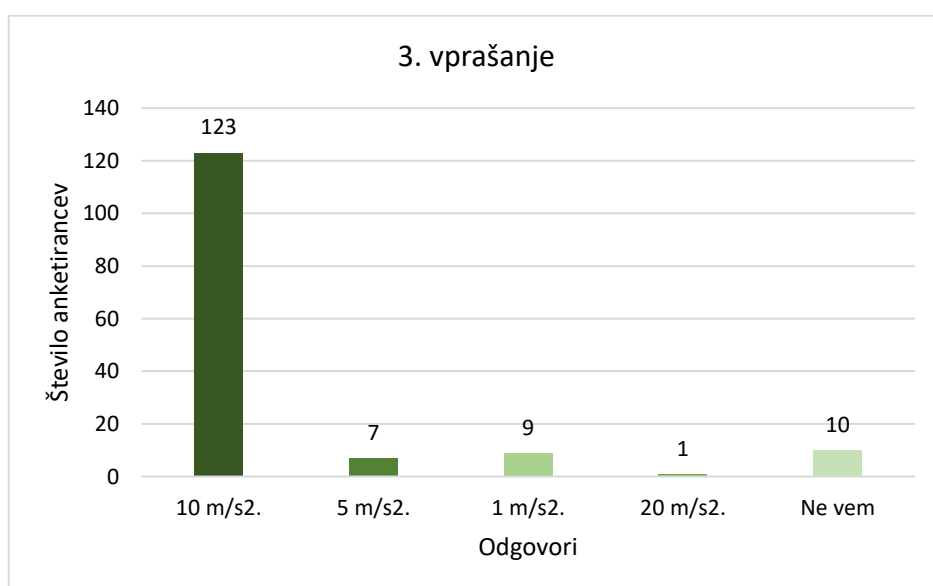


Pravilen odgovor je » m/s^2 «. Za pravilni odgovor se je odločilo 144 (96 %) anketirancev.

3. vprašanje

Kolikšna je približna vrednost težnega pospeška?

- $10 m/s^2$
- $5 m/s^2$
- $1 m/s^2$
- $20 m/s^2$
- Ne vem.



Pravilen odgovor je » $10 m/s^2$ «. Za pravilni odgovor se je odločilo 123 (82 %) anketirancev.

4. vprašanje

Kje je večji težni pospešek?

- Na polih.
- Na ekvatorju.
- Ne vem.

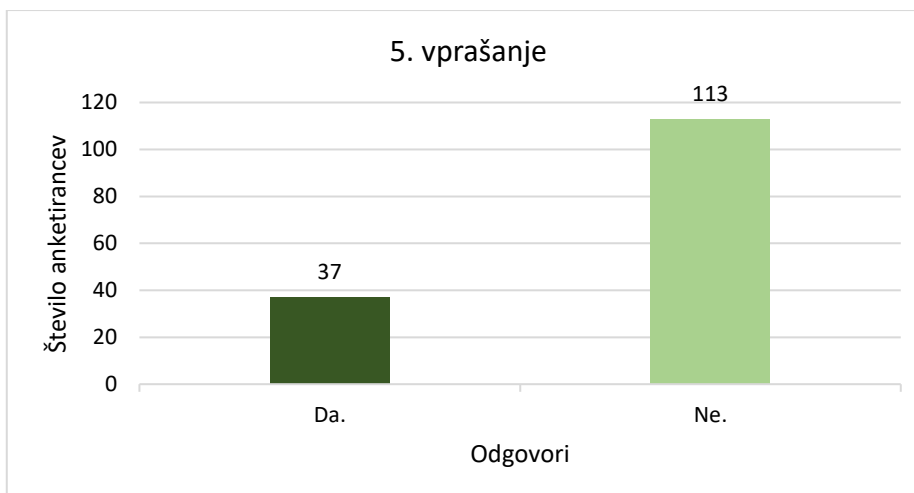


Pravilen odgovor je »Na polih«. Za pravilni odgovor se je odločilo 109 (72,7%) odraslih anketirancev.

5.vprašanje

Ali ste kdaj merili težni pospešek?

- Da.
- Ne.

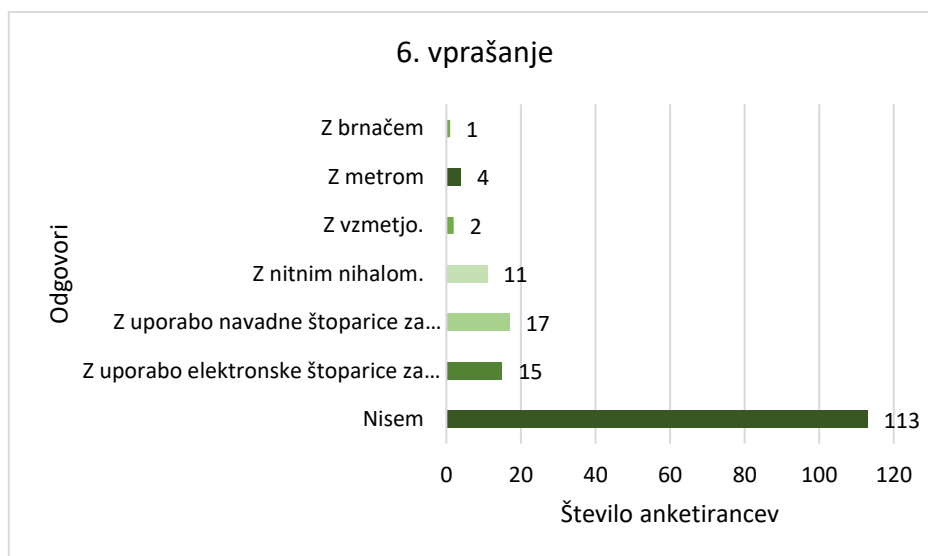


113 (75,3 %) anketirancev še nikoli ni merilo težnega pospeška, preostalih 37 pa so že kdaj merili težni pospešek.

6. vprašanje

Če ste ga merili, označite, na kakšen način ste ga merili?

- Nisem.
- Z uporabo elektronske štoparice za merjenje časa in merjenjem poti pri padanju.
- Z uporabo navadne štoparice za merjenje časa in merjenjem poti pri padanju.
- Z nitnim nihalom.
- Z vzmetjo.
- Z metrom.
- Z brnačem.



Največ odraslih anketirancev, ki so že merili težni pospešek, ga je merilo z uporabo navadne štoparice za merjenje časa in merjenjem poti pri padanju (17 - 11,3 %), temu pa sledi merjenje z elektronsko štoparico (15 - 10 % anketirancev).

7. vprašanje

Kakšen je težni pospešek na Luni?

- Manjši kot na Zemlji.
- Večji kot na Zemlji.
- Enak kot na Zemlji.
- Ne vem.



Pravilen odgovor je »Manjši kot na Zemlji«. Za pravilni odgovor se je odločilo 137 (91,3 %) odraslih anketirancev.

6 RAZPRAVA

6.1 Potrjevanje hipotez

1. hipoteza: **»Večina odraslih anketirancev in učencev še ni merila težnega pospeška.«**, je potrjena.

Iz odgovorov v anketi sva ugotovila, da je težni pospešek merila približno ena četrтина odraslih in le en učenec iz osmega razreda ter trije učenci devetega razreda. Pri učencih osmega razreda je razlog to, da te snovi v šoli še niso spoznali. Devetošolci so se seznanili s težnim pospeškom, izmeriti pa ga niso mogli, saj je zaradi epidemije Covid-19 pouk potekal na daljavo in ni bilo samostojnega eksperimentalnega dela, ki bi ga sicer imeli v šoli.

2. hipoteza: **»Odrasli anketiranci bolje poznajo težni pospešek kot učenci.«**, je delno potrjena.

Te hipoteze ne moreva ne potrditi, ne ovreči, saj so rezultati približno enaki (pri nekaterih vprašanjih so bolje odgovorili učenci, pri nekaterih pa odrasli). Odrasli imajo verjetno malo slabše odgovore zato, ker so se to snov učili že dolgo nazaj.

3. hipoteza: **»Najnatančnejše rezultate bova dobila pri merjenju časa z elektronsko štoparico«**, je ovržena. Rezultati, ki smo jih dobili pri izračunu težnega pospeška, ko smo merili čas z navadno štoparico se niso bistveno razlikovali od rezultatov, ki smo jih dobili z digitalno štoparico ali s prožno vzmetjo. Vrednost težnega pospeška se je najbolj približala dejanski vrednosti, ko so za merjenje uporabili nitno nihalo in je bila dolžina vrvica 1 m. Zelo dober rezultat smo dobili tudi z eno od vzmeti. Najslabši so bili rezultati iz grafov (poskus z brnačem) in z uporabo Arduina.

4. hipoteza: **»Največ težav nama bo povzročalo določanje težnega pospeška iz grafov.«, je potrjena.**

Največ težav sva imela pri določanju težnega pospeška iz grafov, saj na začetku sploh nisva vedela, kako bi se zadeve lotila. Poskuse sva večkrat ponovila, rezultati pa kljub temu niso dobri. Pri poskusu z brnačem sva določala težni pospešek iz grafa $v(t)$ in dobila vrednost težnega pospeška $8,4 \text{ m/s}^2$. Slabši je bil le prvi poskus z Arduinom.

Tudi drugi poskus določanja težnega pospeška iz grafa $s(t^2)$ ni prinesel najboljših rezultatov.

5. hipoteza: **»V srednjih šolah za določanje težnega pospeška uporabijo video analizo padanja.«, je ovržena.**

Ugotovila sva, da v srednjih šolah merijo težni pospešek na veliko različnih načinov. To so: z videoanalizo, z brnačem, nitnim nihalom, elektronsko štoparico. Te hipoteze ne moreva potrditi, ker se v šolah uporabljajo tudi drugi načini merjenja težnega pospeška (ne samo z videoanalizo padanja).

6.2 Ugotovitve

Z najino raziskovalno nalogo sva želela ugotoviti, na kakšne načine lahko izmerimo težni pospešek in kateri način bi bil najbolj natančen.

Ugotovila sva, da morava vse poskuse dobro načrtovati in predvideti, kaj vse vpliva na izid poskusa, če se le da take dejavnike odstraniti in nato meritve čimbolj natančno izvesti. Če vsega tega ni, potem lahko kar pozabimo na dober rezultat.

Rezultati so seveda najboljši takrat, ko ni vpliva človeškega faktorja (npr. vpliv človeškega faktorja izločimo tako, da namesto navadne štoparice uporabimo digitalno). Zavedati pa se moramo, da tudi v primeru, ko ni vpliva človeškega faktorja, rezultati niso zelo natančni saj na izid poskusa vplivajo tudi drugi dejavniki, kot je npr. upor zraka. Če bi želeli zelo natančen rezultat, bi morali poskus izvesti v brezračnem prostoru, take možnosti pa nisva imela.

Izkazalo se je, da so se pravi vrednosti težnega pospeška najbolj približali rezultati s prožno vzmetjo ($9,82 \text{ m/s}^2$). Natančni so bili tudi poskusi z nitnim nihalom. Meritve z digitalno in navadno štoparico so tudi bile še kar natančne (od 9,9 do 10,1). Najslabši so bili rezultati pri merjenju z brnačem, saj tam na izid poskusa vpliva veliko dejavnikov (upogib papirnega traku, upor zraka, trenje). Ugotovila sva, da čim več dejavnikov vpliva na izid poskusa, tem slabši je rezultat. Na prožno vzmet ne vpliva ne upor zraka, ne trenje, zato sva verjetno tam dobila najboljše rezultate.

Z anketo sva ugotovila, da je znanje učencev in odraslih o težnem pospešku približno enako. Nekateri učenci se te snovi še niso učili, nekateri odrasli pa so se to učili že zelo dolgo nazaj, zato se tega ne spomnijo. Ugotovila sva, da večina učencev težnega pospeška ni merila (to sva sprva tudi pričakovala), pri odraslih pa naju je presenetilo, da je težni pospešek merila le približno četrtina odraslih intervjuvancev. Mogoče se merjenja ne spomnijo ali pa v tistih časih, ko so obiskovali osnovno šolo, težnega pospeška niso merili v okviru pouka.

Iz analize odgovorov intervjuvancev sva ugotovila, da v šolah težni pospešek merijo na veliko različnih načinov. To velja za tako za srednje, kot tudi osnovne šole. Ugotovila sva tudi, da ima vsak intervjuvanec svoje mnenje o tem, s katerim poskusom dobimo najnatančnejše rezultate.

Misliva, da se učenci v šoli premalo spoznajo s težnim pospeškom, saj mu v srednjih šolah namenijo le nekaj ur v prvem letniku.

Ugotovila sva tudi, da pouk na daljavo slabo vpliva na eksperimentalno delo pri fiziki (učenci nimajo doma pripomočkov in težje izvajajo oz. razumejo poskuse, posledično tudi slabše razumejo snov). Videoposnetki namreč ne morejo nadomestiti samostojne izvedbe poskusov.

7 ZAKLJUČEK

Za naju je ta raziskovalna naloga predstavljala izziv, saj sva se spoznala z različnimi načini merjenja težnega poskusa.

Vsi poskusi so nama bili všeč. Nekateri so bili zamudni in zahtevni, a na koncu sva bila še kar zadovoljna z rezultati. Poleg tega sva se spoznala še s sodobno tehnologijo, ko sva delala poskus z Arduino.

Pri izvajanju eksperimentov sva ugotovila, da moramo vedno dobro premisliti, kaj vse vpliva na rezultate poskusa. Če tega ne storimo, so rezultati lahko nezadovoljivi. Ugotovila sva tudi, da uporaba računalnika ne privede vedno do boljših rezultatov.

Izkazalo se je, da odrasli in učenci osmega in devetega razreda težni pospešek poznajo približno enako dobro. Razlikujejo se v tem, da je veliko več odraslih kot učencev merilo težni pospešek. Učenci težnega pospeška še niso merili, saj je zaradi razglasitve epidemije Covid-19 pouk potekal na daljavo. Veva pa, da bi v normalnih pogojih v šoli izvedli nekaj merjenj težnega pospeška.

Iz intervjujev sva ugotovila, da je šola na daljavo slabo vplivala na eksperimentalni del pouka pri fiziki. Učenci tako niso mogli izvesti poskusov, ker večina doma nima primerne prostora in primerne opreme ter pripomočkov. Iz intervjujev pa sva tudi prišla do nekaj dodatnih idej za poskuse.

Vsi učitelji pa se zavedajo da je eksperimentalno delo za učence na vseh stopnjah šolanja zelo pomembno.

Raziskovalno nalogo pa bi lahko nadgradila z dodatnimi poskusi, ter bolj natančnimi napravami oz. boljšimi pogoji, ki bi zagotovo pripeljali do bolj natančnih rezultatov.

Ob pisanju raziskovalne naloge in eksperimentalnem delu sva se veliko naučila.

8 LITERATURA IN VIRI

Ambrožič, M., Drevenšek Olenik, I., Vilfan, M. Fizika. Pridobljeno 23.1.2021 s
https://jazbec.ijs.si/mvilfan/FRI_Fizika.pdf

Golli, B. Osnove mejenj. Pridobljeno 21. 2. 2021 s <http://www.pef.uni-lj.si/bojang/napake.pdf>

Kajput, D. Določanje težnega pospeška. Pridobljeno 14.1.2021 s
https://skupnost.sio.si/pluginfile.php/418186/mod_folder/content/0/DOLOCANJE_GRAVITACIJSKEGA_POSPEŠKA_IN_DOKAZOVANJE_rotacije_-_2008.docx?forcedownload=1

Prosen, M. Trije načini določitve težnega pospeška. Pridobljeno 14.1.2021 s
<https://www.dlib.si/stream/URN:NBN:SI:doc-AVJDMTQ5/e3926f27-53d4-47fe-9204-cc63c634f61e/PDF>

Stare, J. Povprečna vrednost. Pridobljeno 20.1.2021 s
<http://www2.arnes.si/~oskratl1s/fizika/vsebine%20%20razred/Povprecna%20vrednost.pdf>

Pople, S. (1998). Fizika/Shematski pregled. Ljubljana: Tehniška založba Slovenije.

Strnad, J. Fizika. 1. del. 2016. Ljubljana: DMFA

Bezner, B. Moja prva fizika 1, učbenik za fiziko v 8. razredu osnovne šole. 2019. Modrijan izobraževanje.

Absolutna in relativna napaka. Pridobljeno 22.1.2021 s
<https://eucbeniki.sio.si/fizika8/213/index4.html>

E-va, Merske napake. Pridobljeno 18.1.2021 s
<http://www.nauk.si/materials/4294/out/index.html#state=7>

Gravitacijska konstanta. Pridobljeno 21. 12. 2020 s http://wiki.fmf.uni-lj.si/wiki/Gravitacijska_konstanta

Merjenje in merske napake. Pridobljeno 21.2. 2021 s
<file:///C:/Users/polon/AppData/Local/Temp/Pravila%20za%20ra%C4%8Dunanje%20z%20napakami.pdf>

Napake pri merjenju. Pridobljeno 19.1.2021 s
https://dijaski.net/gradivo/fiz_sno_napake_pri_merjenju_01

Približki in napake. Pridobljeno 19.1.2021 s

https://si.openprof.com/wb/pribli%C5%BEki_in_napake?ch=33#Absolutna_napaka

Težni pospešek. Pridobljeno 21.12. 2020 s

https://sl.wikipedia.org/wiki/Te%C5%BEni_pospe%C5%A1ek

Težnost. Pridobljeno 12. 12. 2020 s [https://fran.si/133/sskj2-slovar-slovenskega-knjiznega-jezika-](https://fran.si/133/sskj2-slovar-slovenskega-knjiznega-jezika-2/4540024/teznost?View=1&Query=te%c5%benost&All=te%c5%benost&FilteredDictionaryIds=133)

[2/4540024/teznost?View=1&Query=te%c5%benost&All=te%c5%benost&FilteredDictionaryIds=133](https://fran.si/133/sskj2-slovar-slovenskega-knjiznega-jezika-2/4540024/teznost?View=1&Query=te%c5%benost&All=te%c5%benost&FilteredDictionaryIds=133)

Viri slik:

Slika 1: Pridobljeno 14. 1. 2021 s <https://si.openprof.com/ge/images/144/gravitacija2.jpg>

Slike 2 - 7: foto. P. Theuerschuh

Slika 8:

https://int.frederiksen.eu/fileadmin/user_upload/PDF/Export/2015/Export_2015_web_Measurements.pdf (12. 2. 2021)

Slika 9: https://si.openprof.com/wb/matemati%C4%8Dno_nihalo?ch=426 (12. 2. 2021)

Slika 10: <http://www.presek.si/27/1423-Prosen.pdf> (12. 2. 2021)

Slika 11: J. Ogrič

Slike 12: L. Ogrič

Slike 13 – 15: T. Škrabič

Slike 15 – 17: L. Ogrič

Slike 18 – 19: T. Škrabič

Slika 20: L. Ogrič

Slika 21: T. Škrabič

Slika 22: Slika vezja

Slika 23: Zaslonska slika programa

Slika 24: Slika vezja

Slika 25: Zaslonska slika programa

9 PRILOGE

PRILOGE

Anketni vprašalnik za učence

Anketa o merjenju težnega pospeška (učenci)

Sva Teo Škrabič in Luka Ogrič učenca 9. razreda osnovne šole Polje.
V letošnjem letu delava raziskovalno nalogo na področju fizike. Naslov najine raziskovalne
naloge je "Merjenje težnega pospeška".
Prosiva, da si vzamete nekaj minut dragocenega časa in odgovorite na vprašanja.
Že vnaprej hvala za sodelovanje.

* **Zahtevano**

E-naslov *

Vaš e-poštni naslov

Razred

- ☐ 8. razred.
- ☐ 9. razred.

Spol *

- ☐ Moški.
- ☐ Ženski.

Starost *

- ☐ 13 let
- ☐ 14 let
- ☐ 15 let
- ☐ 16 let

Kaj je težni pospešek? *

- ☐ Težni pospešek je pospešek pri kotaljenju žogice.
- ☐ Težni pospešek je produkt dela in moči.
- ☐ Težni pospešek je pospešek predmeta pri prostem padu nad površjem Zemlje.
- ☐ Težni pospešek je pospešek pri vzletu letala.
- ☐ Ne vem.

Kako označimo težni pospešek? *

- ☐ g.
- ☐ s.
- ☐ h.
- ☐ Wp.
- ☐ Ne vem.

V katerih enotah merimo težni pospešek? *

- ☐ m.
- ☐ m/s².
- ☐ kg.
- ☐ J.
- ☐ Ne vem.

Kolikšna (približno) je vrednost težnega pospeška? *

- ☐ 10 m/s².
- ☐ 5 m/s².
- ☐ 1 m/s².
- ☐ 20 m/s².
- ☐ Ne vem.

Kolikšna (približno) je vrednost težnega pospeška? *

- ☐ 10 m/s².
- ☐ 5 m/s².
- ☐ 1 m/s².
- ☐ 20 m/s².
- ☐ Ne vem.

Kje je večji težni pospešek? *

- ☐ Na polih.
- ☐ Na ekvatorju.
- ☐ Ne vem.

Ali ste kdaj merili težni pospešek? *

- ☐ Da.
- ☐ Ne.

Kakšen je težni pospešek na Luni. *

- ☐ Manjši kot na Zemlji.
- ☐ Večji kot na Zemlji.
- ☐ Enak kot na Zemlji.
- ☐ Ne vem.

Kakšen je težni pospešek na Jupitru. *

- ☐ Manjši kot na Zemlji.
- ☐ Večji kot na Zemlji.
- ☐ Enak kot na Zemlji.
- ☐ Ne vem.

Anketni vprašalnik za odrasle

Anketa o merjenju težnega pospeška

Sva Teo Škrabič in Luka Ogrič učenca 9. razreda osnovne šole Polje.

V letošnjem letu delava raziskovalno nalogo na področju fizike. Naslov najine raziskovalne naloge je "Načini merjenja težnega pospeška".

Prosiva, da si vzamete nekaj minut dragocenega časa in odgovorite na vprašanja.

Že vnaprej hvala za sodelovanje.

Lepo bi pa še prosila če bi lahko delili to anketo naprej.

*** Zahtevano**

Spol *

☐ Moški.

☐ Ženski.

Starost *

☐ 20 - 30 let.

☐ 31 - 40 let.

☐ 41 - 50 let.

☐ 51 - 60 let.

☐ 61 let in več.

Stopnja izobrazbe *

☐ I - nedokončana osnovna šola

☐ II - dokončana osnovna šola

☐ III - nižje poklicno izobraževanje

☐ IV - poklicno izobraževanje

☐ V - srednja strokovna šola ali gimnazija

☐ VI - višja strokovna izobrazba ali I stopnja bolonjskega študija

☐ VII - univerzitetna izobrazba ali II stopnja bolonjskega študija

☐ VIII - znanstveni magisterij

☐ IX - doktorat znanosti

Kaj je težni pospešek? *

- ☐ Težni pospešek je pospešek pri kotaljenju žogice.
- ☐ Težni pospešek je produkt dela in moči.
- ☐ Težni pospešek je pospešek predmeta pri prostem padu na površju Zemlje.
- ☐ Težni pospešek je pospešek pri vzletu letala.
- ☐ Ne vem

V katerih enotah merimo težni pospešek? *

- ☐ m.
- ☐ m/s².
- ☐ kg.
- ☐ J.
- ☐ Ne vem

Kolikšna je (približna) vrednost težnega pospeška? *

- ☐ 10 m/s².
- ☐ 5 m/s².
- ☐ 1 m/s².
- ☐ 20 m/s².
- ☐ Ne vem

Kje je večji težni pospešek? *

- ☐ Na polih.
- ☐ Na ekvatorju.
- ☐ Ne vem

Ali ste kdaj merili težni pospešek? *

☐ Da.

☐ Ne.

Če ste ga merili, označite, na kakšen način ste ga merili? *

☐ Nisem.

☐ Z uporabo elektronske štoparice za merjenje časa in merjenem poti pri padanju.

☐ Z uporabo navadne štoparice za merjenje časa in merjenjem poti pri padanju.

☐ Z nitnim nihalom.

☐ Z vzmetjo.

☐ Z metrom.

☐ Drugo: _____

Kakšen je težni pospešek na Luni. *

☐ Manjši kot na Zemlji.

☐ Večji kot na Zemlji.

☐ Enak kot na Zemlji.

☐ Ne vem

Pošlji

KAZALO

1	UVOD.....	4
2	TEŽNOST IN TEŽNI POSPEŠEK	5
2.1	Merjenje težnega pospeška	8
2.2.1	Določitev z nitnim nihalom	8
2.2.2	Določitev s prožno vzmetjo	9
3	MERSKE NAPAKE	10
3.1	Povprečna vrednost	11
3.2	Absolutna napaka.....	11
3.3	Relativna napaka	12
3.4	Računanje z napakami.....	13
3.4.1	Seštevanje in odštevanje.....	13
3.4.2	Množenje in deljenje	13
3.4.3	Potenciranje in korenjenje	14
4	IZHODIŠČE RAZISKAVE IN HIPOTEZE	16
4.1	Cilji raziskovalne naloge	16
4.2	Postavitev hipotez	16
4.3.1	Raziskovalna metoda dela.....	17
4.3.2	Vzorec.....	17
4.3.3	Predstavitev vprašalnika	17
4.3.4	Postopek obdelave	17
5	REZULTATI RAZISKAVE.....	18
5.1	Eksperimentalno delo	18
5.1.1	Določanje težnega pospeška z uporabo štoparice – način št. 1.....	18
5.1.2	Določanje težnega pospeška z uporabo brnača – način št. 2.....	23
5.1.3	Določanje težnega pospeška z uporabo digitalne štoparice – način št. 3.....	25
5.1.4	Določanje težnega pospeška z nitnim nihalom – način št. 4.....	33
5.1.5	Določanje težnega pospeška s prožno vzmetjo – način št. 5	38
5.1.6	Določanje težnega pospeška z računalnikom in Arduino – način št. 6	40
5.1.7	Določanje težnega pospeška z videoanalizo posnetka – način št. 7	48

5.2	INTERVJUJI.....	49
5.2.1	Intervju z gospodom Sebastjanom Zamudo.....	49
5.2.2	Intervju z gospodom Timotejem Maroševičem	51
5.2.3	Intervju z gospo Nado Žonta Kropivšek.....	52
5.2.4	Intervju z gospodom Alešem Razingerjem	54
5.2.5	Intervju z gospo Marjano Benedik.....	56
5.2.6	Intervju z gospodom Tomažem Podobnikom.....	58
5.2.7	Intervju z mag. Polona Theuerschuh	59
5.2.8	Intervju z gospo Majo Ilar	61
5.3	REZULTATI ANKETE.....	63
5.3.1	Podatki o anketirancih.....	63
5.3.2	Vprašanja o težnem pospešku	67
6	RAZPRAVA	78
6.1	Potrjevanje hipotez	78
6.2	Ugotovitve	80
7	ZAKLJUČEK.....	82
8	LITERATURA IN VIRI	83
9	PRILOGE.....	85
	KAZALO	91