

54. SREČANJE MLADIH RAZISKOVALCEV SLOVENIJE

# REAKCIJSKI ČAS IN NAPAKE PRI MERJENJU

Raziskovalno področje: ASTRONOMIJA ali FIZIKA

Raziskovalna naloga

Šola: OŠ BOJANA ILICHA MARIBOR

Avtorici: ANA MIŠIČ

ELA ŽAGAR

Mentor: MARTIN KNUPLEŽ

Maribor, junij 2020

## KAZALO VSEBINE

POVZETEK .....	5
ZAHVALA.....	6
UVOD .....	7
1 METODOLOGIJA DELA .....	8
1.1 Preučevanje virov o merjenju časa.....	8
1.1.1 Sončne ure .....	8
1.1.2 Pretočne ure.....	9
1.1.3 Svečne ure .....	9
1.1.4 Mehanske ure .....	9
1.1.5 Prenosne ure .....	10
1.1.6 Ure na nihalo .....	10
1.1.7 Kvarčne ure .....	10
1.1.8 Elektronske ure.....	11
1.1.9 Atomska ura .....	11
1.2 Fizikalne osnove.....	12
1.2.1 Povprečna vrednost .....	12
1.2.2 Absolutna napaka .....	12
1.2.3 Relativna napaka .....	12
1.2.4 Enakomerno pospešeno gibanje .....	12
1.3 Eksperimentalni del.....	13
1.3.1 Merilni pripomočki in oprema .....	13
1.3.2 Interval dvojnega klika na ročni štoparici .....	18
1.3.3 Merjenje časa prostega pada jeklene kroglice.....	18
1.3.4 Računanje časa prostega pada jeklene kroglice .....	22
2 REZULTATI.....	23

2.1 Interval dvojnega klika.....	23
2.1.1 Dolžina intervala dvojnega klika glede na termin merjenja v dnevu.....	23
2.1.2 Dolžina intervala dvojnega klika glede na starost.....	24
2.1.3 Dolžina intervala dvojnega klika glede na spol .....	24
2.2 Merjenje časa prostega pada jeklene kroglice.....	25
2.2.1 Primerjava izmerjenih časov prostega padanja kroglice glede na način zaznavanja začetka in konca meritve .....	25
2.2.2 Primerjava natančnosti izmerjenega časa glede na dolžino intervala dvojnega klika .....	25
2.2.3 Primerjava absolutnih in relativnih napak glede na način zaznavanja začetka in konca padanja kroglice .....	26
2.3 Napake in možnost izboljšanja natančnosti podatkov.....	27
3 RAZPRAVA, INTERPRETACIJA REZULTATOV .....	28
4 ZAKLJUČEK.....	30
PRILOGE.....	33

## **KAZALO PREGLEDNIC**

Tabela 1 Povprečje intervalov dvojnega klika ob različnih terminih merenj (vir:avtorji).....	18
Tabela 2 Povprečja izmerjenih časov pri vizualnem zaznavanju začetka in konca padanja kroglice (vir:avtorji) .....	19
Tabela 3 Povprečja meritev časa padanja kroglice pri vizualnem in zvočnem zaznavanju (vir:avtorji) .....	20
Tabela 4 Povprečni časi meritev prostega padanja kroglice pri samo zvočnem zaznavanju (vir:avtorji) .....	21
Tabela 5 Povprečja intervalov dvojnega klika vseh sodelujočih učencev 6. in 9. razreda (vir:avtorji).....	24
Tabela 6 Primerjava izmerjenih povprečnih časov pri različnih načinih zaznavanja začetka in konca meritve (vir:avtorji) .....	25

Tabela 7 Primerjava absolutnih napak glede na način zaznavanja začetka in konca padanja kroglice ter globine padca (vir:avtorji).....	26
---	----

## **KAZALO GRAFIKONOV**

Grafikon 1 Interval dvojnega klika pri učencih 6. in 9. razreda ob različnih terminih merjenja (vir: avtorji) .....	23
Grafikon 2 Povprečne dolžine intervalov dvojnega klika glede na spol (vir:avtorji) .....	24
Grafikon 3 Primerjava povprečij meritev časa padanja kroglice glede na dolžino intervalov dvojnega klika (vir:avtorji).....	26
Grafikon 4 Primerjava povprečja relativnih napak meritev glede na način zaznavanja začetka in konca padanja kroglice (vir:avtorji) .....	27

## **KAZALO SLIK**

Slika 1 Najstarejša sončna ura, najdena v Dolini kraljev v Egiptu je bila preprosta sončna ura (Wikipedia, 2020).....	8
Slika 2 Nemška pretočna ura iz 16. stoletja, je delovala na podlagi peska (Wikipedia, 2020)..	9
Slika 3 Preprosta svečna ura (Wikipedia, 2020) .....	9
Slika 4 Mehanizem stolpne ure (Maselj, 2016).....	9
Slika 5 Ura na nihalo (Wikipedia, 2020).....	10
Slika 6 Mineral kamena strela, ki se uporablja v kvarčnih urah (centrifuga.com, 2020) .....	10
Slika 7 Stenska kvarčna ura (enaA.com, 2020) .....	10
Slika 8 Digitalna ura (Wikipedia, 2020) .....	11
Slika 9 Atomska ura (desno) (Wikipedija, 2020).....	11
Slika 10 Ročna štoparica (vir:avtorji) .....	13
Slika 11 Jekleni tračni meter (vir: avtorji) .....	14
Slika 12 Elektromagnet z jekleno kroglico (vir:avtorji).....	14
Slika 13 Tipkalo z menjalnim stikom (vir: avtorji).....	15
Slika 14 Vir zvočnega signala – sirena (vir: avtorji).....	15
Slika 15 Distančna plošča (vir: avtorji).....	16

Slika 16 Distančna plošča (vir: avtorji).....	16
Slika 17 Shema vezave elektromagneta in sirene (vir: avtorji).....	17
Slika 18 Stojalo z elektromagnetom, sireno in distančno ploščo (vir: avtorji) .....	17
Slika 19 Samo vizualno zaznavanje začetka in konca padanja jeklene kroglice (vir: avtorji).	19
Slika 20 Vizualno in zvočno zaznavanje začetka in konca (vir: avtorji) .....	20
Slika 21 Samo zvočno zaznavanje začetka in konca padanja jeklene kroglice (vir:avtorji)....	21

## **POVZETEK**

Z raziskovalno nalogo smo želeli preveriti, kateri dejavniki pri eksperimentiranju vplivajo na natančnost ročnega merjenja časa in ali obstaja možnost, da pridobimo natančnejše rezultate. V teoretičnem delu smo podali pregled merilnih pripomočkov za merjenje časa skozi zgodovino in fizikalne osnove, ki smo jih uporabili pri nadaljnjem delu. V eksperimentalnem delu naloge smo raziskali, kako vpliva na natančnost meritev dolžina intervala dvojnega klika na štoparici. Nadaljevali smo z meritvami časa prostega padanja jeklene kroglice, pri čemer so časomerilci zaznavali začetek in konec dogodkov na 3 načine: samo vizualno, vizualno in zvočno ter samo zvočno. Ugotovili smo, da hitrost dvojnega klika merilca na ročni štoparici ni povezana z natančnostjo pri merjenju časa. Najnatančnejše meritve smo pridobili ob samo zvočnih signalih začetka in konca dogodka, najslabše pa ob samo vizualnem zaznavanju. Z upoštevanjem napak pri merjenju smo želeli priti do ustrežnejših podatkov, a bi za ta del potrebovali še več raziskav.

**Ključne besede:** štoparica, merjenje časa, dvojni klik, prosti pad, načini zaznavanja, pospešek, elektromagnet

**Keywords:** stopwatch, time measurement, double-click, free fall, sensory processing, acceleration, electromagnet

## ZAHVALA

Za omogočanje izvedbe raziskovalne naloge bi se radi zahvalili mentorju in sošolcem, ki so pridno sodelovali pri merjenju časa z ročno štoparico.

Zahvala gre prav tako staršem, ki so naju ob pisanju raziskovalne naloge nenehno podpirali.

## UVOD

Pri pouku fizike je velikokrat potrebno izmeriti čas. Pri določanju pospeška prostega pada smo dobili zelo različne rezultate, ki so bili posledica nenatančno izmerjenega časa. Zato nam je bil izziv, ali bi lahko s katero metodo zmanjšali vpliv napak pri merjenju.

Cilj raziskovalne naloge je ugotoviti, kateri dejavniki lahko vplivajo na natančnost izmerjenega časa pri ročnih meritvah s štoparico (npr. pri pouku v šoli). Preveriti želimo, ali je možno najti način, da pridemo do zanesljivejših podatkov pri meritvah.

## RAZISKOVALNA VPRAŠANJA

- Ali je dolžina intervala dvojnega klika časomerilca povezana z natančnostjo meritev?
- Ali vrsta signala, s katerim zaznavamo začetek in konec dogodka, vpliva na natančnost izmerjenega časa?

## HIPOTEZE

1. Dolžina intervala dvojnega klika na štoparici odločilno vpliva na natančnost izmerjenega časa.
2. Med različnimi načini zaznavanja začetka in konca padanja jeklene kroglice bo meritev pri hkratnem vizualnem in zvočnem zaznavanju najbolj natančna.
3. S poznavanjem specifičnih (absolutnih) napak časomerilcev lahko pridemo do zanesljivejših rezultatov meritev.



# 1 METODOLOGIJA DELA

V prvem delu naloge smo podali pregled zapisov iz različnih virov o zgodovini merjenja časa. Primerjali smo zgradbo in natančnost nekaterih merilnih pripomočkov. Zanimivo je tudi, kako je človek prišel do teh izumov.

V eksperimentalnem delu naloge smo najprej merili časovni interval dvojnega klika na ročni štoparici pri učencih 6. in 9. razredov. Zanimalo nas je, ali razvojna stopnja časomerilca vpliva na meritev. Prav tako smo želeli izvedeti, ali na dolžino intervala vpliva termin, ob katerem izvajamo meritev. Zato smo meritve izvajali ob zjutraj, sredi dopoldneva in ob začetku popoldneva.

Nadaljnje meritve smo izvajali le z učenci 9. razredov. Sodelovalo je 10 učencev. Razporedili smo jih v 2 skupini, glede na povprečje izmerjenih intervalov dvojnega klika. V prvi skupini je bilo 5 učencev s povprečno krajšim intervalom, v drugi pa 5 učencev s povprečno daljšim intervalom dvojnega klika na ročni štoparici. Učenci so merili čas padanja jeklene kroglice s treh različnih višin: 1 m, 2 m in 3 m. Začetek in konec meritve so zaznavali na 3 načine: samo vizualno, vizualno in zvočno in samo zvočno. V tem delu naloge smo želeli raziskati, ali vrsta dražljaja vpliva na natančnost meritve in ali dosegajo učenci s krajšim intervalom dvojnega klika natančnejše meritve.

## 1.1 Preučevanje virov o merjenju časa

Ljudje so že od nekdaj potrebovali poznavanje časa. Na primer nomadi so tako vedeli, kdaj je čas za selitev, poljedelci pa, kdaj je čas za sajenje določenih rastlin. Za spremljanje daljših časovnih intervalov so izdelali koledarje, za merjenje krajših pa ure. (Wikipedia, 2020), (točnaura, 2020)

### 1.1.1 Sončne ure

Eden večjih izumov je bila sončna ura. Ljudje smo jih začeli uporabljati cca. 3500 pr.n.št. Čas meri s pomočjo lege Sonca, oziroma sence, ki jo meče palica na ravno ali krivo urino ploskev. Najstarejša najdena sončna ura izhaja iz Egipta, nastala pa je okoli leta 1500 pr.n.št.



*Slika 1 Najstarejša sončna ura, najdena v Dolini kraljev v Egiptu je bila preprosta sončna ura (Wikipedia, 2020)*

### 1.1.2 Pretočne ure

Pretočne ure so znane že iz 11. stoletja. Takrat so se pojavile prve, ki so bile za tisti čas dokaj natančne in so delovale enako v vseh pogojih. Prvi dokazi njihovega obstoja sežejo le do leta 1338, ko lahko opazimo peščeno uro na sliki Ambrogia Lorenzzetia. Pretočne ure so sestavljene iz okrogle, v sredini stisnjene posode, v kateri se drobni delci ali tekočine (po navadi pesek ali voda), v določenem času pretočijo iz zgornjega dela v spodnji del.



*Slika 2 Nemška pretočna ura iz 16. stoletja, je delovala na podlagi peska (Wikipedia, 2020)*

### 1.1.3 Svečne ure

Prva pisna omemba svečne ure sega v leto 520, ko ga je v eni izmed svojih pesmi omenil kitajski pesnik You Jianfu. V pesmi je povedano, da je bil to način za spremljanje časa v temi. Svečne ure izvirajo iz japonskih in kitajskih kultur. Bile so sestavljene iz sveče, visoke okoli 30 cm, in podstavka, ki je s svečo visel na steni. Na podstavku so bile oznake palcev (2,54 cm), vsak pa je predstavljal 20 minut gorenja sveče. V 13. stoletju jih je uporabljal tudi znani arabski matematik in izumitelj, Al-Jazari.



*Slika 3 Preprosta svečna ura (Wikipedia, 2020)*

### 1.1.4 Mehanske ure

Prvi mehanski merilci časa so se pojavili leta 1500 pr. n. št. v Egiptu, prve velike mehanske ure pa so izdelali italijanski menihi, da bi ljudem oznanili čas molitve. Te ure še niso imele pravih kazalcev, čas so sporočali za to namenjeni posebni zvončki.



*Slika 4 Mehанизem stolpne ure (Maselj, 2016)*

### 1.1.5 Prenosne ure

Prve prenosne ure so v 16. stoletju izumili v Angliji. Bile so velike, zato so jih nosili kar okoli vratu. Imele so le urni kazalec, navijati pa jih je bilo potrebno približno dvakrat dnevno. V tem času so se začeli pojavljati tudi prvi žepni časomeri, a so bili dovolj izpopolnjeni šele v 17. stoletju.

### 1.1.6 Ure na nihalo

Ure na nihalo izhajajo iz leta 1656, ko jo je razvil Christian Huygens. Skozi čas je nihajna ura postala prva naprava za merjenje časa, ki je kazala tudi minute. Ko nihalo v uri niha, obrača zobnik v mehanizmu, ki premika kazalce. Težava nihajne ure je bila, da je nihalo občasno izgubilo svoj zagon, zato ga je bilo potrebno ponovno zanihati. V poznem devetnajstem stoletju je izum baterije to težavo izničil. Ob razvoju nihajne ure se je dan razdelil v dva dela, nastali sta tudi oznaki AM in PM (ang.). (Točna ura , 2010 do 2019)



Slika 5 Ura na nihalo (Wikipedia, 2020)

### 1.1.7 Kvarčne ure

Kvarčni mehanizmi se pogosto uporabljajo v modernih stenskih, ročnih in namiznih urah. Je v celoti mehanska in uporablja mineral »kamena strela« (*quartz*), za natančno spremljanje časa in prenašanje električnega toka. Čas meri do sekunde natančno.



Slika 6 Mineral kamena strela, ki se uporablja v kvarčnih urah (centrifuga.com, 2020)



Slika 7 Stenska kvarčna ura (enaA.com, 2020)

### 1.1.8 Elektronske ure

Digitalne ure uporabljajo mehanizme, podobne kvarčnim uram, vendar čas prikazujejo le s številkami. Po letu 1970, ko je LED osvetljava postajala vse cenejša, je digitalna ura postala vse bolj priljubljena pri prikazu časa. (Točna Ura, 2020)



*Slika 8 Digitalna ura (Wikipedia, 2020)*

### 1.1.9 Atomska ura

Atomska ura je vrsta ure, ki za merjenje časa uporablja frekvenco značilnega resonančnega prehoda elektronov določene vrste atomov. Atomske ure so izredno točne in služijo kot osnovne ure, po katerih se ravnajo druge ure. (Wikipedija, 2020)



*Slika 9 Atomska ura (desno) (Wikipedija, 2020)*

## 1.2 Fizikalne osnove

V raziskovalni nalogi smo uporabili znanje o merjenju, merskih napakah in enakomerno pospešenem gibanju. (Kladnik, 1993), (Marošević & Gojkošek, 2015)

### 1.2.1 Povprečna vrednost

Povprečno vrednost ( $\bar{x}$ ) dobimo tako, da seštejemo vse meritve ( $x_1, x_2, x_3, \dots, x_N$ ) in vsoto delimo s številom meritev ( $N$ ) (enačba 1). Rezultat dobimo v istih enotah, kot je merjena veličina.

*Enačba 1*

$$\bar{x} = \frac{x_1 + x_2 + x_3 + \dots + x_N}{N}$$

### 1.2.2 Absolutna napaka

Absolutna napaka ( $\Delta x$ ) je odstopanje izmerjene vrednosti ( $x$ ) od povprečne vrednosti ( $\bar{x}$ ) (enačba 2).

*Enačba 2*

$$\Delta x = x - \bar{x}$$

### 1.2.3 Relativna napaka

Relativna napaka ( $nr$ ) je kvocient absolutne napake ( $\Delta x$ ) in povprečne vrednosti ( $\bar{x}$ ). Pomeni velikost napake glede na izračunano povprečje meritve. Izražamo jo v odstotkih (enačba 3).

*Enačba 3*

$$nr = \frac{\Delta x}{\bar{x}}$$

### 1.2.4 Enakomerno pospešeno gibanje

Enakomerno pospešeno gibanje je gibanje, pri katerem se hitrost enakomerno veča. Ker se hitrost neprestano spreminja, lahko iz poti in časa izračunamo povprečno hitrost ( $\bar{v}$ ) (enačba 4).

$$\bar{v} = \frac{s}{t} \quad \text{Enačba 4}$$

Če je začetne hitrost enaka 0, je končna hitrost dva krat večja od povprečne (enačba 5).

$$v_k = 2 \cdot \bar{v} \quad \text{Enačba 5}$$

Pospešek ( $a$ ) je kvocient med spremembo hitrosti ( $\Delta v$ ) in časom, v katerem je ta sprememba nastala ( $t$ ) (enačba 6).

$$a = \frac{\Delta v}{t} \quad \text{Enačba 6}$$

Pot pri enakomerno pospešenem gibanju lahko izračunamo na dva načina: z uporabo povprečne hitrosti in časa ali z uporabo pospeška in časa (enačba 7 in enačba 8).

$$s = \bar{v} \cdot t \quad \text{Enačba 7}$$

$$s = \frac{a \cdot t^2}{2} \quad \text{Enačba 8}$$

Pri prostem padanju uporabljamo gravitacijski pospešek ( $g$ ):

$$a = g = 9,81 \frac{m}{s^2}$$

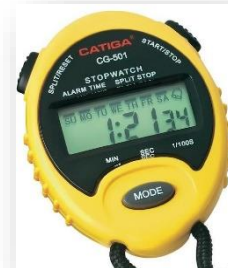
### 1.3 Eksperimentalni del

V eksperimentalnem delu smo najprej opravili meritve intervalov dvojnega klika na ročni štoparici. Sledilo je merjenje časa padanja jeklene kroglice z različnih višin (1 m, 2 m in 3 m) ob različnih pogojih zaznavanja začetka in konca padanja (samo vizualno, hkrati vizualno in zvočno in samo zvočno).

#### 1.3.1 Merilni pripomočki in oprema

Štoparica (slika 10):

- Znamka: CATIGA
- Natančnost: 1/100 s



Slika 10 Ročna štoparica (vir:avtorji)

### Jeklen tračni meter (slika 11):

- Znamka: Tovarna meril Kovine
- Dimenzije: 5 m x 18 mm
- Natančnost: 1/1000 m



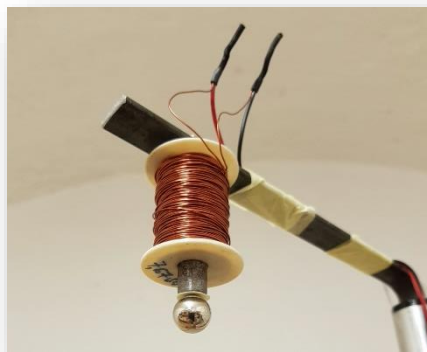
Slika 11 Jekleni tračni meter (vir: avtorji)

### Stojalo (slika 18)

- Namen: nastavljanje različnih višin, s katerih pada jeklena kroglica
- Oblika: trinožno (za reflektor)
- Palica: teleskopska palica znamke Gardena

### Elektromagnet (slika 12):

- Namen: držanje jeklene kroglice v začetnem položaju, sprožitev začetka prostega padanja jeklene kroglice
- Jedro: mehko jeklo, premer 10 mm, dolžina 60 mm, na eni strani vrezan notranji navoj M5 v globino 20 mm
- Tuljava: Cu žica, dolžine 30 m, premer žice 0,5 mm
- Pritrditev: z vijakom M5 na ploščato jeklo 3 mm x 20 mm x 200 mm



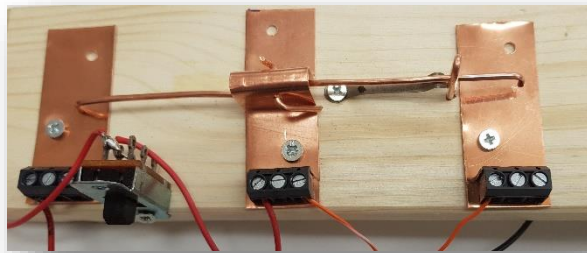
Slika 12 Elektromagnet z jekleno kroglico (vir: avtorji)

### Jeklena kroglica (slika 12):

- Namen: telo, ki prosto pada
- Premer kroglice: 8 mm
- Masa kroglice: 7 g

### Tipkalo (slika 13):

- Namen: preklapljanje med elektromagnetom (sprožitev začetka prostega padanja jeklene kroglice) in sireno
- znamka: lastna izdelava v šolski delavnici
- Način delovanja: menjalni stik



Slika 13 Tipkalo z menjalnim stikom (vir: avtorji)

### Elektronska sirena (slika 14):

- Namen: vir zvočnega signala
- Frekvenčno območje: 600 Hz do 6000 Hz
- Napajanje: 9 V do 14 V, enosmerna napetost



Slika 14 Vir zvočnega signala – sirena (vir: avtorji)



### **Distančna plošča (slika 15):**

- Namen: nastavljanje razdalje med začetno in končno točko padanja kroglice
- Izdelava: lastna v šolski delavnici
- Gradivo:
  - topolova vezana plošča, 250 mm x 200 mm, deb. 6 mm
  - smrekova deščica, 60 mm x 150 mm, deb. 18 mm
  - jeklena spona z razponom 80 mm



*Slika 15 Distančna plošča (vir: avtorji)*

### **Mehka podloga (slika 16):**

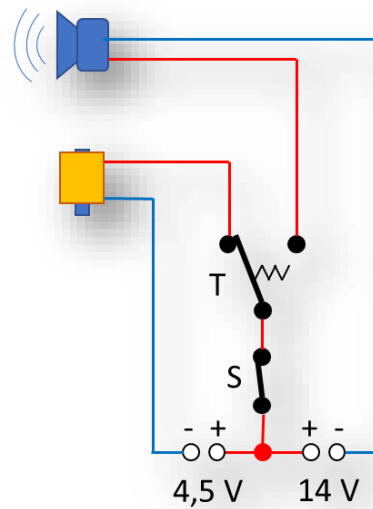
- namen: dušenje zvoka
- vrsta: preložene brisače



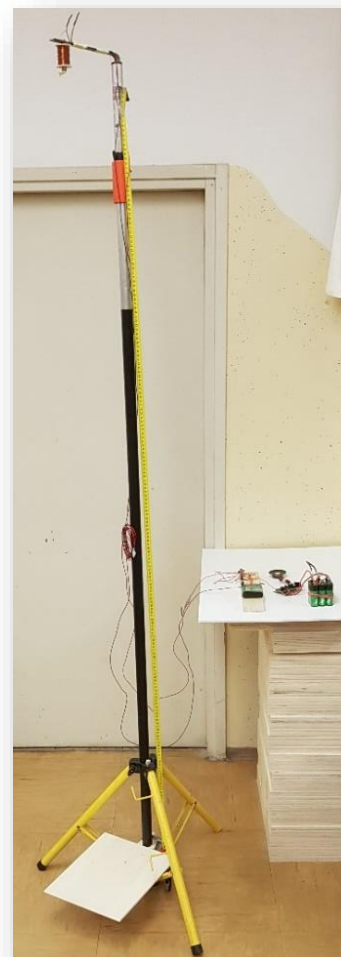
*Slika 16 Distančna plošča (vir: avtorji)*

**Shema vezave in način delovanja (slika 15):**

Ob vklopu stikala S, je elektromagnet vključen preko tipkala T in pritegne jekleno kroglico. Ko želimo sprožiti padanje kroglice, za trenutek pritisnemo tipkalo. S tem izklopimo elektromagnet in za kratek čas sprožimo zvočni signal. Pri meritvah, kjer ne želimo zvočnega signala, odklopimo priključno žico na bateriji za napajanje sirene.



*Slika 17 Shema vezave elektromagneta in sirene (vir: avtorji)*



*Slika 18 Stojalo z elektromagnetom, sireno in distančno ploščo (vir: avtorji)*

### 1.3.2 Interval dvojnega klika na ročni štoparici

Predvidevali smo, da je pri ročnem merjenju časa pomemben reakcijski čas osebe, ki meri. To smo ugotavljali tako, da smo merili interval dvojnega klika pri učencih različnih starosti (6. in 9. razredov). Učencev nismo posebej izbirali, saj je bilo njihovo sodelovanje prostovoljno. Meritve smo izvajali v različnih terminih (7:40, 10:00, 13:00), saj nas je tudi zanimalo, kako različni dejavniki vplivajo na dolžino intervala dvojnega klika.

Vsak učenec je v vsakem terminu opravil 4 meritve. Izločili smo tisto, ki je najbolj odstopala. Iz preostalih 3 pa izračunali povprečje (tabela 1).

Tabela 1 Povprečje intervalov dvojnega klika ob različnih terminih merenj (vir: avtorji)

Učenci 9.r	7:40-8:00	10:00-10:20	12:40-13:00
	$\bar{t}$ [s]	$\bar{t}$ [s]	$\bar{t}$ [s]
1	0,15	0,13	0,13
2	0,18	0,15	0,15
3	0,15	0,15	0,12
4	0,13	0,13	0,12
5	0,15	0,16	0,17
6	0,16	0,16	0,15
7	0,17	0,20	0,16
8	0,14	0,13	0,16
9	0,12	0,11	0,11
10	0,16	0,14	0,14
Učenci 6.r			
1	0,15	0,16	0,14
2	0,18	0,16	0,17
3	0,19	0,16	0,17
4	0,18	0,18	0,19
5	0,15	0,16	0,16
6	0,22	0,20	0,18
7	0,20	0,18	0,19
8	0,16	0,19	0,16
9	0,15	0,15	0,15
10	0,23	0,23	0,24

### 1.3.3 Merjenje časa prostega pada jeklene kroglice

Deset učencev devetega razreda smo razvrstili v dve skupini, glede na dolžino njihovega intervala dvojnega klika na ročni štoparici. V prvi skupini je bilo pet učencev s krajšim, v drugi

pa pet z daljšim intervalom dvojnega klika. Nato smo z vsako skupino ločeno opravili meritve. Meritve smo izvajali ob treh različnih načinih zaznavanja začetka in konca padanja jeklene kroglice: samo vizualno, vizualno in zvočno ter samo zvočno. S tem smo želeli ugotoviti, ali lahko vrsta dražljaja vpliva na natančnost meritev. Meritve smo izvajali pri padanju kroglice z višine 1 m, 2 m in 3 m.

### Vizualno zaznavanje začetka in konca padanja kroglice

Meritve so časomerilci izvajali le na podlagi opazovanja. Leseno distančno ploščo, na katero je padla kroglica, smo prekrili z brisačami, da je bil utišan zvok (slika 19). Učenci so opazovali, kdaj je kroglica začela padati in kdaj se je dotaknila brisače ter opravili meritve (priloga 3). V tabeli smo prikazali povprečne izmerjene čase za posamezne učence (tabela 2).



Slika 19 Samo vizualno zaznavanje začetka in konca padanja jeklene kroglice (vir: avtorji)

Tabela 2 Povprečja izmerjenih časov pri vizualnem zaznavanju začetka in konca padanja kroglice (vir:avtorji)

Vizualno zaznavanje			
Višina:	1 m	2 m	3 m
učenec	$\bar{t}$ [s]	$\bar{t}$ [s]	$\bar{t}$ [s]
1	0,30	0,48	0,64
2	0,28	0,41	0,66
3	0,33	0,41	0,62
4	0,45	0,44	0,63
5	0,33	0,46	0,65
6	0,16	0,52	0,82
7	0,19	0,52	0,55
8	0,19	0,59	0,67
9	0,21	0,59	0,90
10	0,16	0,57	0,64

## Vizualno in zvočno zaznavanje začetka in konca padanja kroglice

Naslednje meritve smo opravili na podlagi obeh dražljajev, vizualnih in zvočnih. Učenci so opazovali padanje jeklene kroglice. Ob prekinitvi elektromagneta se je sprožil zvočni signal, kroglica pa je začela padati. Ob koncu padanja je kroglica udarila ob leseno distančno ploščo in sprožila zvok (slika 20). Meritve smo vnesli v tabelo (priloga 4). Izračunali smo povprečja izmerjenih časov in jih prikazali v tabeli (tabela 3).



Slika 20 Vizualno in zvočno zaznavanje začetka in konca (vir: avtorji)

Tabela 3 Povprečja meritev časa padanja kroglice pri vizualnem in zvočnem zaznavanju (vir: avtorji)

Vizualno in zvočno zaznavanje			
Višina:	1 m	2 m	3 m
	$\bar{t}$ [s]	$\bar{t}$ [s]	$\bar{t}$ [s]
uc. 1	0,33	0,48	0,72
uc. 2	0,42	0,44	0,63
uc. 3	0,30	0,48	0,59
uc. 4	0,42	0,59	0,70
uc. 5	0,32	0,61	0,73
uc. 6	0,54	0,60	0,66
uc. 7	0,34	0,42	0,56
uc. 8	0,32	0,62	0,71
uc. 9	0,47	0,70	0,79
uc. 10	0,26	0,51	0,64

## Samo zvočno zaznavanje začetka in konca padanja kroglice

V zadnjem delu smo opravili meritve, kjer so časomerilci sprožili in ustavili štoparice le na podlagi zvočnih dražljajev. Z lesene distančne plošče smo odstranili brisače, da je lahko kroglica udarila ob les. Učenci so se obrnili proti steni, da niso opazovali padanja kroglice (slika 21). Za sprožitev začetka padanja kroglice smo pritisnili na gumb tipkala. S tem smo prekinili elektromagnet in za kratek čas sprožili zvočni signal sirene. Ko je kroglica udarila ob leseno distančno ploščo, pa se je zaslíšal zvok, ki je označeval konec padanja kroglice. Podatke smo vpisali v tabelo (priloga 5). Izračunali smo povprečne čase meritev in jih prikazali v tabeli (tabela 4).

Tabela 4 Povprečni časi meritev prostega padanja kroglice pri samo zvočnem zaznavanju (vir:avtorji)

Zvočno zaznavanje			
Višina:	1 m	2 m	3 m
	$\bar{t}$ [s]	$\bar{t}$ [s]	$\bar{t}$ [s]
uc. 1	0,29	0,56	0,76
uc. 2	0,46	0,49	0,63
uc. 3	0,39	0,57	0,75
uc. 4	0,40	0,60	0,76
uc. 5	0,40	0,61	0,77
uc. 6	0,39	0,60	0,68
uc. 7	0,28	0,59	0,69
uc. 8	0,55	0,74	0,69
uc. 9	0,41	0,72	0,71
uc. 10	0,36	0,60	0,73



Slika 21 Samo zvočno zaznavanje začetka in konca padanja jeklene kroglice (vir:avtorji)

### 1.3.4 Računanje časa prostega pada jeklene kroglice

Za pridobitev referenčnega časa smo uporabili metodo računanja časa pri prostem padanju iz znane poti (globine padanja) in gravitacijskega pospeška, ob predpostavki, da je začetna hitrost enaka 0 (enačba 8).

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

$$t = \sqrt{\frac{2 \cdot s}{a}}$$

Računanje časa padanja kroglice na razdalji 1 m:

$$h = 1 \text{ m}$$

$$g = 9,81 \text{ m/s}^2$$

$$t = \sqrt{\frac{2 \cdot h}{a}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 1 \text{ m}}{9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}}} \doteq \sqrt{0,20 \text{ s}^2} \doteq 0,45 \text{ s}$$

Računanje časa padanja kroglice na razdalji 2 m:

$$h = 2 \text{ m}$$

$$g = 9,81 \text{ m/s}^2$$

$$t = \sqrt{\frac{2 \cdot h}{a}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 2 \text{ m}}{9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}}} \doteq \sqrt{0,41 \text{ s}^2} \doteq 0,64 \text{ s}$$

Računanje časa padanja kroglice na razdalji 3 m:

$$h = 3 \text{ m}$$

$$g = 9,81 \text{ m/s}^2$$

$$t = \sqrt{\frac{2 \cdot h}{a}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 3 \text{ m}}{9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}}} \doteq \sqrt{0,61 \text{ s}^2} \doteq 0,78 \text{ s}$$

## 2 REZULTATI

Z analizo meritev smo primerjali:

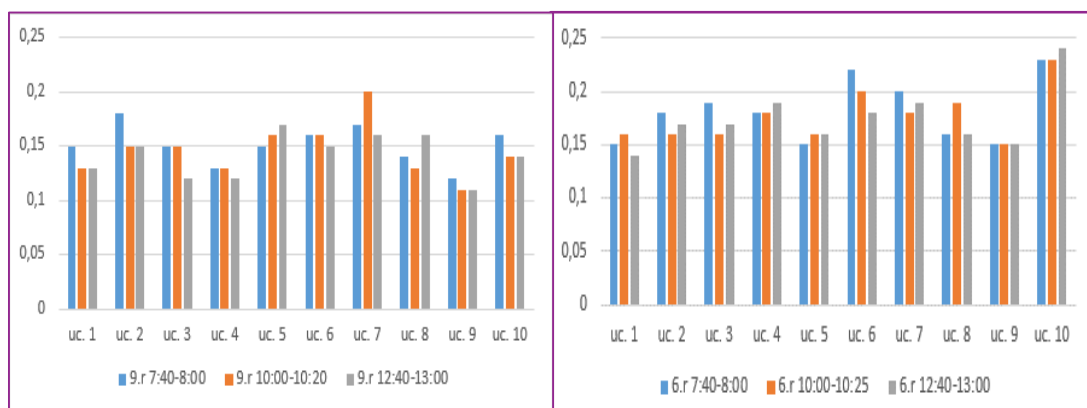
- povprečne dolžine intervalov dvojnega klika na ročni štoparici ob različnih urah v dnevu,
- dolžine intervalov dvojnega klika na ročni štoparici pri učencih 6. in 9. razreda,
- povprečne dolžine intervalov dvojnega klika fantov in deklet,
- povprečne izmerjene čase prostega padanja jeklene kroglice s 3 različnih višin ob različnih načinih zaznavanja: vizualno, vizualno in zvočno in samo zvočno,
- razlike v natančnosti izmerjenega časa glede na dolžino intervala dvojnega klika,
- velikosti absolutnih in relativnih napak pri merjenju časa prostega padanja jeklene kroglice z določene višine glede na način zaznavanja začetka in konca meritve,
- velikosti absolutnih in relativnih napak pri merjenju časa prostega padanja jeklene kroglice glede na globino padanja.

### 2.1 Interval dvojnega klika

#### 2.1.1 Dolžina intervala dvojnega klika glede na termin merjenja v dnevu

Ob primerjavi povprečij izmerjenih intervalov dvojnega klika smo ugotovili, da je bil v jutranjem terminu izmerjen čas pri približno 1/3 učencev nekoliko daljši, kot v ostalih dveh terminih. Na splošno pa lahko rečemo, da termin izvajanja meritev ni pokazal bistvenih razlik pri meritvah posameznikov v nobeni starostni skupini (grafikon 1).

*Grafikon 1 Interval dvojnega klika pri učencih 6. in 9. razreda ob različnih terminih merjenja (vir: avtorji)*





### 2.1.2 Dolžina intervala dvojnega klika glede na starost

Pri analizi podatkov o dolžini intervala dvojnega klika glede na starost, smo izračunali povprečja intervalov dvojnega klika vseh sodelujočih učencev 6. in 9. razreda. Ugotovili smo, da so povprečja intervala dvojnega klika pri učencih 6. razreda približno za 20 % daljši od učencev 9. razredov, ne glede na termin, ob katerem smo izvajali meritve (tabela 5).

Tabela 5 Povprečja intervalov dvojnega klika vseh sodelujočih učencev 6. in 9. razreda (vir:avtorji)

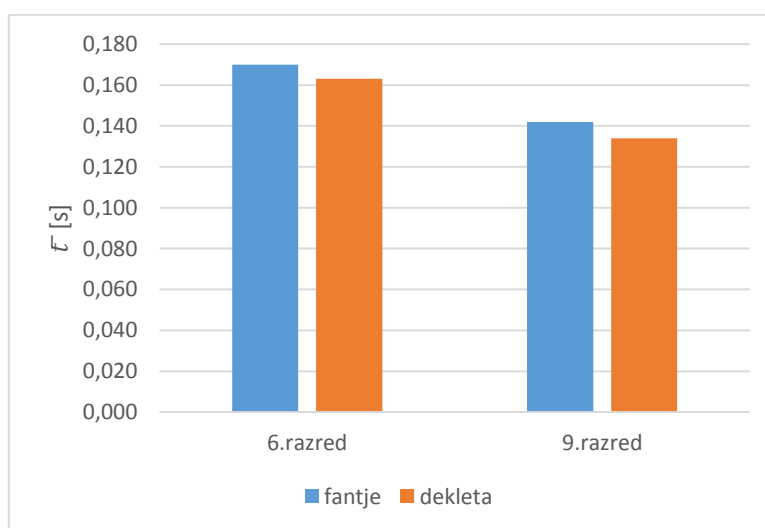
	07:40-8:00	10:00-10:20	12:40-13:00	skupno povprečje
povprečje 9.r	0,15	0,15	0,14	0,15
povprečje 6.r	0,18	0,18	0,17	0,18
Razlika v %	+ 20	+ 20	+ 21	+ 20

### 2.1.3 Dolžina intervala dvojnega klika glede na spol

Zanimalo nas je tudi, ali spol časomerilca vpliva na dolžino intervala dvojnega klika. Ker so v raziskavi sodelovali le trije fantje iz devetega razreda, smo naključno izbrali tudi tri dekleta. Na enak način smo meritve ponovili tudi pri učencih šestega razreda. Izračunali smo povprečje vseh meritev, posebej za fante in dekleta. Povprečja rezultatov njihovih meritev smo prikazali z grafikonom (grafikon 2).

Ugotovili smo, da imajo v obeh starostnih skupinah dekleta krajši interval dvojnega klika kot fantje. V šestem razredu za približno 4 %, v devetem pa za približno 6 %.

Grafikon 2 Povprečne dolžine intervalov dvojnega klika glede na spol (vir:avtorji)



## 2.2 Merjenje časa prostega pada jeklene kroglice

Pri merjenju časa prostega pada jeklene kroglice so sodelovali le učenci devetega razreda.

### 2.2.1 Primerjava izmerjenih časov prostega padanja kroglice glede na način zaznavanja začetka in konca meritve

Učenci, ki so merili čas, so zaznavali začetek in konec padanja kroglice na tri različne načine: samo vizualno, vizualno in zvočno in samo zvočno. Primerjali smo povprečja njihovih meritev in ugotavljali, ali način zaznavanja vpliva na dolžino izmerjenega časa (tabela 6).

Tabela 6 Primerjava izmerjenih povprečnih časov pri različnih načinih zaznavanja začetka in konca meritve (vir:avtorji)

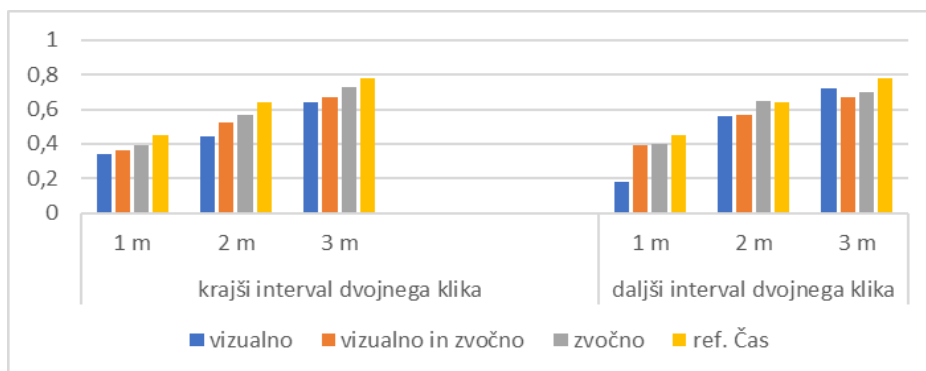
	h [m]	vizualno	vizualno in zvočno	zvočno	ref. čas
		$\bar{t}$ [s]	$\bar{t}$ [s]	$\bar{t}$ [s]	t [s]
10 učencev, 9. razred	1	0,26	0,37	0,39	0,45
	2	0,50	0,55	0,61	0,64
	3	0,68	0,67	0,72	0,78
	Odstopanja od referenčnega časa v %				
	1	- 42	- 18	- 13	100
	2	- 22	- 14	- 5	100
	3	- 13	- 14	- 8	100

Ugotovili smo, da so bila povprečja meritev časa pri vseh načinih zaznavanja premajhna. Najmanj natančne meritve so bile ob samo vizualnem zaznavanju, najnatančnejše pa pri samo zvočnem zaznavanju začetka in konca meritve. Iz tega sklepamo, da je način zaznavanja pri ročnem merjenju časa zelo pomemben.

### 2.2.2 Primerjava natančnosti izmerjenega časa glede na dolžino intervala dvojnega klika

Učence, ki so pri merjenju sodelovali, smo razvrstili v dve skupini; na skupino s krajšim in na skupino z daljšim intervalom dvojnega klika. Izračunali smo povprečja izmerjenih časov v posamezni skupini in jih primerjali. Rezultate smo prikazali z grafikonom (grafikon 3).

Grafikon 3 Primerjava povprečij meritev časa padanja kroglice glede na dolžino intervalov dvojnega klika (vir:avtorji)



Z grafikona je razvidno, da je imela skupina učencev z daljšim intervalom dvojnega klika v povprečju nekoliko natančnejše rezultate meritev, kot skupina s krajšim intervalom dvojnega klika. Ker so skupne razlike zelo majhne, lahko rečemo, da dolžina intervala dvojnega klika nima bistvenega vpliva na natančnost izmerjenega časa.

### 2.2.3 Primerjava absolutnih in relativnih napak glede na način zaznavanja začetka in konca padanja kroglice

Absolutne in relativne napake smo izračunali glede na referenčni čas (izračunan čas pri prostem padanju kroglice z začetno hitrostjo 0). Glede na to, da smo ugotovili, da dolžina intervala dvojnega klika nima bistvenega vpliva na natančnost meritve, smo upoštevali meritve vseh 10 učencev. Absolutne napake smo izračunali kot razlike med izmerjenimi vrednostmi in referenčnim časom. Pri prikazovanju podatkov v tabeli pomeni oznaka » - «, da je bilo povprečje izmerjenih časov prenizko (tabela 7). Iz tabele je razvidno, da so učenci pri vseh meritvah v povprečju izmerili prekratek časa. To se lepo vidi na grafikonu, kjer so prikazane relativne napake povprečij meritev (grafikon 4).

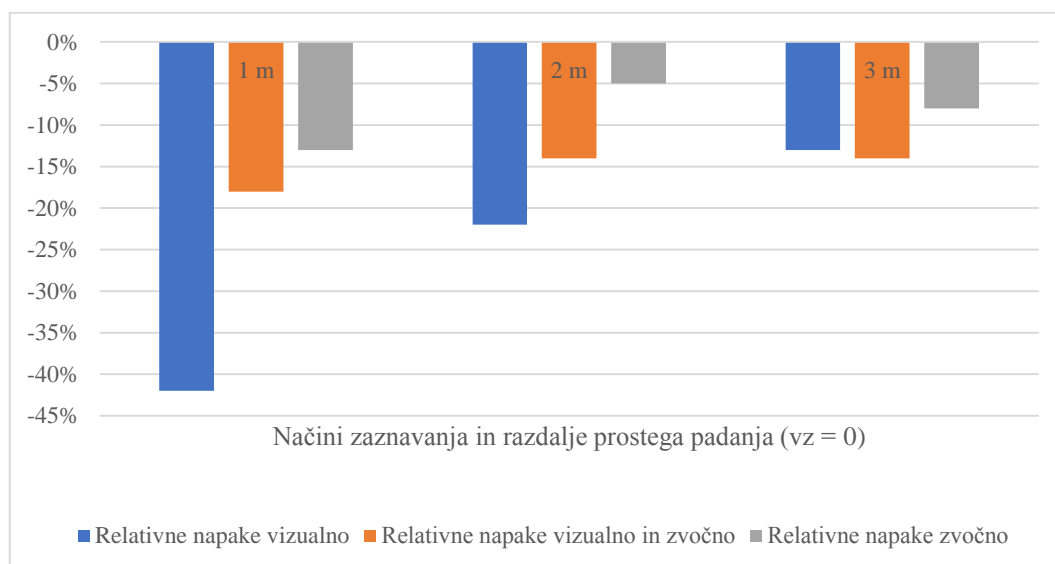
Tabela 7 Primerjava absolutnih napak glede na način zaznavanja začetka in konca padanja kroglice ter globine padca (vir:avtorji)

Razdalja padanja	vizualno	vizualno in zvočno	zvočno	referenčni čas
$h$ [m]	$\overline{\Delta t_1}$ [s]	$\overline{\Delta t_2}$ [s]	$\overline{\Delta t_3}$ [s]	$t$ [s]
1	- 0,19	- 0,08	- 0,06	0,45
2	- 0,14	- 0,09	- 0,03	0,64
3	- 0,10	- 0,11	- 0,06	0,78
Povprečna absolutna napaka	- 0,14	- 0,09	- 0,05	

Ob primerjavi izračunanih absolutnih napak merjenj glede na povprečje v posamezni kategoriji opazimo, da so le te najbolj razpršene pri samo vizualnem zaznavanju, pri vizualnem in zvočnem ter samo zvočnem zaznavanju pa so odstopanja veliko manjša (tabela 7). Pričakovali smo, da napravi časomerilec vedno približno enako veliko napako, ne glede na dolžino merjenega časa. Pri samo vizualnem zaznavanju tega nikakor ne moremo trditi, pri vizualnem in zvočnem ter samo zvočnem zaznavanju pa bi po grobi oceni to lahko rekli.

Pri vseh meritvah časa padanjih kroglice z različnih višin, so bila najmanjša odstopanja od referenčnega časa pri samo zvočnem zaznavanju začetka in konca padanja. Na grafikonu (grafikon 4) je lepo razvidno, da se relativna napaka (delež napake glede na čas meritev) manjša pri daljših meritvah časa.

*Grafikon 4 Primerjava povprečja relativnih napak meritev glede na način zaznavanja začetka in konca padanja kroglice (vir:avtorji)*



### 2.3 Napake in možnost izboljšanja natančnosti podatkov

Ob predpostavki, da časomerilec napravi približno enako veliko (samo pozitivno ali samo negativno) absolutno napako, ne glede na dolžino meritve, bi lahko te napake prišteli ali odšteli k povprečjem meritev. A ker bi bilo potrebno to hipotezo še dodatno raziskati, ostajamo pri uveljavljenih načinih določanja najverjetnejše vrednosti meritev.

### **3 RAZPRAVA, INTERPRETACIJA REZULTATOV**

V raziskovalni nalogi smo poskušali odgovoriti na več vprašanj, povezanih z ročnim merjenjem časa pri šolskem eksperimentalnem delu. Opravili smo meritve intervalov dvojnega klika na ročni štoparici. Pri meritvah je sodelovalo po 10 učencev iz 6. in 9. razredov. Meritve smo izvajali ob različnih terminih, zjutraj, sredi dopoldneva in opoldne.

Ugotovili smo, da imajo učenci 9. razredov približno 20 % krajši interval dvojnega klika, kot učenci 6. razredov. Predvidevamo, da je to zaradi boljše razvite fine motorike pri starejših učencih. Izkazalo se je tudi, da termin, v katerem smo izvajali meritve, ni bistveno vplival na dolžino intervala dvojnega klika. Ob primerjavi povprečja dolžin dvojnega klika deklet in fantov smo opazili majhne razlike, dekleta so imela v povprečju nekoliko krajše čase.

V nadaljevanju raziskovalne naloge je 10 učencev devetega razreda merilo čas prostega padanja jeklene kroglice. Učence smo razporedili v 2 skupini: v prvi so bili učenci s krajšim intervalom dvojnega klika, v drugi pa učenci z daljšim intervalom. Na ta način smo poskušali ugotoviti, ali obstaja povezava med dolžino intervala dvojnega klika in natančnostjo izmerjenega časa. Analiza rezultatov je pokazala, da dolžina intervala dvojnega klika bistveno ne vpliva na natančnost meritev. Vseeno pa nas je presenetilo, da je imela skupina s povprečno daljšim intervalom dvojnega klika za malenkost ustrežnejše rezultate meritev. S tem smo ovrgli našo hipotezo, v kateri smo predvidevali, da dolžina intervala dvojnega klika odločilno vpliva na natančnost izmerjenega časa. Predvidevali smo celo, da bodo učenci s krajšim intervalom dvojnega klika imeli natančnejše meritve časa.

Učenci so pri merjenju časa prostega pada jeklene kroglice na različne načine zaznavali začetek in konec padanja. V prvem primeru je bilo samo vizualno zaznavanje, v drugem vizualno in zvočno, v tretjem pa samo zvočno. V tem delu naloge smo želeli ugotoviti, ali način zaznavanja vpliva na kvaliteto meritev. Predvidevali smo, da bomo pridobili najustreznejše meritve ob hkratnem vizualnem in zvočnem zaznavanju. S primerjavo povprečnih časov ob različnih načinih zaznavanja začetka in konca padanja kroglice smo ugotovili, da so učenci izmerili čas najnatančneje ob samo zvočnem dražljaju. Pri samo vizualnem zaznavanju so bile napake meritev največje. Tako je bila tudi ta naša hipoteza napačna.

Analizirali smo tudi velikosti dejanskih napak, ki so jih napravili časomerilci ob različnih načinih zaznavanja začetka in konca padanja jeklene kroglice. Ob primerjavi povprečij

absolutnih napak na različnih razdaljah padanja (1 m, 2 m in 3 m) smo ugotovili, da so povprečja absolutnih napak pri posameznih kategorijah zaznavanja dokaj različna, najbolj pri samo vizualnem zaznavanju. Pri vizualnem in zvočnem ter pri samo zvočnem, so absolutne napake glede na čas merjenja po grobi oceni približno enake. Zato ne moremo z dovolj veliko gotovostjo trditi, da časomerilci napravijo približno enako absolutno napako, ne glede na dolžino merjenega časa. S tem naše tretje hipoteze nismo ne potrdili in ne ovrgli. Temu delu raziskave bi bilo potrebno posvetiti še več pozornosti.

## 4 ZAKLJUČEK

Iz analize rezultatov smo razbrali, da dolžina intervala dvojnega klika ne vpliva bistveno na natančnost meritev. S tem smo ovrgli našo hipotezo, v kateri smo predvidevali, da dolžina intervala dvojnega klika odločilno vpliva na natančnost izmerjenega časa pri eksperimentiranju.

Pri primerjavi povprečnih časov ob različnih načinih zaznavanja začetka in konca padanja kroglice smo ugotovili, da so učenci izmerili najnatančnejše čase pri samo zvočnem dražljaju. Pri samo vizualnem zaznavanju so bile napake meritev največje. Tako je bila tudi naša druga hipoteza napačna, saj smo v njej predvidevali, da bodo pri hkratnem vizualnem in zvočnem zaznavanju meritve najnatančnejše.

Pri analizi rezultatov smo opazili, da so povprečja absolutnih napak pri posameznih kategorijah zaznavanja dokaj različna, najbolj pri samo vizualnem zaznavanju. Pri vizualnem in zvočnem ter pri samo zvočnem zaznavanju, so absolutne napake glede na čas merjenja po grobi oceni približno enake. Zato ne moremo z dovolj veliko gotovostjo trditi, da časomerilci napravijo približno enako absolutno napako, ne glede na dolžino merjenja časa. S tem naše tretje hipoteze nismo ne potrdili in ne ovrgli. Temu delu raziskave bi bilo potrebno posvetiti več pozornosti.

## **DRUŽBENA ODGOVORNOST**

Pomen raziskovanja v obdobju šolanja je velik, saj tako mlajši spoznavamo zakonitosti teh dejavnosti in tako pripomoremo k napredku družbe. Prav je, da mlade spodbujajo projekti, kot je Mladi za napredek Maribora. Tudi midve sva pri raziskovanju pridobili veliko novih, uporabnih izkušenj.



## VIRI IN LITERATURA

Kladnik, R. (1993). *Gibanje, sila, snov*. Ljubljana: Državna založba Slovenije.

Marošević, T., & Gojkošek, M. (2015). *FIZIKA+ 9 : učbenik za fiziko v 9. razredu osnovne šole*. Ljubljana: Rokus Klett.

Maselj, B. (21. 05 2016). *Delo*. Pridobljeno iz <https://www.delo.si/nedelo/nad-robustne-ure-s-pinceto-in-potrpljenjem.html>

*Točen čas / ura v Sloveniji*. (05. 02 2020). Pridobljeno iz <http://www.spletnaorodja.si/tocen-cas/>

*točnaura*. (05. 02 2020). Pridobljeno iz Zanimivo - vredno branja:

<https://www.tocnaura.si/zgodovina-ure-tocen-cas>

*Wikipedia*. (02. 02 2020). Pridobljeno iz Sundial:

<https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/a/aa/Ancient-egyptian-sundial.jpg>

*Wikipedia*. (09. 02 2020). Pridobljeno iz Hourglass:

[https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/9/9e/Half-hour\\_sand\\_glass\\_MET\\_ES268.jpg](https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/9/9e/Half-hour_sand_glass_MET_ES268.jpg)

*Wikipedia*. (07. 02 2020). Pridobljeno iz Candle clock:

<https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/2/2f/Kerzenuhr.jpg>

*Wikipedia*. (06. 02 2020). Pridobljeno iz Sundial: <https://en.wikipedia.org/wiki/Sundial>

*Wikipedia*. (09. 02 2020). Pridobljeno iz Digital clock:

[https://en.wikipedia.org/wiki/Digital\\_clock](https://en.wikipedia.org/wiki/Digital_clock)

*Wikipedia*. (11. 02 2020). Pridobljeno iz Quartz: <https://en.wikipedia.org/wiki/Quartz>

*Wikipedia*. (04. 02 2020). Pridobljeno iz Pendulum clock:

[https://en.wikipedia.org/wiki/Pendulum\\_clock](https://en.wikipedia.org/wiki/Pendulum_clock)

## PRILOGE

### PRILOGA 1:

Izmerjene dolžine intervalov dvojnega klika pri učencih šestega razreda (vir: avtorji).

učenec 6.r	07:40-8:00	10:00-10:20	12:40-13:00
	t [s]		
1	0,16	0,15	0,14
2	0,16	0,18	0,17
3	0,16	0,19	0,17
4	0,18	0,18	0,19
5	0,16	0,15	0,16
6	0,20	0,22	0,18
7	0,17	0,18	0,13
8	0,19	0,16	0,16
9	0,15	0,15	0,15
10	0,23	0,23	0,24
povprečje	0,18	0,18	0,17

### PRILOGA 2:

Izmerjene dolžine intervalov dvojnega klika pri učencih devetega razreda (vir: avtorji).

učenec 9.r	7:40-8:00	10:00-10:20	12:40-13:00
	t [s]		
1	0,15	0,13	0,13
2	0,18	0,15	0,15
3	0,15	0,15	0,12
4	0,13	0,13	0,12
5	0,15	0,16	0,17
6	0,16	0,16	0,15
7	0,17	0,20	0,16
8	0,14	0,13	0,16
9	0,12	0,11	0,11
10	0,16	0,14	0,14
povprečje	0,15	0,15	0,14

PRILOGA 3

Izmerjeni časi pri vizualnem zaznavanju (vir: avtorji).

	h = 1 m – samo vizualno zaznavanje						
	t [s]						
	Učenec 9. r	1. meritev	2. meritev	3. meritev	povprečje	absolutna napaka	referenčni čas
krajši interval dvojnega klika	1	0,28	0,31	0,31	0,30	- 0,15	0,45
	2	0,31	0,28	0,25	0,28	- 0,17	
	3	0,31	0,34	0,34	0,33	- 0,12	
	4	0,50	0,44	0,41	0,45	0	
	5	0,40	0,28	0,31	0,33	- 0,12	
daljši interval dvojnega klika	6	0,18	0,15	0,15	0,16	- 0,29	
	7	0,22	0,19	0,16	0,19	- 0,26	
	8	0,22	0,19	0,16	0,19	- 0,26	
	9	0,19	0,26	0,17	0,21	- 0,24	
	10	0,15	0,18	0,16	0,16	- 0,29	

	h = 2 m – samo vizualno zaznavanje						
	t [s]						
	Učenec 9. r	1. meritev	2. meritev	3. meritev	povprečje	absolutna napaka	referenčni čas
krajši interval dvojnega klika	1	0,44	0,47	0,53	0,48	- 0,16	0,64
	2	0,44	0,41	0,37	0,41	- 0,23	
	3	0,53	0,40	0,31	0,41	- 0,23	
	4	0,39	0,47	0,47	0,44	- 0,20	
	5	0,50	0,40	0,47	0,46	- 0,18	
daljši interval dvojnega klika	6	0,65	0,50	0,40	0,52	- 0,12	
	7	0,50	0,66	0,41	0,52	- 0,12	
	8	0,60	0,60	0,58	0,59	- 0,05	
	9	0,35	0,66	0,77	0,59	- 0,05	
	10	0,59	0,65	0,47	0,57	- 0,07	

	h = 3 m – samo vizualno zaznavanje						
	t [s]						
	Učenec 9. r	1. meritev	2. meritev	3. meritev	povprečje	absolutna napaka	referenčni čas
krajši interval dvojnega klika	1	0,59	0,72	0,60	0,64	- 0,14	0,78
	2	0,65	0,65	0,69	0,66	- 0,12	
	3	0,62	0,62	0,62	0,62	- 0,16	
	4	0,66	0,56	0,66	0,63	- 0,15	
	5	0,62	0,65	0,69	0,65	- 0,13	
daljši interval dvojnega klika	6	0,75	0,81	0,90	0,82	0,04	
	7	0,54	0,56	0,56	0,55	- 0,23	
	8	0,60	0,71	0,69	0,67	- 0,11	
	9	0,84	0,97	0,89	0,90	0,12	
	10	0,60	0,65	0,66	0,64	- 0,14	

#### PRILOGA 4

Izmerjeni časi pri hkratnem vizualnem in zvočnem zaznavanju (vir: avtorji).

	h = 1 m – vizualno & zvočno zaznavanje						
	t [s]						
	Učenec 9. r	1. meritev	2. meritev	3. meritev	povprečje	absolutna napaka	referenčni čas
krajši interval dvojnega klika	1	0,35	0,31	0,32	0,33	-0,12	0,45
	2	0,40	0,47	0,38	0,42	-0,03	
	3	0,31	0,31	0,28	0,30	-0,15	
	4	0,41	0,44	0,41	0,42	-0,03	
	5	0,31	0,38	0,28	0,32	-0,13	
daljši interval dvojnega klika	6	0,19	0,59	0,84	0,54	0,09	
	7	0,29	0,28	0,44	0,34	-0,11	
	8	0,31	0,25	0,40	0,32	-0,13	
	9	0,38	0,37	0,66	0,47	0,02	
	10	0,31	0,22	0,25	0,26	-0,19	

	h = 1 m – vizualno & zvočno zaznavanje						
	t [s]						
	Učenec 9. r	1. meritev	2. meritev	3. meritev	povprečje	absolutna napaka	referenčni čas
krajši interval dvojnega klika	1	0,47	0,46	0,50	0,48	- 0,16	0,64 s
	2	0,47	0,41	0,44	0,44	- 0,20	
	3	0,44	0,46	0,53	0,48	- 0,16	
	4	0,71	0,59	0,47	0,59	- 0,05	
	5	0,62	0,59	0,62	0,61	- 0,03	
daljši interval dvojnega klika	6	0,70	0,70	0,40	0,60	- 0,04	
	7	0,38	0,47	0,41	0,42	- 0,22	
	8	0,47	0,70	0,69	0,62	- 0,02	
	9	0,70	0,72	0,68	0,70	0,06	
	10	0,64	0,44	0,44	0,51	- 0,13	

	h = 1 m – vizualno & zvočno zaznavanje						
	t [s]						
	Učenec 9. r	1. meritev	2. meritev	3. meritev	povprečje	absolutna napaka	referenčni čas
krajši interval dvojnega klika	1	0,78	0,66	0,71	0,72	- 0,06	0,78 s
	2	0,63	0,62	0,65	0,63	- 0,15	
	3	0,53	0,63	0,62	0,59	- 0,19	
	4	0,65	0,78	0,66	0,70	- 0,08	
	5	0,91	0,62	0,66	0,73	- 0,05	
daljši interval dvojnega klika	6	0,72	0,50	0,75	0,66	- 0,12	
	7	0,59	0,47	0,63	0,56	- 0,22	
	8	0,75	0,70	0,68	0,71	- 0,07	
	9	0,72	0,74	0,90	0,79	0,01	
	10	0,72	0,60	0,60	0,64	- 0,14	

PRILOGA 5:

Izmerjeni časi pri samo zvočnem zaznavanju (vir: avtorji).

	h = 1 m – samo zvočno zaznavanje							referenčni čas [s]
	t [s]							
	Učenec 9. r	1. meritev	2. meritev	3. meritev	povprečje	absolutna napaka		
krajši interval dvojnega klika	1	0,25	0,28	0,34	0,29	- 0,16	0,45	
	2	0,47	0,50	0,41	0,46	0,01		
	3	0,31	0,47	0,40	0,39	- 0,06		
	4	0,32	0,44	0,43	0,40	- 0,05		
	5	0,34	0,44	0,41	0,40	- 0,05		
daljši interval dvojnega klika	6	0,30	0,28	0,59	0,39	- 0,06		
	7	0,28	0,22	0,34	0,28	- 0,17		
	8	0,30	0,65	0,70	0,55	0,10		
	9	0,40	0,37	0,47	0,41	- 0,04		
	10	0,27	0,37	0,43	0,36	- 0,09		

	h = 2 m – samo zvočno zaznavanje							referenčni čas [s]
	t [s]							
	Učenec 9. r	1. meritev	2. meritev	3. meritev	povprečje	absolutna napaka		
krajši interval dvojnega klika	1	0,54	0,53	0,60	0,56	- 0,08	0,64	
	2	0,41	0,47	0,60	0,49	- 0,15		
	3	0,60	0,50	0,62	0,57	- 0,07		
	4	0,62	0,56	0,62	0,60	- 0,04		
	5	0,62	0,59	0,62	0,61	- 0,03		
daljši interval dvojnega klika	6	0,69	0,56	0,54	0,60	- 0,04		
	7	0,60	0,60	0,56	0,59	- 0,05		
	8	0,69	0,75	0,79	0,74	0,10		
	9	0,73	0,72	0,72	0,72	0,08		
	10	0,62	0,63	0,56	0,60	- 0,04		

	h = 3 m – samo zvočno zaznavanje						
	t [s]						
	Učenec 9. r	1. meritev	2. meritev	3. meritev	povprečje	absolutna napaka	referenčni čas
krajši interval dvojnega klika	1	0,79	0,75	0,75	0,76	- 0,02	0,78 s
	2	0,56	0,56	0,78	0,63	- 0,15	
	3	0,75	0,75	0,75	0,75	- 0,03	
	4	0,78	0,72	0,78	0,76	- 0,02	
	5	0,78	0,75	0,78	0,77	- 0,01	
daljši interval dvojnega klika	6	0,60	0,68	0,75	0,68	- 0,10	
	7	0,69	0,66	0,72	0,69	- 0,09	
	8	0,56	0,63	0,88	0,69	- 0,09	
	9	0,59	0,72	0,83	0,71	- 0,07	
	10	0,66	0,71	0,81	0,73	- 0,05	