Osnovna šola Žiri

DOLOČANJE TEŽNEGA POSPEŠKA

FIZIKA

Raziskovalna naloga

Avtor/-ja: Anže KOPAČ
Tomo TRČEK

Mentor/-ica: Petra ZAKRAJŠEK, prof. mat. in fiz.

Žiri, 2022

KAZALO VSEBINE

POVZETEK III
ABSTRACT III
ZAHVALA III
1 UVOD 1
2 TEORETIČNI DEL 2
2.1 ZGODOVINSKI PREGLED 2
2.1.1 Enakomerno pospešeno gibanje 2
2.1.2 Prosto padanje 2
2.1.3 Nihanje 2
2.2 ENAKOMERNO POSPEŠENO GIBANJE 3
2.2.1 Prosto padanje 4
2.3 NIHANJE 4
2.3.1 Nitno nihalo 5
3 EKSPERIMENTALNI DEL 6
3.1 METODOLOGIJA 6
3.1.1 Določanje težnega pospeška s težnim nihalom 6
3.1.2 Določanje težnega pospeška z ročnim merjenjem časa pri prostem padu žogice 8
3.1.3 Določanje težnega pospeška pri prostem padu žogice s snemanjem 10
3.2 REZULTATI 14
3.2.1 Določanje težnega pospeška s težnim nihalom 14
3.2.2 Določanje težnega pospeška z ročnim merjenjem časa pri prostem padu žogice 16
3.2.3 Določanje težnega pospeška pri prostem padu žogice s snemanjem 18
4 RAZPRAVA 21
5 ZAKLJUČEK 22
6 VIRI IN LITERATURA 23

KAZALO SLIK

Slika 1: Graf pospeška v odvisnosti od časa ... 3
Slika 2: Graf hitrosti v odvisnosti od časa ... 3
Slika 3: Graf poti v odvisnosti od časa ... 4
Slika 4: Težno nihalo ... 6
Slika 5: Prosti pad žogice ... 8
Slika 6: Uvoz posnetka v program Tracker ... 11
Slika 7: Izbira območja za analizo ... 11
Slika 8: Določanje merila ... 12
Slika 9: Določitev koordinatne osi ... 12
Slika 10: Položaj žoge ... 13

KAZALO TABEL

Tabela 1: Meritve nihajnega časa. ... 7
Tabela 2: Meritve časa padanja ... 9
Tabela 3: Določitev povprečnega nihajnega časa ... 14
Tabela 4: Določitev povprečnega časa padanja ... 16
Tabela 5: Izračun težnega pospeška s podatki, dobljenimi pri snemanju ... 18

KAZALO GRAFOV

Graf 1: Graf hitrosti v odvisnosti od časa ... 19
Graf 2: Graf poti v odvisnosti od časa ... 19

POVZETEK

Raziskovalna naloga v teoretičnem delu predstavi zgodovino fizike in pomembne fizike, ki so se ukvarjali z gibanjem. Razložimo tudi enakomerno pospešeno gibanje, prosti pad in nihanje. V nadaljevanju sledi prikaz eksperimentalnega dela. Težni pospešek smo določali na 3 različne načine: z nitnim nihalom, z ročnim merjenjem časa padanja žogice in s snemanjem padanja žoge. Z meritvami, ki smo jih dobili pri poskusih, smo določili pospešek in napako, ki smo jo naredili pri merjenju. V razpravi bomo kritično predstavili rezultate.

Ključne besede: težni pospešek, fizika, poskusi

ABSTRACT

The research in the theoretical part presents the history of physics and important physicists who dealt with motion. We also explain uniformly accelerated motion, free fall and oscillation. Next there is a demonstration of the experimental work. Gravitational acceleration was determined in three different ways: by thread pendulum, by manually measuring the falling time of the ball and by recording the falling of the ball. Using the measurements from the experiments, we determined the acceleration and the error we made in the measurement. We will critically present the results in the discussion.

Key words: gravitational acceleration, physics, experiments

ZAHVALA

Za vse nasvete, ki so nama olajšali izvedbo poskusov in izračune rezultatov, se skupaj z mentorico zahvaljujeva izr. prof. dr. Bojanu Golliju.

1 UVOD

Za raziskovalno nalogo iz fizike sva se odločila, ker naju to področje zanima.

Z raziskovalno nalogo želiva raziskati, kako natančni smo lahko pri določanju pospeška z enostavnimi pripomočki (meter, štoparica, nihalo) in kakšna je razlika v dobljeni vrednosti, če ga določamo z mobilnimi napravami in uporabo računalniških programov.

Pri merjenju bova čim bolj natančna, da bo končna napaka čim manjša.

Raziskala bova tudi začetke razmišljanja o pospešku in fizike, ki so se ukvarjali z določanjem pospeška.

Osrednje raziskovalno vprašanje je, koliko se lahko približamo dejanski vrednosti težnega pospeška, če pri poskusih uporabljamo preproste pripomočke.

Ob osrednjem raziskovalnem vprašanju sva postavila naslednje hipoteze:

Hipoteza 1: Pri določanju težnega pospeška s težnim nihalom se končna vrednost od v virih pridobljenih podatkov ne razlikuje.

Hipoteza 2: Pri določanju težnega pospeška z ročnim merjenjem časa pri padu žogice bo vrednost težnega pospeška manj natančna kot vrednost pri poskusu z nihalom.

Hipoteza 3: Vrednost težnega pospeška pridobljena pri poskusu s snemanjem se bo najbolj približala dejanski vrednosti pridobljeni v literaturi.

2 TEORETIČNI DEL

2.1 ZGODOVINSKI PREGLED

Začetniki fizike dolgo niso znali pojasniti gibanja. Prvi je to poskusil Aristotel. Mislil je, da gibanje kamna pri vodoravnem metu vzdržuje gibanje zraka. Tej teoriji so nasprotovali že nekateri od njegovih naslednikov. Kasneje je tej teoriji nasprotoval tudi Johannes Philoponus. Ta je trdil, da je teža nespremenjena lastnost telesa in da ni odvisna od snovi okoli telesa. Poskušal je tudi določiti čas gibanja telesa na določeni poti. Mislil je, da ko metalec vrže kamen, kamnu preda neko gibalno moč.

V srednjem veku se je razvila razprava o kvaliteti in kvantiteti. Kvantiteta se spremeni, ko nečemu dodamo kaj, kar merimo z enako enoto. S kvaliteto ni tako. Njena jakost se ne spremeni, ko nečemu dodamo kaj istovrstnega. Jakost so poskušali tudi ponazoriti. Nicole d'Oresme je risal navpične ravne črte na različnih mestih na vodoravni osi. Dolžini črt je pravil latituda, razdaljo izhodišča od točke pa longituda. Tako risbo je imenoval konfiguracija. Ločil je tudi enakomerno, enakomerno se spreminjajoče in neenakomerno se spreminjajoče gibanje.

Jean Buridan je mislil, da telo ob metu dobi neko silo, ki mu omogoča gibanje. Ta sila je po njegovem nekaj trajnega in jo zmanjša samo upor.

2.1.1 Enakomerno pospešeno gibanje

Prvi so enakomerno pospešeno gibanje obravnavali Thomas Bradwardine, Richard Swineshead ter njuni somišljeniki. V navpično smer so nanašali hitrost, v vodoravni smeri pa čas ali kraj. Ugotovili so, da je pri enakomerno pospešenem gibanju v določenem časovnem razmiku hitrost enaka polovici vsote končne in začetne hitrosti. Razumeli so tudi trenutno hitrost. Oresme je ugotovil, da je ploščina pod črto hitrosti enaka poti.

2.1.2 Prosto padanje

Prosto padanje je obravnaval Galileo Galilei. Izvajal je različne poskuse in jih objavil v svoji knjigi leta 1638. Čas je meril s posodo vode. Ugotovil je, da je hitrost sorazmerna s časom in da je višina sorazmerna s kvadratom časa.

2.1.3 Nihanje

Galileo Galilei je ugotovil, da niha vsako nihalo z značilnim nihajnim časom in da je ta čas vedno enak. Ugotovil je tudi, da je kvadrat nihajnega časa sorazmeren z dolžino nihala. Ni pa še vedel, da to velja le za nihalo, ki ga samo malo odklonimo od ravnovesne lege. Christian Huygens je ugotovil, da je nihajni čas nitnega nihala pri majhni amplitudi res sorazmeren s korenom dolžine, pri večji amplitudi pa je odvisen od amplitude.

2.2 ENAKOMERNO POSPEŠENO GIBANJE

Pri enakomerno pospešenem gibanju se hitrost enakomerno povečuje s časom, torej se hitrost v enakih časovnih intervalih ne spremeni. Pospešek (a) je količnik spremembe hitrosti in časa.

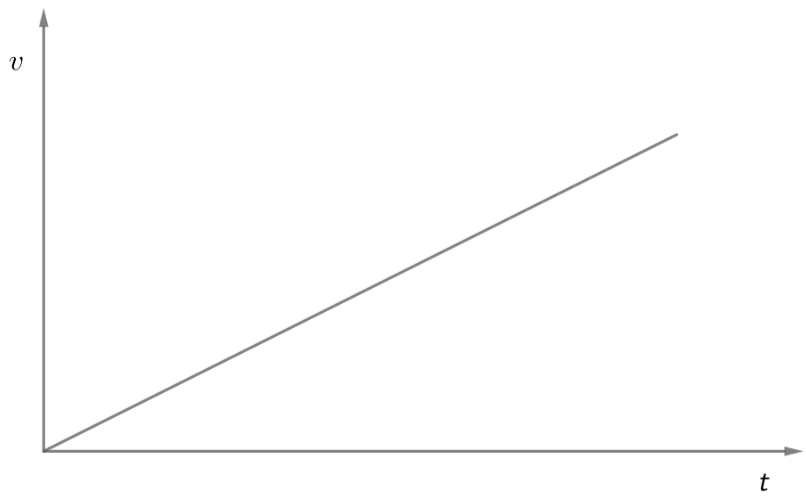
$$a = \frac{\Delta v}{t} \qquad (1)$$

Enota za pospešek je meter na kvadratno sekundo (m/s^2) in nam pove, za koliko se hitrost spremeni v eni sekundi. Pospešek pri enakomerno pospešenem gibanju je konstanten, zato je graf pospeška v odvisnosti od časa premica, ki je vzporedna z x osjo.

.

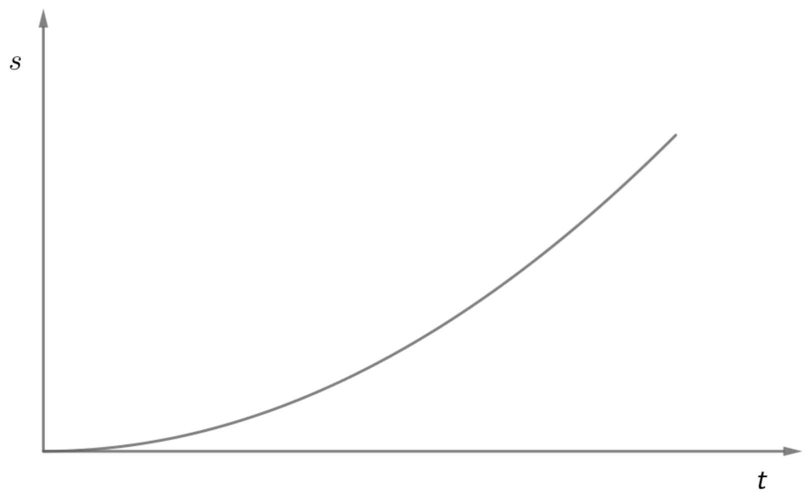
Slika 1: Graf pospeška v odvisnosti od časa

Hitrost se pri enakomerno pospešenem gibanju enakomerno povečuje. Graf hitrosti v odvisnosti od časa je premica, ki ima v primeru, da je začetna hitrost enaka 0, izhodišče v koordinatnem izhodišču



Slika 2: Graf hitrosti v odvisnosti od časa

Pot pri enakomerno pospešenem gibanju se spreminja s kvadratom časa, zato je graf poti v odvisnosti od časa parabola.



Slika 3: Graf poti v odvisnosti od časa

Če je sprememba hitrosti negativna, se to gibanje imenuje pojemajoče. Pojemek nam pove, za koliko se hitrost zmanjša v eni sekundi.

2.2.1 Prosto padanje

Če spustimo telo z neke višine, se bo gibalo enakomerno pospešeno toliko časa, dokler ne bo vsota sil gravitacije (F_g) in sile upora (F_u) enaka 0.

Dokler je sila upora manjša od sile gravitacije, rezultanta sil, ki delujejo na telo, ni enaka 0 in takrat telo pada pospešeno. Ko se velikosti sil izenačita, je telo v ravnovesju in njegovo gibanje postane enakomerno.

V vseh naših poskusih smo predvidevali, da je sila upora veliko manjša od teže in smo jo zato zanemarili. Rezultanta vseh sil je v tem primeru enaka teži, telo pa se giblje pospešeno, s pospeškom g.

Težni pospešek (g) je v brezzračnem prostoru neodvisen od mase, oblike in velikosti telesa in na Zemlji znaša približno **9,8 m/s²**. Težni pospešek je odvisen od nadmorske višine, sestave Zemljine skorje in od sploščenosti Zemlje (na ekvatorju je težni pospešek manjši, na polih večji).

Gravitacijski pospešek je drugačen na različnih planetih.

2.3 NIHANJE

Nihanje je ponavljajoče gibanje telesa okrog ravnovesne lege. Ko nihalo odmaknemo iz ravnovesne lege, začne nihati. Nihajni čas je čas, v katerem nihalo naredi en nihaj. Nihaj je pot od ene skrajne lege do druge in nazaj.

2.3.1 Nitno nihalo

Nitno nihalo je telo, ki je sestavljeno iz lahke neraztegljive vrvice in majhne uteži, ki visi na vrvici. Če utež odmaknemo iz ravnovesne lege za majhen kot, nihajni čas nihala izračunamo po formuli

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

kjer je l dolžina vrvice in g težni pospešek.

Nihajni čas nihala je torej odvisen od dolžine vrvice in težnega pospeška. Daljša, ko je vrvica, večji je nihajni čas in manjši, ko je težni pospešek, večji je nihajni čas.

Nihajni čas ni odvisen od mase telesa, ki niha na vrvici.

3 EKSPERIMENTALNI DEL

3.1 METODOLOGIJA

V tem poglavju predstavljava metode, s pomočjo katerih sva pridobila podatke za določanje vrednosti težnega pospeška. Podatke sva pridobila s tremi eksperimentalnimi nalogami. Vsako od spodnjih podpoglavij predstavlja en izveden poskus. Pri vsakem poskusu so navedeni: naloga, pripomočki, razlaga, potek dela in meritve.

3.1.1 Določanje težnega pospeška s težnim nihalom

Naloga

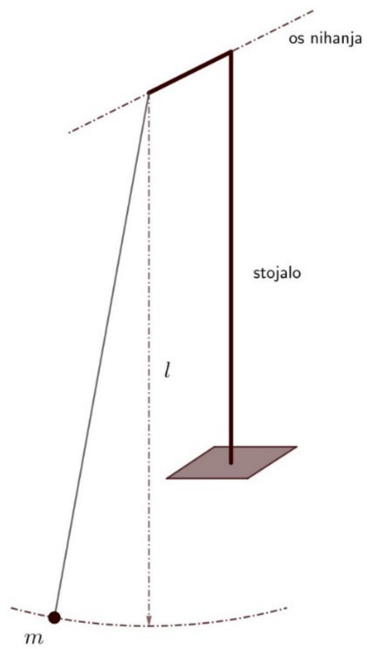
Iz meritev nihajnega časa pri določeni dolžini nitnega nihala določi velikost težnega pospeška.

Pripomočki

- stojalo za pritrditev nihala
- težno nihalo (utež in vrvica)
- štoparica
- meter

Razlaga

Težno nihalo naredimo tako, da na dolgo, lahko vrvico obesimo kovinsko kroglico. Masa vrvice mora biti mnogo manjša od mase kroglice, polmer kroglice pa mnogo manjši od razdalje med težiščem kroglice in osjo nihala.



Slika 4: Težno nihalo

Če kroglico odklonimo od ravnovesne lege za majhen kot, velja, da je nihajni čas t_0 odvisen od dolžine nihala l in težnega pospeška g:

$$t_0 = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}} \,. \tag{3}$$

Ko formulo preoblikujemo, dobimo formulo za izračun težnega pospeška

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

Potek dela

Sestavili smo ogrodje nihala in nanj pritrdili vrvico, ki je imela na koncu privezano kroglico. Poskus smo opravljali pri dolžini nihala 1 meter. Napako pri merjenju razdalje smo ocenili na 0,5 cm. Kroglico odmaknemo za majhen kot iz ravnovesne lege in jo spustimo. Merimo čas 10 nihajev (pot iz ene skrajne lege do druge in nazaj).

Meritve

$l = (1{,}000 \pm 0{,}005)$ m

Tabela 1: Meritve nihajnega časa.

N	$10t_0$ [s]
1	20,09
2	19,99
3	20,04
4	20,08
5	20,00
6	19,80
7	20,04
8	20,05
9	19,96
10	19,97

3.1.2 Določanje težnega pospeška z ročnim merjenjem časa pri prostem padu žogice

Naloga

Iz meritev časa padanja žogice z znane višine določi velikost težnega pospeška.

Pripomočki

- žogica
- štoparica
- meter

Razlaga

Vsa telesa, ki prosto padajo proti Zemlji, se gibljejo z enakim pospeškom. Pot, ki jo naredijo pri tem gibanju, izračunamo po enačbi

$$h = \frac{gt^2}{2}, \tag{5}$$

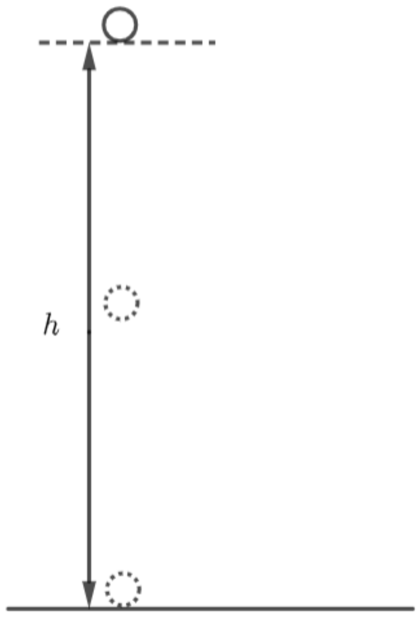
kjer je *h* višina, s katere telo začne padati, *t* je čas padanja in *g* težni pospešek.

Če formulo preoblikujemo in izrazimo težni pospešek, dobimo

$$g = \frac{2h}{t^2}. \tag{6}$$

Potek dela

Najprej smo izmerili višino *h*, s katere smo spuščali žogico.



Slika 5: Prosti pad žogice

Nato smo žogico z določene višine spuščali in merili čas padanja. Čas smo merili od trenutka, ko smo žogico spustili, do trenutka, ko je padla na tla. Izmerjene čase smo vpisovali v tabelo.

Meritve

$h = (2{,}000 \pm 0{,}005)$ m

Tabela 2: Meritve časa padanja

N	*t* [s]
1	0,62
2	0,66
3	0,64
4	0,65
5	0,61
6	0,63
7	0,62
8	0,62
9	0,58
10	0,61
11	0,59
12	0,68
13	0,63
14	0,58
15	0,63
16	0,57
17	0,62
18	0,65
19	0,59
20	0,63

3.1.3 Določanje težnega pospeška pri prostem padu žogice s snemanjem

Naloga

S pomočjo računalniškega programa Tracker določi težni pospešek pri prostem padanju žogice.

Pripomočki

- meter
- žogica
- telefon
- računalniški program Tracker

Razlaga

Žogico smo držali na začetni višini. Ko smo začeli snemati, smo v nekem trenutku izpustili žogico, da je začela prosto padati. Kamera naredi v eni sekundi 60 posnetkov, zato lahko natančno določimo čas med zaporednima legama žogice. Ker smo imeli na posnetku tudi merilo z znano dolžino, lahko dokaj natančno določimo trenutno lego žoge za vsak časovni interval.

Posnetek smo s telefona prenesli na računalnik in ga odprli v programu Tracker, ki je priročen program za analizo posnetkov poskusov. S programom lahko določimo izhodiščno lego opazovanega predmeta, kar nam pomaga določiti lego predmeta v vsakem trenutku. Na podlagi meritev nam program izračuna hitrosti in pospeške in nariše tudi grafe.

Program Tracker je prosto dostopen na spletni strani:

https://physlets.org/tracker/

Hitrost znotraj časovnih intervalov izračunamo po formuli

$$v_N = \frac{s_{N+1} - s_{N-1}}{t_{N+1} - t_{N-1}} \tag{7}$$

in jo pripišemo času t_N.

Pospešek izračunamo po formuli

$$a_N = \frac{v_{N+1} - v_{N-1}}{t_{N+1} - t_{N-1}} \tag{8}$$

in ga tudi pripišemo času t_N.

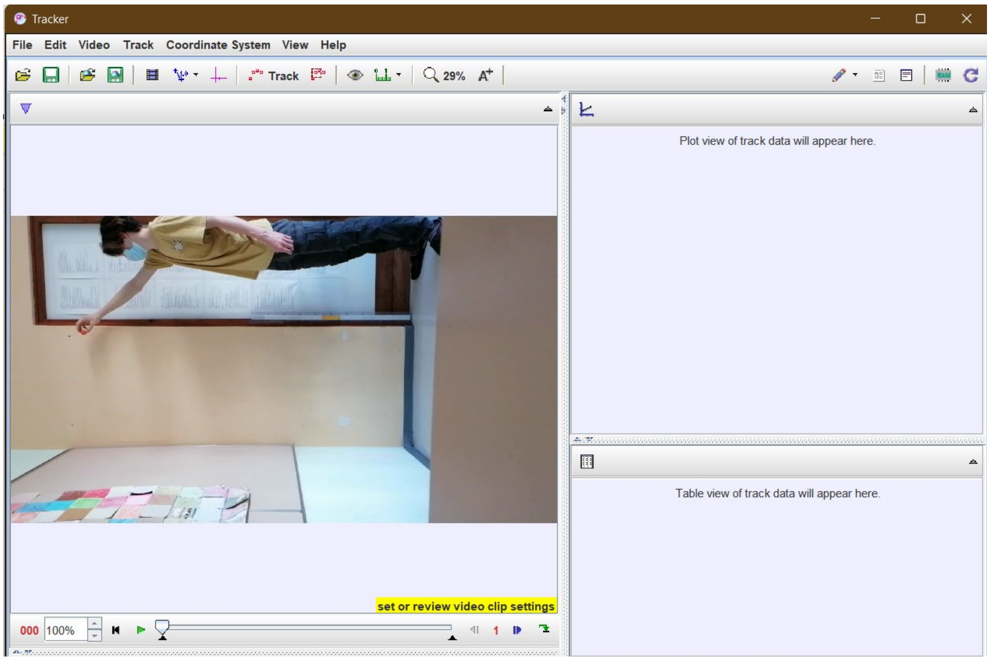
Potek dela

S telefonom smo posneli gibanje žoge. Telefon smo postavili dovolj daleč od stene, ob kateri smo spuščali žogo, da je slika zavzela celotno pot gibanja. Na del, kjer je žogica padala, smo postavili meter, da smo lahko kasneje določili razdaljo. Posnetek smo prenesli na računalnik.

Meritve

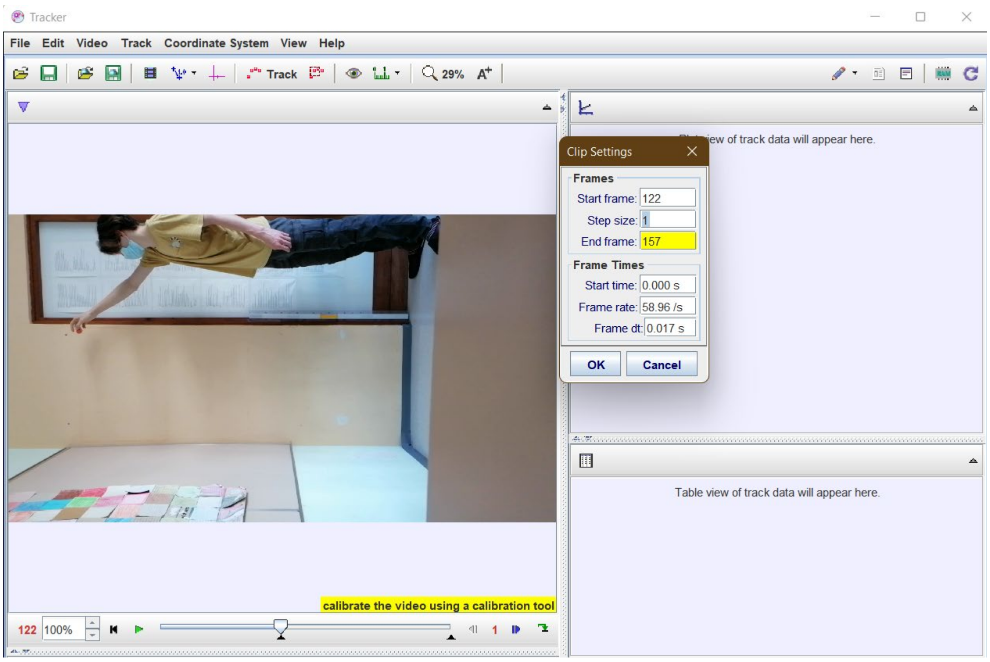
Posnetek s telefona najprej prenesemo na računalnik.

Odpremo program Tracker in posnetek uvozimo v program.



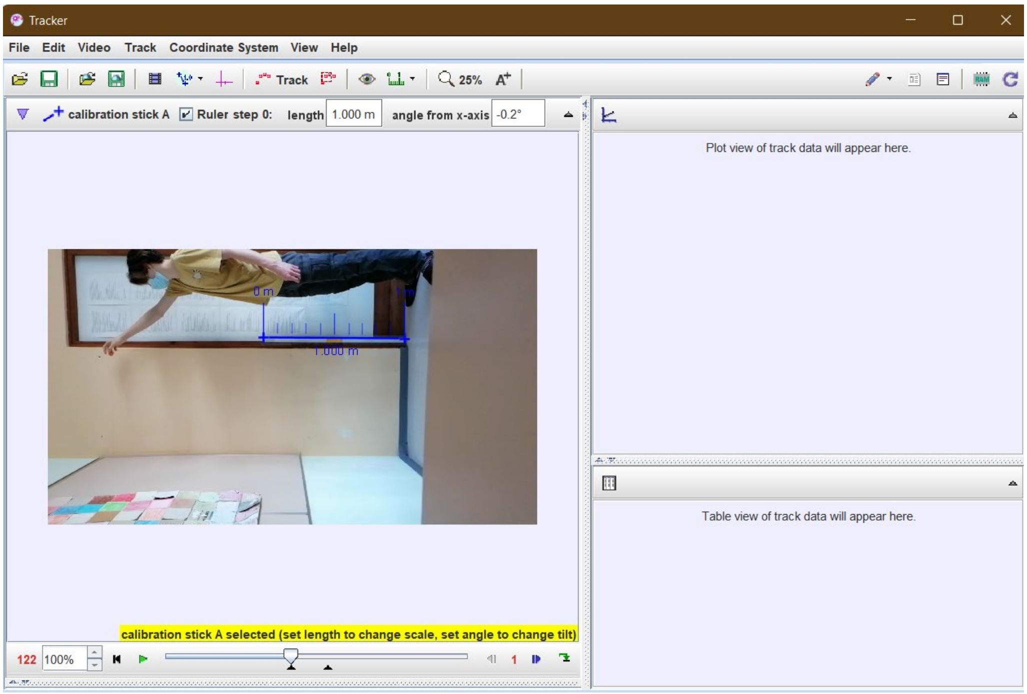
Slika 6: Uvoz posnetka v program Tracker

Najprej izberemo del posnetka, ki ga bomo analizirali.



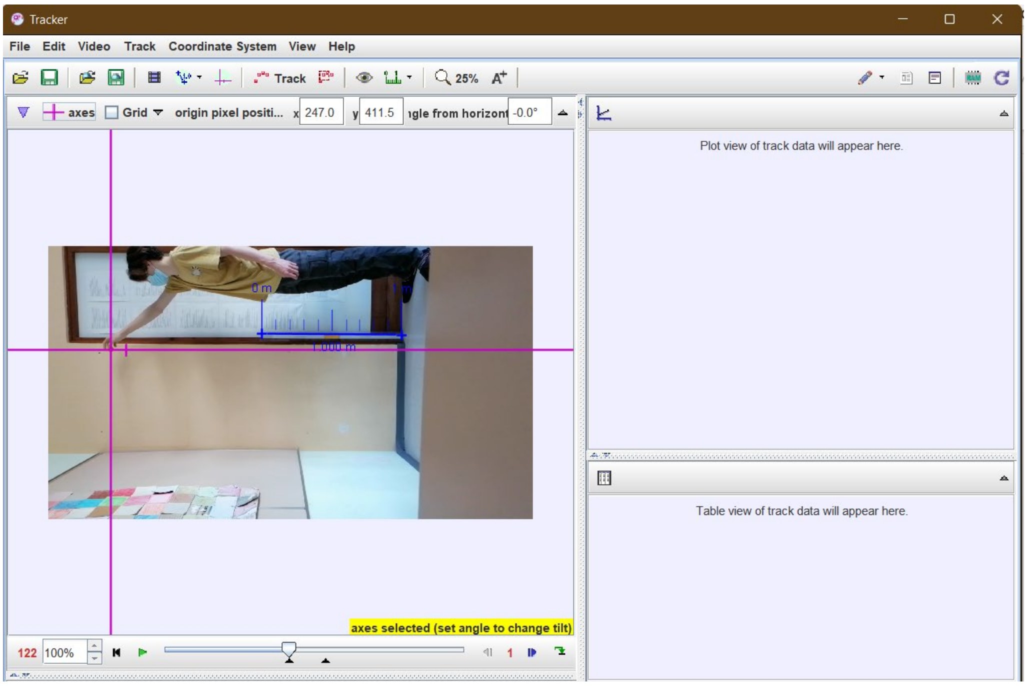
Slika 7: Izbira območja za analizo

S pomočjo merila na posnetku in orodja za umerjanje nastavimo merilo za dolžino.



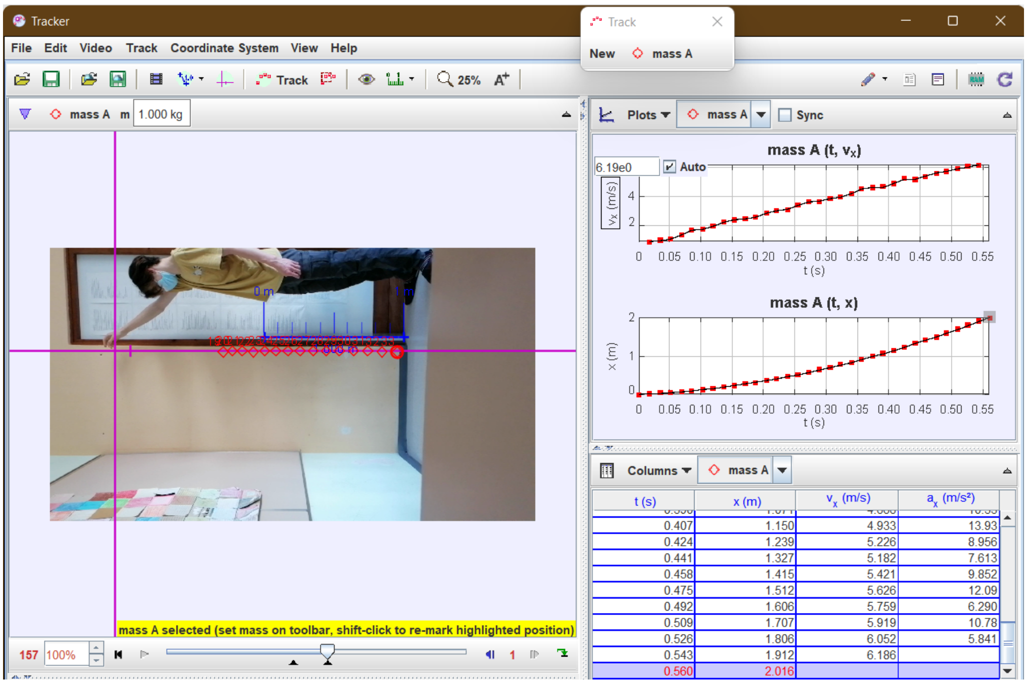
Slika 8: Določanje merila

S koordinatno osjo določimo začetni položaj žogice in prilagodimo naklon glede na gibanje žoge.



Slika 9: Določitev koordinatne osi

Na vsaki sliki označimo položaj žoge.



Slika 10: Položaj žoge

Ko označimo vse lege žog, lahko na desni strani zaslona pregledamo podatke o gibanju žoge. Izberemo spremenljivke in grafe, katere želimo imeti prikazane.

3.2 REZULTATI

V tem poglavju so podani rezultati, ki smo jih dobili s pomočjo meritev pri posameznih poskusih.

3.2.1 Določanje težnega pospeška s težnim nihalom

Tabela 3: Določitev povprečnega nihajnega časa

N	$10t_0$ [s]	t_0 [s]	$t_0-\overline{t_0}$ [s]	
1	20,09	2,009	0,009	/
2	19,99	1,999	-0,001	
3	20,04	2,004	0,004	
4	20,08	2,008	0,008	/
5	20,00	2,000	0,000	
6	19,80	1,980	-0,020	/
7	20,04	2,004	0,004	
8	20,05	2,005	0,005	
9	19,96	1,996	-0,004	
10	19,97	1,997	-0,003	

Najprej izračunamo povprečno vrednost nihajnega časa.

$$\overline{t_0}=\frac{t_1+t_2+...+t_{10}}{10} \qquad (9)$$

$$\overline{t_0}=2\text{ s}$$

V zgornji tabeli smo od nihajnega časa pri posamezni meritvi odšteli povprečno vrednost nihajnega časa in dobili vrednosti v 4. stolpcu. Tretjino meritev, ki najbolj odstopajo od povprečne vrednosti izločimo (v 5. stolpcu tabele so označene s /). Izmed preostalih poiščemo tisto meritev, ki po absolutni vrednosti najbolj odstopa. V našem primeru je to 8. meritev.

Največje odstopanje oziroma napaka posamezne meritve je

$$\sigma_1=0{,}005\text{ s} \qquad (10)$$

in ta napaka nam pove, da je dve tretjini naših meritev med vrednostma 1,995 s in 2,005 s.

Za napako povprečja velja, da je v povprečju manjša od napake posamezne meritve in se zmanjšuje obratno sorazmerno s korenom števila ponovitev. Za naš primer dobimo

$$\sigma_N = \frac{\sigma_1}{\sqrt{N-1}}$$
$$\sigma_N = 0{,}002 \text{ s} \tag{11}$$

Nihajni čas zapisan z absolutno napako je

$$t_0 = \overline{t_0} \pm \sigma_N$$
$$t_0 = (2{,}000 \pm 0{,}002) \text{ s} \tag{12}$$

Če nihajni čas zapišemo z relativno napako, dobimo

$$t_0 = 2{,}000(1 \pm 0{,}001) \text{ s} \tag{13}$$

S povprečno vrednostjo nihajnega časa in podatka za dolžino nihala izračunamo velikost težnega pospeška. Vse naše rezultate vstavimo v formulo (4). Pri računanju z napakami upoštevamo, da se pri potenciranju relativna napaka pomnoži z vrednostjo stopnje potence, pri množenju in deljenju pa vrednosti relativnih napak seštejemo.

$$g = \frac{4\pi^2 l}{t_0^{\,2}}$$
$$g = \frac{4\pi^2 \cdot 1{,}000(1 \pm 0{,}005) \text{ m}}{(2{,}000 \text{ s})^2 (1 \pm 2 \cdot 0{,}001)}$$
$$g = 9{,}87(1 \pm 0{,}007) \ \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \tag{14}$$
$$g = (9{,}87 \pm 0{,}07) \ \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

3.2.2 Določanje težnega pospeška z ročnim merjenjem časa pri prostem padu žogice

Tabela 4: Določitev povprečnega časa padanja

Zap. št.	t [s]	$t-\bar{t}$ [s]	
1	0,62	0,00	
2	0,66	0,04	/
3	0,64	0,02	
4	0,65	0,03	/
5	0,61	-0,01	
6	0,63	0,01	
7	0,62	0,00	
8	0,62	0,00	
9	0,58	-0,04	/
10	0,61	-0,01	
11	0,59	-0,03	
12	0,68	0,06	/
13	0,63	0,01	
14	0,58	-0,04	/
15	0,63	0,01	
16	0,57	-0,05	/
17	0,62	0,00	
18	0,65	0,03	
19	0,59	-0,03	
20	0,63	0,01	

Najprej izračunamo povprečno vrednost časa padanja.

$$\bar{t} = \frac{t_1 + t_2 + t_3 + \ldots + t_{20}}{20}$$

$$\bar{t} = 0{,}62 \text{ s} \tag{15}$$

Ko smo izločili tretjino meritev, ki najbolj odstopajo (označene so s črtico /), dobimo napako posamezne meritve

$$\sigma_1 = 0{,}03\ \mathrm{s}\,. \tag{16}$$

Napaka povprečja je

$$\sigma_N = \frac{\sigma_1}{\sqrt{N-1}}$$
$$\sigma_N = 0{,}01\ \mathrm{s} \tag{17}$$

Čas padanja, zapisan z absolutno napako je

$$\begin{aligned} t &= \bar{t} \pm \sigma_N \\ t &= (0{,}62 \pm 0{,}01)\ \mathrm{s} \end{aligned} \tag{18}$$

Čas padanja zapisan z relativno napako je

$$t = 0{,}62(1 \pm 0{,}02)\ \mathrm{s} \tag{19}$$

Težni pospešek, ki ga izračunamo s temi meritvami je

$$g = \frac{2h}{t^2}$$
$$g = \frac{2 \cdot 2{,}000(1 \pm 0{,}003)\ \mathrm{m}}{(0{,}62\ \mathrm{s})^2(1 \pm 2 \cdot 0{,}02)}$$
$$g = 10{,}4(1 \pm 0{,}04)\ \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2} \tag{20}$$
$$g = (10{,}4 \pm 0{,}4)\ \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2}$$

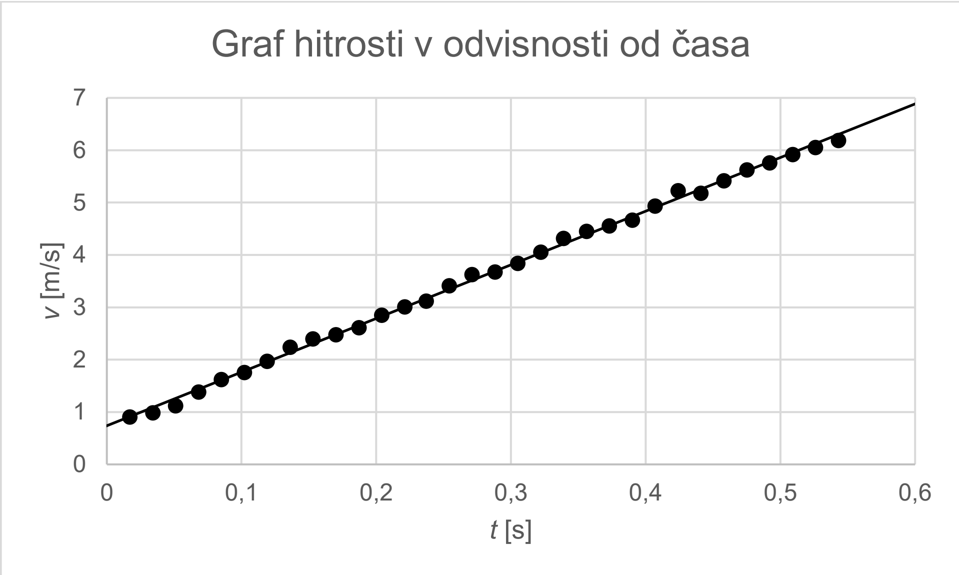
3.2.3 Določanje težnega pospeška pri prostem padu žogice s snemanjem

Tabela 5: Izračun težnega pospeška s podatki, dobljenimi pri snemanju

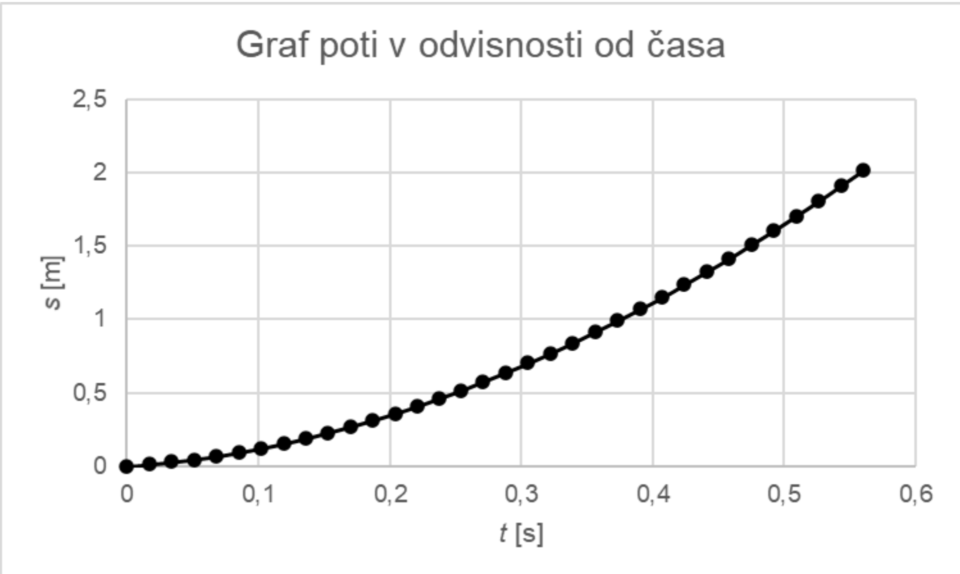
N	t [s]	s [m]	$v\left[\frac{m}{s}\right]$	$g\left[\frac{m}{s^2}\right]$	$g-\bar{g}\left[\frac{m}{s^2}\right]$	
1	0	0	-	-	-	
2	0,017	0,015	0,907	-	-	
3	0,034	0,031	0,987	6,74	-3,39	/
4	0,051	0,048	1,120	11,68	1,55	
5	0,068	0,069	1,386	14,33	4,20	/
6	0,085	0,095	1,621	11,20	1,07	
7	0,102	0,124	1,754	10,75	0,62	
8	0,119	0,155	1,973	13,43	3,30	
9	0,136	0,191	2,240	12,58	2,45	
10	0,153	0,231	2,400	7,19	-2,94	
11	0,170	0,272	2,480	6,74	-3,39	/
12	0,187	0,315	2,613	10,78	0,65	
13	0,204	0,361	2,853	11,23	1,10	
14	0,221	0,411	3,013	8,54	-1,59	
15	0,237	0,463	3,120	12,13	2,00	
16	0,254	0,517	3,413	13,48	3,35	/
17	0,271	0,579	3,626	8,99	-1,14	
18	0,288	0,640	3,679	6,29	-3,84	/
19	0,305	0,703	3,839	10,78	0,65	
20	0,322	0,770	4,053	14,38	4,25	/
21	0,339	0,841	4,319	10,78	0,65	
22	0,356	0,917	4,453	8,54	-1,59	
23	0,373	0,992	4,559	4,94	-5,19	/
24	0,390	1,071	4,666	13,03	2,90	
25	0,407	1,150	4,933	13,93	3,80	/
26	0,424	1,239	5,226	8,96	-1,17	
27	0,441	1,327	5,182	7,61	-2,52	
28	0,458	1,415	5,421	9,85	-0,28	

29	0,475	1,512	5,626	12,09	1,96	
30	0,492	1,606	5,759	6,29	-3,84	/
31	0,509	1,707	5,919	10,78	0,65	
32	0,526	1,806	6,052	5,84	-4,29	/
33	0,543	1,912	6,186			
34	0,560	2,016				

S podatki iz zgornje tabele lahko narišemo grafa poti v odvisnosti od časa - s(t) in hitrosti v odvisnosti od časa - v(t).



Graf 1: Graf hitrosti v odvisnosti od časa



Graf 2: Graf poti v odvisnosti od časa

Z grafov lahko razberemo, da je bilo gibanje žogice zares enakomerno pospešeno, saj je graf s(t) parabola, graf v(t) pa premica.

Najprej izračunamo povprečno vrednost težnih pospeškov.

$$\begin{aligned}\bar{g} &= \frac{g_1 + g_2 + g_3 + \ldots + g_{30}}{30} \\ \bar{g} &= 10{,}13\ \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2}\end{aligned} \tag{21}$$

Tretjino meritev, ki najbolj odstopajo, smo izločili in dobili napako posamezne meritve.

$$\sigma_1 = 3{,}3\ \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2} \tag{22}$$

Napaka povprečja je

$$\begin{aligned}\sigma_N &= \frac{\sigma_1}{\sqrt{N-1}} \\ \sigma_N &= 0{,}6\ \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2}\end{aligned} \tag{23}$$

Težni pospešek zapišemo z absolutno napako in dobimo:

$$\begin{aligned}g &= \bar{g} \pm \sigma_N \\ g &= (10{,}1 \pm 0{,}6)\ \frac{\mathrm{m}}{s^2}\end{aligned} \tag{24}$$

Težni pospešek zapisan z relativno napako je:

$$g = 10{,}1(1 \pm 0{,}06)\ \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2} \tag{25}$$

4 RAZPRAVA

V svoji raziskovalni nalogi sva ugotovila, da se s preprostimi merilnimi pripomočki, ki smo jih uporabljali pri poskusih, lahko dobro približamo vrednostim težnega pospeška, ki ga najdemo v literaturi.

Ugotovila sva, da so vse vrednosti, ki sva jih dobila, večje od dejanskega pospeška. Glede na to, da sva pri vseh najinih meritvah zanemarila zračni upor, bi sklepala, da bi morala dobiti težni pospešek, ki bi bil manjši od dejanskega. Tak rezultat pripisujeva pri prvih dveh poskusih napaki pri merjenju časa, pri tretjem poskusu pa napaki pri določanju lege žogice.

Relativna napaka pri merjenju časa je bila največja pri ročnem merjenju časa padanja žogice, znašala je 2 %. Pri merjenju časa nihanja nitnega nihala pa je relativna napaka 0,1 %. Takšna velika razlika je, ker je čas, ki sva ga izmerila pri nihanju, veliko večji od časa, ki smo ga izmerili pri padanju žogice. Zato se napaka, ki jo naredimo pri merjenju časa z nihalom, manj pozna.

Pri tretjem poskusu, kjer smo padec žogice snemali, smo pričakovali, da bo vrednost težnega pospeška, ki jo bomo dobili, najbolj podobna tisti, ki smo jo dobili v virih in da bo napaka, ki jo bomo pri izračunu dobili, najmanjša. To se ni potrdilo. Pri tem poskusu je čas natančno določen, saj vemo, koliko slik naredi kamera v eni sekundi, zato je čas med zaporednima slikama enak. Do napake pride pri določanju lege (težišča) žogice. Na začetku gibanja se lego žogice določi enostavno, saj je težišče žogice jasno vidno. Ko se žogica začne gibati hitreje, se slika žogice razmaže, zato je težišče težje določiti.

Napako pa lahko pripisujemo tudi temu, da začetna hitrost žogice ni enaka 0, ker z roko težko zagotovimo, da žogico oziroma utež na nihalu spustimo, ne da bi ji pri tem dodali začetno hitrost. Ko prste odmaknemo od žogice, da jo spustimo, roko tudi rahlo spustimo k tlom in s tem s sabo povlečemo tudi žogico ter ji dodamo manjšo začetno hitrost. Zaradi povečane začetne hitrosti je izračunani težni pospešek večji.

S pomočjo poskusov, ki so bili opravljeni, lahko podava odgovore na hipoteze, ki sva jih postavila na začetku.

Pri določanju težnega pospeška s težnim nihalom se končna vrednost od v virih pridobljenih podatkov ne razlikuje.

Potrjena. Končna vrednost težnega pospeška, ki sva ga dobila pri poskusu z nitnim nihalom - $g = (9{,}87 \pm 0{,}07)\ \mathrm{m/s^2}$ se v okviru napake ujema z vrednostjo iz literature, $g = 9{,}8\ \mathrm{m/s^2}$.

Pri določanju težnega pospeška z ročnim merjenjem časa pri padu žogice bo vrednost težnega pospeška manj natančna kot vrednost pri poskusu z nihalom.

Potrjena. Napaka, ki smo jo naredili pri merjenju časa (2 %) je bila veliko večja kot pri merjenju časa pri nitnem nihalu. Zato je tudi vrednost težnega pospeška, ki smo ga dobili pri tem poskusu, manj natančna.

Vrednost težnega pospeška pridobljena pri poskusu s snemanjem se bo najbolj približala dejanski vrednosti pridobljeni v literaturi.

Ovržena. Vrednost težnega pospeška je manj natančna kot je bila vrednost, dobljena pri poskusu z nitnim nihalom. Zaradi napak pri določanju lege je bil rezultat manj natančen kot smo pričakovali.

5 ZAKLJUČEK

Čeprav pri pouku fizike naredimo veliko poskusov tudi samostojno, sva s to raziskovalno nalogo ugotovila, da smo pri izvedbah velikokrat premalo natančni. Največja težava je pri merjenju časa, kjer je natančnost izmerka odvisna predvsem od našega reakcijskega časa. Kljub težavam, ki se pojavijo pri merjenju časa, nama je uspelo dokaj natančno določili vrednost težnega pospeška, kar je bil tudi cilj naloge.

Presenečena sva bila, da rezultat, ki smo ga dobili pri snemanju žogice, ni bil najbolj natančen, čeprav sva to pričakovala. Glede na to, da je čas tu natančno določen, je do napake prišlo pri določanju lege.

Z raziskovalno nalogo sva dokazala, da se da težni pospešek dokaj natančno določiti tudi s preprostimi pripomočki. Vrednosti težnih pospeškov, dobljene iz meritev pri dveh poskusih, so se v okviru napake ujemale z dejanskim podatkom za pospešek, kar kaže na učinkovitost izvedenih poskusov.

6 VIRI IN LITERATURA

Golli, B., in Kregar, A. *Osnove merjenj* (online). 2014. Ljubljana. Pedagoška fakulteta UL. (pridobljeno 9. 2. 2022). Dostopno na naslovu: http://www.pef.uni-lj.si/bojang/merjenja.pdf

Kladnik, R. *Gibanje, sila, snov, Fizika za srednješolce 1.* Ljubljana: DZS, 1998.

Kladnik, R. *Energija, toplota, nihanje in valovanje: učbenik za fiziko za gimnazije in srednje šole 2.* Ljubljana: DZS, 2016.

Strnad, J. *Fiziki: trinajst portretov.* Ljubljana: Mihelač in Nešović, 1995.

Strnad, J. *Razvoj fizike.* Ljubljana: DZS, 1996.

https://sl.wikipedia.org/wiki/Te%C5%BEni_pospe%C5%A1ek (pridobljeno 1. 3. 2022)