

KDAJ POSTANE SILA UPORA PREVELIKA?

Fizika in astronomija

Raziskovalna naloga

Avtorici: Petkovšek Tina in Rihtaršič Maja

9.b in 9.a

Mentorica: Kosec Špela

2023/2024

OŠ Koseze



KAZALO

POVZETEK.....	2
ABSTRACT.....	2
UVOD.....	3
RAZISKOVALNO VPRAŠANJE	3
HIPOTEZE.....	3
TEORETIČNI DEL	4
ZRAČNI UPOR IN PROSTI PAD	4
NIHANJE	5
IZPELJAVA ENAČBE ZA NIHAJNI ČAS	6
EKSPERIMENTALNO DELO.....	8
1. DEL – PROSTI PAD	8
2. DEL – NIHANJE.....	8
REZULTATI	12
RAZPREDELNICE GLAVNIH MERITEV	12
Lesen kvader	12
Aluminijast kvader	13
Medeninast kvader	13
Največja stiroporna krogla	14
Srednje velika stiroporna krogla	15
Najmanjša stiroporna krogla.....	15
TABELA MERITEV Z ALUMINIJASTIM KVADROM Z VEČJIM KOTOM	17
ODSTOPANJE OD TEŽNOSTNEGA POSPEŠKA	17
RAZPRAVA	18
ZAKLJUČEK.....	20
VIRI	21
Grafi, razpredelnice in slike.....	21

POVZETEK

V raziskovalni nalogi raziskujemo učinke sile zračnega upora oziroma njen vpliv na eksperimentalno določanje vrednosti gravitacijskega pospeška. Opazili sva, da je zračni upor v računskih nalogah pri fiziki pogosto zanemaren, zato sva se odločili poglobiti v ta skrivnostni 'bavbav' fizike. Preučili sva teorijo nihanja in izvedli poskus z matematičnim nihalom. Z digitalno štoparico sva merili nihajni čas treh enako velikih kvadrov iz lesa, medenine in aluminija ter treh različno velikih krogel iz stiropora. Primerjali sva jih z nihajnim časom, ki sva ga izračunali iz enačb, v katerih ni upoštevan zračni upor. Iz nihajnih časov sva izračunali efektivni pospešek in ga primerjali s teoretično vrednostjo težnostnega pospeška. Zapisali sva odstopanja od pričakovane vrednosti, ki na Zemlji meri $9,81 \frac{m}{s^2}$. Na koncu sva iz podatkov, ki sva jih pridobili z eksperimentom, izračunali silo zračnega upora. Tako sva ugotovili, kakšen je resničen vpliv zračnega upora na nihanje različnih predmetov. Končne rezultate sva zbrali in uredili v raziskovalni nalogi.

ABSTRACT

In this paper we are researching the effects of air resistance and its influence on experimental determination of gravitational acceleration value. We noticed air resistance is usually neglected in physics exercises therefore we decided to dive into this mysterious "bavbav" (a Slovenian children's word for fear – some kind of a bogey) of physics. We performed an experiment with a pendulum. A digital stopwatch was used to measure the oscillating time of the wooden, brass and aluminium cuboids of the same size and the three different sized Styrofoam spheres oscillating on a string. The measured time was compared with the oscillating time calculated from equations where air resistance was not accounted for. Then we calculated the effective acceleration and compared it to the actual gravitational acceleration, which is $9,81 \frac{m}{s^2}$. Lastly, we used the information gathered from the experiments to determine the force of air resistance. That is how we were able to figure out how air resistance impacts the movement of certain objects. We gathered and sorted the final results in this research paper.

ZAHVALA

Radi bi se zahvalili mentorici ge. Špeli Kosec za pomoč pri izvedbi naloge in za izposojlo predmetov, ki sva jih potrebovali za izvedbo poskusov. Zahvalili bi se tudi ge. Marini Vrčko za pomoč pri prevodu povzetka v angleščino.

UVOD

Na začetku devetega razreda osnovne šole smo se pri pouku fizike učili o prostem padu. Ko sva reševali naloge na to temo, sva opazili, da se zračnega upora v večini primerov ne upošteva. Po nekaj rešenih nalogah sva se začeli spraševati, zakaj pojavi v teh nalogah niso taki, kot jih opazujemo v naravi. Pomislili sva, da sta najini opažanja o zanemarjenosti zračnega upora in neskladnostjo z resničnim življenje pri nalogah povezani in se začeli spraševati o vzrokih. O zračnem uporu sva si želeli izvedeti več, saj smo ga v šoli le na hitro omenili. Tako sva dobili idejo, da temu nameniva raziskovalno nalogo za mlade raziskovalce.

Preden sva začeli načrtovati raziskovalno nalogo, sva se posvetovali z mentorico, kako bi lahko izvedli poskus, s katerim bi pokazali vpliv zračnega upora na pospešek telesa. Nadaljevali sva z iskanjem podatkov na spletu in v različnih znanstvenih knjigah, kjer sva izvedeli vse potrebne podatke za načrtovanje raziskovalne naloge.

Nato sva pričeli z načrtovanjem poskusa. Najina osnovna ideja je bila posneti padanje različnih predmetov in iz posnetkov razbrati premik v določenih časovnih intervalih. Iz teh podatkov bi izračunali težnostni pospešek (v določenih časovnih intervalih padanja) z vplivom zračnega upora in ga primerjali z vrednostjo težnostnega pospeška na Zemlji. Ta ideja nama ni uspela zaradi pomanjkljive računalniške opreme. Odločili sva se, da izvedeva poskus z nihalom, s katerim bi prav tako pokazali vpliv sile upora na pospešek nihajočega telesa, saj nihalo niha zaradi učinka gravitacijskega pospeška.

RAZISKOVALNO VPRAŠANJE

Raziskovalno vprašanje, ki sva si ga zastavili, je, kdaj in kako začne sila upora vplivati na gibanje.

HIPOTEZE

Postavili sva si naslednje hipoteze, ki sva jih s preučevanjem literature in izvedbo poskusa preverili.

1. Če smo pri merjenju gibanja dovolj natančni, opazimo, da zračni upor vedno zaustavlja gibanje.
2. Vpliva sile upora ne upoštevamo pri izračunih, saj je (vsaj za osnovnošolce) preveč zapleten.
3. Pri računanju zračnega upora ne upoštevamo, ker bi z zaokroževanjem težnostnega pospeška na $10 \frac{m}{s^2}$ izničili učinek upora, zato upoštevanje zračnega upora ni smiselno. Sila upora ima na težnostni pospešek ravno nasproten učinek kot zaokroževanje iz $9,81 \frac{m}{s^2}$ na $10 \frac{m}{s^2}$.

TEORETIČNI DEL

Podrobneje sva preučili teorijo prostega pada, zračnega upora in nihanja.

ZRAČNI UPOR IN PROSTI PAD

Prosti pad je oblika pospešenega gibanja telesa, kjer telesa pospešuje gravitacijski pospešek [1]. Pri najinem poskusu sva uporabili enačbo za računanje pospeška:

$$a = \frac{(v_k - v_z)}{t},$$

kjer je a pospešek padanja predmeta, v_k končna hitrost v določenem časovnem intervalu, v_z začetna hitrost v določenem časovnem intervalu in t časovni interval.

Zaradi gibanja v sredstu (zrak), se dejanski pospešek, ki ga pri prostem padu čutijo telesa, malo razlikuje od teoretičnega težnostnega pospeška [1]. Da bi videli, zakaj se izračunani pospešek tako razlikuje od težnostnega pospeška na Zemlji, sva uporabili tudi enačbo za zračni upor:

$$F_u = \frac{(v^2 \cdot c_u \cdot S \cdot \rho_z)}{2}.$$

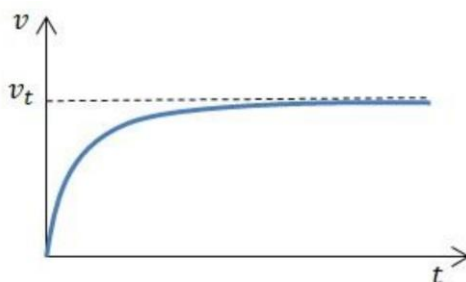
V enačbi je F_u sila zračnega upora v določenem časovnem intervalu, v povprečna hitrost v tem časovnem intervalu, c_u koeficient zračnega upora telesa, S prečni presek padajočega telesa in ρ_z gostota zraka.

Sila zračnega upora je tista, ki pri prostem padu zmanjšuje pospešek, dokler ta ne doseže vrednosti nič. Takrat imata sila teže (ki povzroča pospešeno padanje telesa) in sila upora (ki padanje upočasnjuje) enako velikost oziroma sta vektorsko nasprotno enaki. Ker sta to edini sili, ki delujeta na opazovano telo, je rezultanta vseh sil, ki delujejo na to telo, enaka nič. Po prvem Newtonovem zakonu se torej telo začne gibati premo enakomerno.

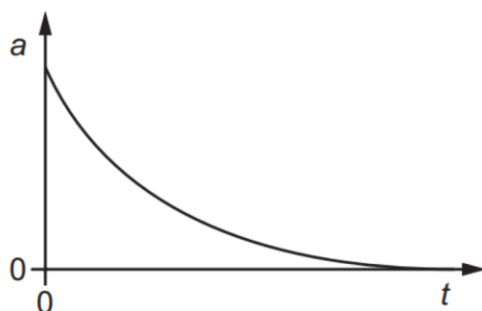
Različne oblike teles imajo različne koeficiente upora. Koeficient nam pove, kako aerodinamično je telo – manjši koeficient pomeni manj upora oziroma večjo aerodinamiko telesa.

Za izračun prečnega preseka telesa sva uporabili enačbo $S = \pi r^2$, saj sva poskus izvedli s kroglo.

Na spodnjih grafih (graf 1 in graf 2) je prikazano pričakovano spreminjanje hitrosti in pospeška padanja v odvisnosti od časa.



Graf 1: Spreminjanje hitrosti pri prostem padu kroglice z upoštevanjem zračnega upora.



Graf 2: Graf spreminjanja pospeška pri prostem padu krogle z upoštevanim zračnim uporom.

NIHANJE

Nihanje je periodično ponavljanje gibanja, pri čemer se nihalo giblje (niha) med dvema skrajnima legama [2]. V skrajnih legah se za trenutek ustavi in spremeni smer gibanja. Za eno periodo gibanja potrebuje en nihajni čas. Preprosto nihalo je sestavljeno iz vpete lahke vrvice in uteži. Nihalo zaniha zaradi delovanja dinamične komponente sile teže, ki jo, s pomočjo kota odmika iz ravnovesne lege, z enačbo zapišemo kot je prikazano spodaj.

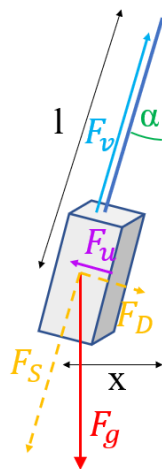
$$F_D = F_g \cdot \sin \alpha$$

$$F_D = m \cdot g \cdot \sin \alpha$$

V knjigi [3] sva našli enačbo za nihajni čas harmoničnega nihanja:

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

V enačbi t_0 predstavlja nihajni čas (čas, ki ga predmet potrebuje, da pride iz ene skrajne lege preko ravnovesne lege do druge skrajne lege in preko ravnovesne lege nazaj do prve skrajne lege), l dolžino od prijemališča vrvice do težišča predmeta in g težnostni pospešek. Na sliki 1 so prikazane sile, ki delujejo na nihalo.



Slika 1: Sile pri matematičnem nihalu.

IZPELJAVA ENAČBE ZA NIHAJNI ČAS

Drugi Newtonov zakon pravi, da je rezultanta vseh sil, ki delujejo na telo, enaka zmnožku mase telesa in pospeška, s katerim se telo giblje; $F_R = m \cdot a$ [1]. V primeru nitnega (matematičnega) nihala je v primeru neupoštevanja zračnega upora rezultanta sil enaka dinamični komponenti sile teže. To je tista sila, ki deluje proti ravnovesni legi oziroma v smeri gibanja nihala. Če želimo poznati njeno vrednost, moramo silo teže pomnožiti s sinusom kota alfa, ki je kot odklona od ravnovesne lege [4].

$$F_D = F_g \cdot \sin(\alpha)$$

Silo teže lahko zapišemo kot produkt mase in težnostnega pospeška, s čimer naša enačba izgleda tako, kot je zapisana spodaj.

$$m \cdot g \cdot \sin(\alpha) = m \cdot a$$

$$g \cdot \sin(\alpha) = a$$

Če predpostavimo, da je kot α skoraj enak svojemu sinus, kar velja za kote manjše od 5° oziroma mnogo manjše kot 1 radian, lahko v enačbo namesto α vstavimo definicijo radianov [5].

$$\alpha = \frac{x}{l}$$

V enačbi je x dolžina krožnega loka in l polmer kroga, ki ga opisuje nihalo. V najinem primeru je dolžina krožnega loka pravzaprav odmik od ravnovesne lege, saj je odmik mnogo manjši od polmera in se ukrivljenost loka ne pozna znatno. Polmer kroga je enak dolžini od vpetja vrvice do težišča predmeta. Z upoštevanjem naštetega se enačba glasi:

$$g \cdot \frac{x}{l} = a.$$

Zgornjo enačbo preuredimo in upoštevamo, da pospešek kaže v nasprotno smer kot odmik, in dobimo [6]:

$$a = -\frac{g}{l} \cdot x.$$

Za harmonična nihanja velja tudi naslednja enačba [7].

$$a = -\omega^2 \cdot x.$$

Iz zgornjih dveh enačb sledi, da pri harmoničnem nihanju velja spodnja povezava.

$$\omega^2 = \frac{g}{l}$$

Omega je povezana s frekvenco in nihajnim časom [4].

$$\omega = 2\pi \cdot \nu$$

$$\omega = \frac{2\pi}{t_0}$$

V teh enačbah ω predstavlja frekvenco nihanja in t_0 nihajni čas. Iz enačbe lahko izrazimo nihajni čas.

$$t_0 = \frac{2\pi}{\omega}$$

Zdaj lahko namesto omege vstavimo koren količnika ročice in gravitacijskega pospeška, s čimer dobimo enačbo za nihajni čas nitnega nihala.

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

Ker smo v izpeljavi enačbe predvidevali, da je kot α skoraj enak svojemu sinus, kar velja za majhne kote, lahko ugotovimo, da matematično nihalo (najino nihalo pri eksperimentu) niha harmonično/sinusno le, če je kot majhen [8].

EKSPERIMENTALNO DELO

1. DEL – PROSTI PAD

Najprej sva načrtovali poskus prostega pada. Ker bi bilo le štopanje časa zelo nenatančno pri padanju z majhnih višin, sva se odločili padec predmetov posneti s kamero GoPro. Hitro sva ugotovili, da kocka ni primerna oblika za ta eksperiment, saj je nisva uspeli spustiti dovolj naravnost, da se ne bi med padanjem vrtela. To vpliva na najine meritve, saj se zračni upor izračuna iz površine, ki se upira sredstvu, ta pa se z obračanjem kocke med padanjem spreminja. Edino nama dostopno telo, ki se lahko obrne, a njegova površina ostane enaka, je krogla. Seveda se tudi ta ni smela preveč obračati, ker tudi to lahko vpliva na gibanje. Zato sva pričeli s snemanjem padanja lesene in aluminijske krogle. Na steno, ob kateri je padala krogla, sva postavili meter. Posnetke sva naložili v računalniško aplikacijo Matlab in jih pričeli analizirati.

Z Matlab-om sva lahko dostopali do vsake slike v posnetku. Na vsaki dve sliki sva zabeležili višino predmeta od tal; tla so predstavljala višino nič metrov. Nato sva iz teh podatkov in časa, ki se je vsaki dve sliki povečal za 0,067 sekunde, izračunali povprečno hitrost. Ko sva zapisali vse višine in izračunali vse povprečne hitrosti, sva lahko izračunali spremembe hitrosti. Te sva uporabili za računanje težnostnega pospeška v vsakem časovnem intervalu. Za vsako povprečno hitrost sva izračunali tudi silo upora, da bi lažje videli njeno naraščanje ob zmanjševanju pospeška padanja telesa. Ampak rezultati niso bili po pričakovanjih. Lahko bi rekli, da so bili neurejeni. Namesto, da bi se pospešek zmanjševal, kot prikazuje graf 2, se je brez vzorca manjšal. Takoj sva sklepali, da nisva dovolj previdno izpustili krogle. Ampak ko sva analizirali drugi posnetek, se je neurejenost ponovila.

Najini posnetki so bili posneti v 30 slikah na sekundo. Prvi posnetek, ki sva ga želeli analizirati, je trajal 3,08 sekunde. To informacijo sva preverili v Matlab-u. Ko sva preverili število slik jih je bilo le 87.

$$3,08 \text{ sekund} \cdot 30 \text{ slik/sekundo} = 92 \text{ slik} \rightarrow 92 \text{ slik} - 87 \text{ slik} = 5 \text{ slik}$$

Ugotovili sva, da nama je manjkalo 5 slik. Sprva sva mislili, da so manjkale slike iz začetka ali konca posnetka, ki nama ne bi koristile in naju njihovo izginotje ne bi oviralo pri raziskavi. Ampak glede na podatke, ki sva jih pridobili iz posnetkov, sva lahko sklepali, da ni bilo tako.

Zaradi te napake sva idejo o prostem padu opustili.

2. DEL – NIHANJE

Najino vprašanje o sili upora še ni bilo odgovorjeno, zato sva se odločili raziskovanje nadaljevati. Ko sva pri načrtovanju brskali po knjigah, sva si izbrali nihanje kot drugo možnost za izvedbo raziskave. Lotili sva se načrtovanja novega poskusa, ki je vseboval nihanje.

Najino prvo nihalo je imelo vrvico dolgo en meter. To dolžino sva uporabili v enačbi za nihajni čas, kar je bila najina prva napaka, saj nisva upoštevali razdalje od vpetja vrvice do težišča nihajočega predmeta. Napako sva hitro ugotovili in jo odpravili. En konec vrvice sva pritrdili na strop, na drugega pa privezali različne predmete. V krogle iz stiropora sva zataknili žebelj

in okrog njega privezali vrvico. Kvadra sta imela kavelj, na katerega sva lahko pritrdili vrvico. Kvadra sta prikazana na sliki 2. Za poskus sva uporabili dve različno veliki krogli iz stiropora in lesen ter aluminijast kvader. Kvadra sta bila enake velikosti, krogli pa sta imeli premer 10 cm in 15 cm. Nato sva za vsakega izmed naštetih teles desetkrat štopali čas enega, petih in desetih nihajev.



Slika 2: Lesen in aluminijast kvader.

Pri delu nisva upoštevali velikosti kota med skrajno in ravnovesno lego. Pri vsakem merjenju sva namreč predmet spustili iz drugačnega kota, ki ga nisva zapisali, saj takrat nisva pomislili, da je pomemben. V enačbi, ki sva jo uporabili za izračun nihajnega časa (brez vpliva zračnega upora), namreč ni bilo kota ali drugih količin, ki bi bile lahko povezane s kotom. Nisva pa vedeli, da je bil razlog za neprisotnost teh količin v enačbi predvidevanje, da je kot zelo majhen [4]. Če je kot zelo majhen (tj. manjši od pet kotnih stopinj), je sinus kota kar enak kotu samemu, merjenemu v radianih. Pri izpeljavi enačbe za nihajni čas pa je upoštevan sinus kota.

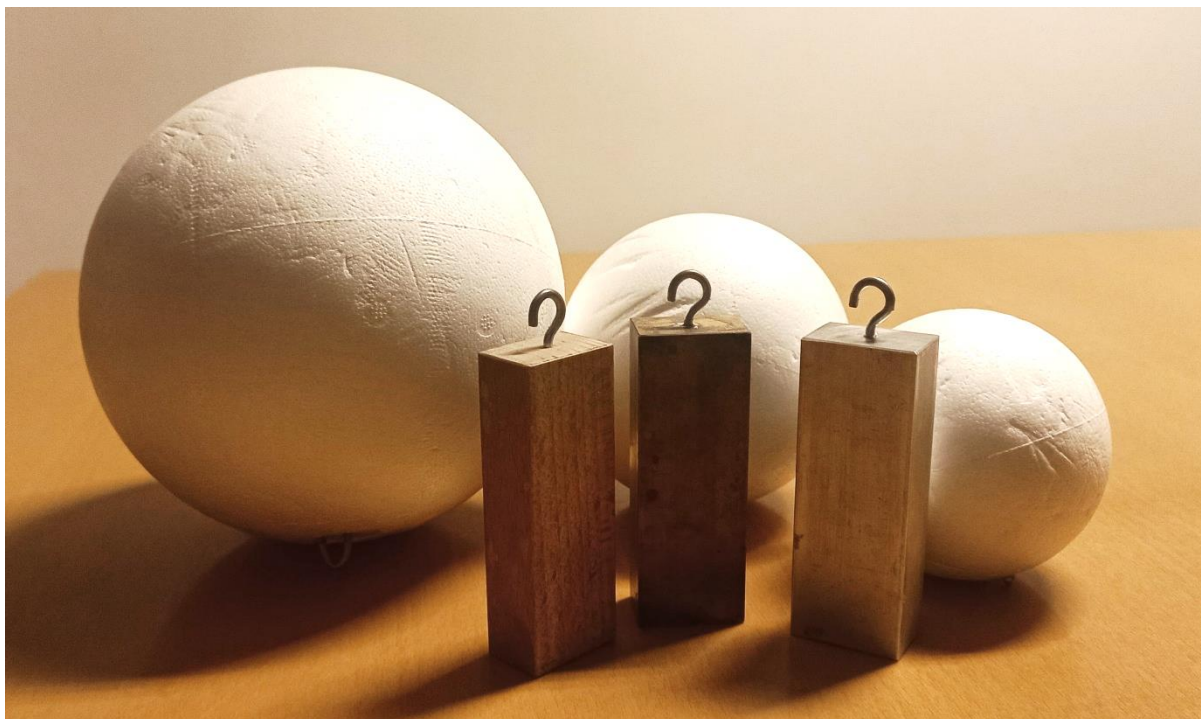
Da bi razumeli, kako in zakaj je majhen kot tako pomemben, da sva morali cel poskus (več kot 100 meritev) ponoviti še enkrat, se moramo vrniti na izpeljavo enačbe za nihajni čas (glej teoretični del).

Pri najinem drugem nihalu je bila dolžina od vpetja vrvice do težišča predmeta dva metra. Z večjo dolžino vrvice nihala sva si zagotovili lažje merjenje odmika nihala iz ravnovesne lege. Pri enakem kotu je v primeru daljšega nihala odmik od ravnovesne lege večji. V najinem primeru je odmik meril 18 cm. Ta odmik je predstavljal amplitudo nihanja nihala. Večji odmik nama je omogočal bolj natančno izvedbo, saj merska napaka v tem primeru manj vpliva na rezultate (enaka absolutna napaka, a manjša relativna napaka). Odmik od ravnovesne lege sva izmerili z merilom na geotrikotniku.



Slika 3: Raziskovalki pri delu.

Tokrat se nisva lotili štopanja enega nihaja, saj je bilo merjenje enega nihaja zelo nenatančno. Izmerili sva čas, ki ga nihalo potrebuje za 5 in 10 nihajev. Tokrat sva za meritve uporabili aluminijast, lesen in medeninast kvader enake velikosti ter tri stiroporne kroglice. Kroglice so imele premere 8 cm, 10 cm in 15 cm. Dodatno kroglo in kvader sva dodali, da bi dobili več meritev teles z različnimi prametri (velikost in masa) in s tem bolj merodajne podatke. Aluminijast kvader je imel maso 138 gramov, medeninast maso 422 gramov, lesen pa 38 gramov. Posamezno meritev nihajnega časa sva ponovili desetkrat. Vsi predmeti, ki so bili uporabljeni v tem delu poskusa, so prikazani na sliki 4, postavitev nihala pa na sliki 5.



Slika 4: Vsi predmeti, ki so bili uporabljeni za nihalo.



Slika 5: Nihalo s kroglico iz stiropora

Na koncu sva preverili, če velikost kota odmika od ravnovesne lege res znatno vpliva na meritve. Kvader iz aluminija sva zanihali še z začetnim odmikom 20° (namesto 5°). Naredili sva 5 meritev. S tem sva pokazali smiselnost upoštevanja sinusa kota v izračunu nihajnega časa nihala.

REZULTATI

V razpredelnicah so zbrani podatki uspelega poskusa in podatki meritev, ki dokazujejo, da kot odmika od ravnovesja vpliva na smiselnost upoštevanja sinusa kota v enačbi za nihajni čas.

RAZPREDELNICE GLAVNIH MERITEV

V razpredelnici so zapisane količine izračunane iz enačb, ki ne vključujejo zračnega upora. Te količine sva uporabili pri računanju odstopanja izračunanega pospeška od gravitacijskega.

$\alpha =$	0,09 rad
t za 10 =	28,37 s
t za 5 =	14,19 s
A =	0,18 m
v =	$0,40 \frac{m}{s}$
g =	$9,81 \frac{m}{s^2}$

Razpredelnica 1: Količine izračunane v enačbah brez zračnega upora.

V nadaljevanju so razpredelnice meritev za posamezna telesa.

Lesen kvader

meritev	t [s]	a [$\frac{m}{s^2}$]
1	28,89	9,46
2	28,66	9,61
3	29,01	9,38
4	28,43	9,77
5	28,49	9,73
6	28,31	9,85
7	28,69	9,59
8	28,60	9,65
9	28,44	9,76
10	28,76	9,55
povprečje	28,62	9,64

Razpredelnica 2: Meritve za lesen kvader pri 10 nihajih.

meritev	t [s]	a [$\frac{m}{s^2}$]
1	14,35	9,59
2	14,10	9,93
3	14,53	9,35
4	14,16	9,84
5	14,29	9,67
6	14,34	9,60
7	14,15	9,86
8	14,27	9,69
9	14,16	9,84
10	14,29	9,67
povprečje	14,25	9,72

Razpredelnica 3: Meritve za lesen kvader pri 5 nihajih.

Aluminijast kvader

meritev	t [s]	a [$\frac{m}{s^2}$]
1	28,22	9,91
2	28,41	9,78
3	28,31	9,85
4	28,54	9,69
5	28,52	9,71
6	28,51	9,71
7	28,26	9,89
8	28,66	9,61
9	28,20	9,93
10	28,28	9,87
povprečje	28,38	9,80

Razpredelnica 4: Meritve za aluminijast kvader pri 10 nihajih.

meritev	t [s]	a [$\frac{m}{s^2}$]
1	14,20	9,79
2	14,12	9,90
3	14,11	9,91
4	14,22	9,76
5	14,26	9,71
6	14,02	10,04
7	14,34	9,60
8	14,29	9,67
9	14,22	9,76
10	14,28	9,68
povprečje	14,21	9,77

Razpredelnica 5: Meritve za aluminijast kvader pri 5 nihajih.

Medeninast kvader

meritev	t [s]	a [$\frac{m}{s^2}$]
1	28,44	9,76
2	28,28	9,87
3	28,20	9,93
4	28,53	9,70
5	28,32	9,84
6	28,54	9,69
7	28,48	9,73
8	28,20	9,93
9	28,27	9,88
10	28,68	9,60
povprečje	28,38	9,80

Razpredelnica 6: Meritve za medeninast kvader pri 10 nihajih.

meritev	t [s]	a [$\frac{m}{s^2}$]
1	14,31	9,64
2	14,23	9,75
3	13,99	10,09
4	14,3	9,65
5	14,11	9,91
6	14,24	9,73
7	14,43	9,48
8	14,26	9,71
9	14,24	9,73
10	14,32	9,63
povprečje	14,25	9,72

Razpredelnica 7: Meritve za medeninast kvader pri 5 nihajih

Največja stiroporna krogla

meritev	t [s]	a [$\frac{m}{s^2}$]
1	28,75	9,55
2	28,86	9,48
3	28,82	9,51
4	28,88	9,47
5	28,88	9,47
6	28,78	9,53
7	28,81	9,51
8	28,88	9,47
9	28,88	9,47
10	28,75	9,55
povprečje	28,83	9,50

Razpredelnica 8: Meritve za največjo stiroporno kroglo pri 10 nihajih.

meritev	t [s]	a [$\frac{m}{s^2}$]
1	14,68	9,16
2	14,58	9,29
3	14,62	9,23
4	14,66	9,18
5	14,48	9,41
6	14,72	9,11
7	14,87	8,93
8	14,54	9,34
9	14,39	9,53
10	14,45	9,45
povprečje	14,59	9,27

Razpredelnico 9: Meritve za največjo stiroporno kroglo pri 5 nihajih.

Srednje velika stiroporna krogla

meritev	t [s]	a [$\frac{m}{s^2}$]
1	29,09	9,33
2	29,07	9,34
3	29,48	9,09
4	29,34	9,17
5	29,24	9,23
6	28,94	9,43
7	29,09	9,33
8	28,94	9,43
9	29,05	9,36
10	28,99	9,39
povprečje	29,10	9,32

Razpredelnico 10: Meritve za srednje veliko stiroporno kroglo pri 10 nihajih.

meritev	t [s]	a [$\frac{m}{s^2}$]
1	14,24	9,73
2	14,61	9,25
3	14,51	9,38
4	14,53	9,35
5	14,55	9,32
6	14,46	9,44
7	14,57	9,30
8	14,58	9,29
9	14,44	9,47
10	14,37	9,56
povprečje	14,50	9,39

Razpredelnico 11: Meritve za srednje veliko stiroporno kroglo pri 5 nihajih.

Najmanjša stiroporna krogla

meritev	t [s]	a [$\frac{m}{s^2}$]
1	29,03	9,37
2	29,44	9,11
3	29,28	9,21
4	28,86	9,48
5	28,78	9,53
6	29,17	9,28
7	28,85	9,49
8	29,34	9,17
9	29,10	9,32
10	28,95	9,42
povprečje	29,07	9,34

Razpredelnico 12: Meritve za najmanjšo stiroporno kroglo pri 10 nihajih.

meritev	t [s]	a [$\frac{m}{s^2}$]
1	14,18	9,82
2	14,49	9,40
3	14,43	9,48
4	14,63	9,22
5	14,50	9,39
6	14,51	9,38
7	14,65	9,20
8	14,32	9,63
9	14,29	9,67
10	14,54	9,34
povprečje	14,46	9,44

Razpredelnica 13: Meritve za najmanjšo stiroporno kroglo pri 5 nihajih.

Zaradi natančnosti in izločanja slučajne napake (v najinem primeru reakcijski čas pri merjenju časa, opazovanje prihoda nihala v skrajno lego) naredimo večje število meritev. Izkaže se, da se meritve med seboj razlikujejo. Večinoma so si meritve podobne, kakšna pa bolj izstopa [1]. Da bi bili kar najbolj natančni, sva največjo in najmanjšo meritev izločili. Ostalo nama je dovolj meritev za računanje povprečja. Rumena polja so skrajne (največje in najmanjše) meritve, ki sva jih pri računanju povprečja izločili.

TABELA MERITEV Z ALUMINIJASTIM KVADROM Z VEČJIM KOTOM

Spodaj sta podani razpredelnici meritev pri odmiku nihala za večji kot, pri katerem sinus kota ni več enak velikosti kota v radianih, ter meritve za majhen kot. Meritve sva opravili, da bi dokazali, da kot res vpliva na nihajni čas. Zanje sva uporabili aluminijast kvader.

$\alpha = 20^\circ$	$\alpha = 5^\circ$
odmik = 75 cm	odmik = 18 cm
$t_1 = 28,69$ s	$t_1 = 28,22$ s
$t_2 = 28,69$ s	$t_2 = 28,41$ s
$t_3 = 28,91$ s	$t_3 = 28,31$ s
$t_4 = 28,75$ s	$t_4 = 28,54$ s
$t_5 = 28,89$ s	$t_5 = 28,52$ s
Povprečni čas: 28,79 s	Povprečni čas: 28,4 s
Povprečje a: $9,53 \frac{m}{s^2}$	Povprečje a: $9,79 \frac{m}{s^2}$

Razpredelnici 14 in 15: Primerjava velikega kota z majhnim pri nihanju aluminijastega kvadra.

ODSTOPANJE OD TEŽNOSTNEGA POSPEŠKA

V spodnji razpredelnici so zbrana odstopanja pospeška od vrednosti težnostnega pospeška na Zemlji. Večja odstopanja predstavljajo večji vpliv sile upora. Pri razpravi se bova bolj zanašali na rezultate desetih nihajev, saj so ti bolj natančni, kot je razvidno v razpredelnici 14.

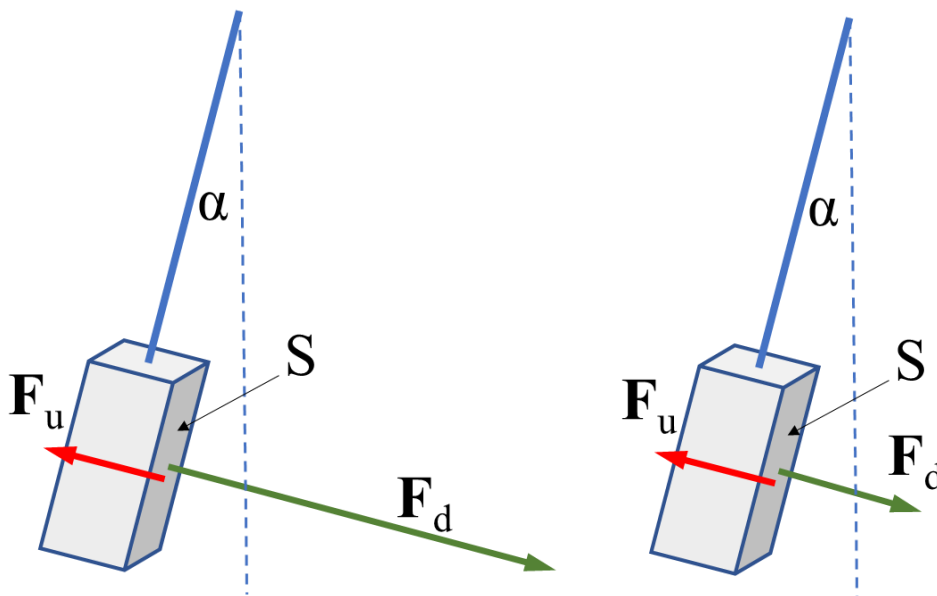
procentno odstopanje od g	aluminijast kvader	lesen kvader	medeninast kvader	krogla d = 15 cm	krogla d = 10 cm	krogla d = 8 cm
teoretično	0,1%	0,5%	0,04%	2,3%	4,0%	4,9%
podatki meritev pri 10 nihajih	0,1%	1,7%	0,1%	3,2%	5,0%	4,8%
podatki meritev pri 5 nihajih	0,4%	0,9%	0,9%	5,5%	4,3%	3,8%

Razpredelnica 16: Odstopanje pospeška od težnostnega pospeška.

RAZPRAVA

Iz rezultatov sva razbrali veliko informacij o gibanju nihajočega telesa.

Ugotovili sva, da je pospešek pri medeninastem in aluminijastem kvadru večji kot pri lesenem kvadru, kjer vrednost najbolj odstopa od teoretičnega pospeška $9,81 \text{ m/s}^2$. Nihajni čas je bil najkrajši pri medeninastem in najdaljši pri lesenem kvadru. Aluminijast kvader je imel primerljiv nihajni čas z medeninastim kvadrom. Pričakovali sva, da bo zaradi enake oblike in velikosti kvadrov njihov nihajni čas enak. Vendar se zdi vpliv zračnega upora pri lesenem kvadru največji. Kvadri so enake oblike, zato na vse deluje enaka sila upora, torej vzrok za razliko v nihajnem času ne more biti v sili upora. Edina razlika med kvadri je gostota in iz tega lahko sklepamo, da ta vpliva na pospešek gibanja. Medenina ima večjo gostoto od aluminija ta pa ima večjo gostoto od lesa, torej se zdi, da ima sila upora na telesa z manjšo gostoto znatno večji učinek. Pravi razlog za manjši pospešek najdemo z uporabo drugega Newtonovega zakona, kar pojasnjujeta sliki 6 in 7. Iz slike lahko razberemo, da je sila upora na vsa telesa enaka, rezultanta sil na telesa, ki vpliva na pospešek, pa se razlikuje zaradi različnih mas teles. Zračni upor je sila, ki deluje v obratni smeri kot dinamična komponenta sile teže, zato zmanjšuje pospešek, zmanjšuje hitrost in s tem povečuje nihajni čas, dinamična komponenta sile teže pa pospešuje telo. Ker masa ne vpliva na silo upora, se v enačbi za 2. Newtonov zakon ne krajša in torej ostane njen vpliv na gibanje, natančneje na pospešek gibanja. Meritve sva opravili na treh telesih, da bi izločili naključno napako in se prepričali, da bo na telesa z manjšo gostoto sila upora na videz bolj vplivala, saj bo po velikosti bolj primerljiva s silo, ki pospešuje.



Sliki 6 in 7: Sile pri nihanju pri kvadririh. Slika je narisana v programu powerpoint.

Tudi pri zmanjševanju prostornine krogel se nihajni čas ni spreminjal, kot sva pričakovali. Najbolj naju je presenetil končni izračun pri krogli s premerom 15 cm. Ker nisva upoštevali pravih količin v enačbah, sva pričakovali, da bo nanjo sila upora najbolj vplivala, saj je njen prečni presek največji. Na pospešek vplivata sila zračnega upora in dinamična komponenta sile teže (sliki 6 in 7). Ko krogli povečamo polmer, pri sili upora upoštevamo prečni presek,

kjer je polmer upoštevan z drugo potenco (glej enačbi v poglavju zračni upor in prosti pad). Pri dinamični komponenti sile teže lahko maso telesa zapišemo kot produkt prostornine in gostote. Kot je razvidno iz sledeče enačbe, je v prostornini polmer upoštevan s tretjo potenco.

$$F_D = V \cdot \rho \cdot g \cdot \sin \alpha$$

$$V = \frac{4\pi r^3}{3}$$

Če bi se na primer polmer povečal 2-krat, bi se sila upora povečala 4-krat, dinamična sila pa 8-krat. Večji kot je polmer, večja je razlika med njegovim kvadratom in kubom. To pojasni presenetljiv rezultat pri največji krogli.

Pri krogli s premerom 10 cm sva iz nihajnih časov izračunali večje odstopanje od težnostnega pospeška, kot pri krogli s premerom 8 cm. Razlika med njunima velikostma je dokaj majhna, slika 8, zato ni čudno, da sva to razliko težko zaznali in nisva pomislili, da se vpliv dinamične komponente sile teže in sile upora različno spreminja s povečevanjem premera krogle. Pri majhnih razlikah v polmeru je vpliv velikosti manjši.



Slika 8: Stiroporne krogle.

ZAKLJUČEK

Med opravljanjem raziskovalne naloge sva naleteli na nekaj težav. Sprva se v temo nisva dovolj poglobili in nisva v celoti razumeli enačb, ki sva jih uporabljali. Iz teh težav sva se po najinem mnenju največ naučili, saj sva bili v iskanju rešitev prisiljeni razmišljati s svojo glavo in izven okvirov znanja, ki ga imava. Zdi se nama, da sva z nalogo razvili veliko sposobnosti izvajanja praktičnih nalog, ki jih v šoli ne delamo veliko.

Da odgovoriva na najino začetno vprašanje, sila upora vedno vpliva na gibanje, vendar je to bolj opazno, ko je razmerje med silo upora in dinamično komponento sile teže večje. Z drugimi besedami, ko je sila upora dovolj velika v primerjavi z ostalimi silami, ki delujejo na gibajoči se predmet.

Sila upora gibanje vedno zaustavlja, ne more ga pospeševati. Če se telo giblje hitreje, je sila upora večja, torej bo na tako telo deloval večji pojemek. Prav tako je večja, če je večji presek telesa ali če je telo manj aerodinamično. Najina prva hipoteza je bila torej pravilna.

Kot sva ugotovili med raziskovanjem, je sila upora zelo zapleten pojav, ki ga večina osnovnošolcev ne bi razumela dovolj, da bi bila upoštevana v računskih nalogah. Ugotovili sva, da za razumevanje potrebujemo matematično znanje, ki presega osnovnošolske učne načrte. O kotnih funkcijah se bomo učili v srednjih šolah. Tudi najina druga hipoteza je bila torej pravilna, saj sva predvidevali, da je to eden od razlogov za zanemarjenje sile upora.

Po pričakovanjih se je izkazalo, da je v vseh primerih nihanja prisotna sila upora, saj je v vseh primerih izračunan pospešek manjši od pričakovane vrednosti. To pomeni, da z zaokroževanjem na vrednost $10 \frac{m}{s^2}$ pravzaprav naredimo še malo večjo napako, če pred tem upoštevamo učinek sile upora, saj zaokrožujemo manjšo vrednost od $9,81 \frac{m}{s^2}$. V primeru zaokroževanja naredimo 2 % napako, če bi upoštevali še silo upora in vseeno zaokrožili gravitacijski pospešek na $10 \frac{m}{s^2}$, bi bila napaka še nekaj odstotkov večja. Torej res ni smiselno upoštevati zračnega upora, če tako ali tako računamo z zaokroženo vrednostjo. Hipoteza torej drži.

V prihodnosti najine raziskovalne naloge vidiva možnost bolj podrobnega preučevanja vpliva gostote in mase teles na silo upora. Ugotovili bi lahko, katera je mejna masa, pri kateri je vpliv sile upora še zaznaven. Pri štopanju bi lahko uporabili avtomatsko napravo, na primer svetlobna vrata, ki bi bila bolj natančna kot ročno merjenje časa. Z boljšo opremo bi lahko izvedli tudi najino začetno idejo s prostim padom ali pa bi silo upora merili pri poševnem metu.

VIRI

- [1] Strnad, J. (2014). Fizika 1. del, Mehanika, toplota. Ljubljana: DMFA založništvo
- [2] matematično nihalo: <https://www.britannica.com/technology/pendulum> (dostop 27.2.2024)
- [3] Serway, Raymond A. in Vuille, Chris. (2018): College Physics, 11e, Global Edition. Boston: Cengage learning
- [4] Koškin, N. I. in Širkevič, M. G. (1974): Priročnik elementarne fizike. Ljubljana: Tehniška založba Slovenije
- [5] definicija radiana: https://fran.si/135/epravopis-slovenski-pravopis/4434363/T4MVC_System_Web_Mvc_ActionResult (dostop 27.2.2024)
- [6] Kuščer, I. in Moljk, A. (1984): FIZIKA 2. del: toplota, nihanje, valovanje, svetloba. Ljubljana: Državna založba Slovenije
- [7] Hans Breuer (1993): ATLAS klasične in moderne FIZIKE. Ljubljana: Državna založba Slovenije
- [8] Giancoli, Douglas C. (1998): Physics, principles with applications, fifth edition. New Jersey: Prentice Hall

Grafi, razpredelnice in slike

Graf 1: <https://i0.wp.com/pediaa.com/wp-content/uploads/2015/07/air-resistance-v-vs-t-graph.jpg?resize=330%2C190> (dostop 25. 2. 2024)

Graf 2:

<https://www.google.si/url?sa=i&url=https%3A%2F%2Fphysics.stackexchange.com%2Fquestions%2F513405%2Facceleration-time-graph-for-a-falling-object&psig=AOvVaw0C7dIG0e4KI04mKrTENW7Z&ust=1708943960194000&source=images&cd=vfe&opi=89978449&ved=0CBiQjRxqFwoTCKDgq8CmxoQDFQAAAAAdAAAAABAJ>
(dostop 25. 2. 2024)

Slika 1: Osebni vir

Slika 2: Osebni vir

Slika 3: Osebni vir

Slika 4: Osebni vir

Slika 5: Osebni vir

Slika 6: Osebni vir

Slika 7: Osebni vir

Slika 8: Osebni vir

Razpredelnica 1: Osebni vir

Razpredelnica 2: Osebni vir

Razpredelnica 3: Osebni vir

Razpredelnica 4: Osebni vir

Razpredelnica 5: Osebni vir

Razpredelnica 6: Osebni vir

Razpredelnica 7: Osebni vir

Razpredelnica 8: Osebni vir

Razpredelnica 9: Osebni vir

Razpredelnica 10: Osebni vir

Razpredelnica 11: Osebni vir

Razpredelnica 12: Osebni vir

Razpredelnica 13: Osebni vir

Razpredelnica 14: Osebni vir

Razpredelnico 15: Osebni vir

Razpredelnico 16: Osebni vir