

RAZISKOVALNA NALOGA



Osnovna šola Lovrenc na Pohorju

Padalstvo - s pravim pripomočkom lahko tudi človek leti

FIZIKALNO PODROČJE

Mentorica:

Petra Krivc, prof.

Avtorici:

Lara Brezočnik in
Jasmina Jodl

Lovrenc na Pohorju, 2017

**Padalstvo -
s pravim pripomočkom lahko tudi človek leti**

RAZISKOVALNA NALOGA

Avtorici: Lara Brezočnik in Jasmina Jodl

ZAHVALA

Največja zahvala gre najini mentorici, učiteljici Petri Krivic, ki naju je pri izdelavi raziskovalne naloge ves čas vzpodbujala. Najlepša hvala tudi učiteljici Mateji Žerjav za jezikovni pregled naloge.

Prav tako se zahvaljujema sošolcema Andreasu Krajncu in Marjanu Jeseničniku za pomoč pri izdelavi padal ter izvedbi poskusov.

POVZETEK

Raziskali sva nastanek in razvoj padalstva, uporabnost padalstva, čemu služi in kakšen pomen ima danes.

Dandanes je uporabnost padalstva zelo raznolika. Za varovanje življenja se uporablja v letalstvu. Uporablja se za športne namene in adrenalinske športe. Pri vozilih z velikimi hitrostmi pa se uporablja kot učinkovit zaviralni sistem.

Spoznali sva, da pri športnem padalstvu obstaja veliko različnih pozicij in trikov, ki jih izvajajo med prostim padom. Segli sva tudi daleč v zgodovino in ugotovili, kdo je padalo izumil in kdaj so ga prvič testirali.

Ker najina raziskovalna naloga temelji na fiziki, sva tudi sami izdelali različna padala ter jih testirali. Postavili sva hipoteze ter raziskovalna vprašanja, ki sva jih kasneje potrdili ali ovrgli. Za potrditev zadnje hipoteze sva uporabili Pravilnik o padalstvu v Uradnem listu Republike Slovenije.

Ključne besede: padalstvo, padalec, padalo, zgodovina padalstva, izdelava padala, hitrost, zračni upor

Kazalo

1	UVOD	1
1.1	Opis osnovnih pojmov pri padalstvu.....	1
1.2	Raziskovalna vprašanja.....	2
1.3	Hipoteze	2
1.4	Raziskovalne metode	2
2	TEORETIČNI DEL	3
2.1	Zgodovina izdelave padala	3
2.2	Zgodovina športnega padalstva.....	6
2.3	Padala	7
2.4	Oblike padalstva	7
2.4.1	Jadrarno padalstvo	7
2.4.2	Športno padalstvo	7
2.4.2.1	Skok na cilj.....	7
2.4.2.2	Likovni skok.....	8
2.4.3	Para – ski	8
2.4.4	Tandemski skok	8
2.4.5	Skok v vodo	9
2.4.6	Klasično padalstvo	9
2.5	Oprema padalca	9
2.6	Postopek padanja	9
2.7	Fizikalne osnove.....	10
2.8	Rekord višine in hitrosti pri padalstvu.....	13
2.9	Človeški dejavnik	14
3	EMPIRIČNI DEL	15
3.1	Poskus s padalom.....	15
3.1.1	Izdelava padala.....	15
3.1.1.1	Potrebščine	15
3.1.1.2	Postopek izdelave	15
3.1.2	Meritve in analiza poskusa.....	18
3.1.2.1	Različne mase uteži.....	21
3.1.2.2	Različne dolžine vrvic.....	23

3.1.2.3	Različne površine padala.....	25
4	ZAKLJUČEK.....	27
5	VIRI.....	28

Kazalo slik

Slika 1:	Leonardo da Vinci padalo.....	3
Slika 2:	Irvinovo padalo, zloženo v nahrbtniku.....	4
Slika 3:	Skica Jalbertovega padala.....	5
Slika 4:	Zgodovina padalstva na časovni osi.....	6
Slika 5:	Skok na cilj.....	8
Slika 6:	Izvedba lika - skupina padalcev.....	8
Slika 7:	Prikaz sile upora in gravitacijske sile na padalca.....	11
Slika 8:	Položaj žabe.....	12
Slika 9:	Položaj delta.....	12
Slika 10:	Plasti ozračja.....	13
Slika 11:	Določitev polmera padala in risanje krožnice na bel list papirja.....	15
Slika 12:	Prenos krožnice na folijo.....	15
Slika 13:	Izrezovanje folije.....	16
Slika 14 in 15:	Določitev luknjic za vrvice.....	16
Slika 16 in 17:	Vpenjanje vrvic.....	16
Slika 18:	Izdelava vozla na vrvici.....	17
Slika 19:	Sestavljeno padalo.....	17
Slika 20:	Preverjanje vrvic.....	17
Slika 21:	Prvi spust padala.....	17
Slika 22:	Ikona programa Vernier Video Physics.....	18
Slika 23:	Izvedba poskusa.....	18
Slika 24:	Premer padala.....	21
Slika 25:	Primerjava polmerov padal.....	25

Kazalo tabel

Tabela 1: Meritve - mase padalcev 50 g.....	21
Tabela 2: Meritve - mase padalcev 75 g.....	21
Tabela 3: Meritve - mase padalcev 100 g.....	22
Tabela 2: Meritve - dolžina vrvice 30 cm.	23
Tabela 3: Meritve - dolžina vrvice 60 cm.	23
Tabela 4: Meritve - dolžina vrvice 90 cm.	23
Tabela 5: Meritve - površina padala 452 cm ²	25
Tabela 6: Meritve - površina padala 1962 cm ²	25
Tabela 7: Meritve - površina padala 3215 cm ²	26

Kazalo grafov

Graf 1: Prikaz lege v x in y smeri med padanjem padala.....	19
Graf 2: Prikaz poti v odvisnosti od časa v navpični smeri 1	19
Graf 3: Prikaz poti v odvisnosti od časa v navpični smeri 2	19
Graf 4: Prikaz poti v odvisnosti od časa v navpični smeri 3	20

1 UVOD

Želja po letenju je stara kot človeštvo, zakopana je v človeški duši. Zakaj? Ker je simbol svobode.

Namen najine naloge je izvedeti in raziskati čim več o padalstvu. Hoteli sva pojasniti, skupno delovanje fizikalnega zakona prostega pada in upora gibajočega padala v zraku.

Pri fiziki smo v poglavju 2. Newtonovega zakona obravnavali tudi padalstvo. To naju je navdihnilo in v nama prebudilo raziskovalno žilico, za izvedbo raziskovalne naloge.

Pri postavitvi hipotez sva temeljili na teoriji fizike in znanju učencev. Postavili sva hipoteze, ki sva jih z raziskavami v knjigah in po spletu ter poskusi, ki sva jih izvedli v šoli s pomočjo učiteljice in sošolcev, potrdili oziroma ovrgli.

V teoretičnem delu je opis padalstva. Navedene so vrste padalstva, ki jih poznamo, na kratko sva predstavili zgodovino padalstva. S tem sva raziskali prve korake nastanka padalstva in opisali, kako se je razvijalo. Pojasnili sva tudi, kakšne sile delujejo pri padanju padala in zakaj.

Nato sledi empirični del, v katerem sva najprej navedli pripomočke, ki smo jih potrebovali za izdelavo padala ter postopek s slikovnim gradivom. Predstavljene imava skice in podatke različnih padal, ki sva jih sestavili za poskuse.

Zaključek zajema končne ugotovitve, kjer sva opisali vse izvedene meritve pri poskusih. Potrdili oziroma ovrgli sva hipoteze, ki sva si jih postavili na začetku raziskovanja.

1.1 Opis osnovnih pojmov pri padalstvu

Za razumevanje raziskovalne naloge je dobro, da najprej opiševa osnovne pojme, ki jih bova uporabili v nalogi.

- **Padalstvo** – dejavnost, ki je v zvezi s skakanjem, spuščanjem s padali.
- **Padalec** – je oseba, ki skače s padalom iz zrakoplova in ima veljavno padalsko dovoljenje.
- **Padalo** – je naprava brez motornega pogona, ki se uporablja za zmanjšanje hitrosti
- **Čevelj** – merska enota, ki se uporablja v padalstvu in meri 0,3048 m. [1]

1.2 Raziskovalna vprašanja

1. Ali je čas padanja odvisen od mase padalca?
2. Ali je čas padanja odvisen od površine padala?
3. Ali je čas padanja odvisen od dolžine vrvic?
4. Ali učenci vedo, kaj je padalstvo?
5. Ali je vreme pomembno za padalstvo?

1.3 Hipoteze

H₁: Čas padanja je odvisen od mase na padalu – od mase padalca.

H₂: Čas padanja je odvisen od površine padala.

H₃: Dolžina vrvic ne vpliva na padanje.

H₄: Učenci vedo, kaj je padalstvo.

H₅: Vreme je pomembno za padalstvo.

1.4 Raziskovalne metode

Pri raziskovalni nalogi sva si delo organizirali na sledeč način:

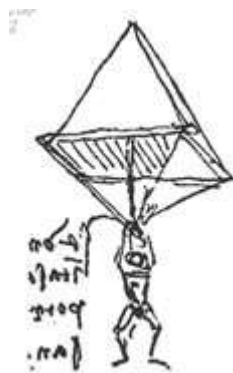
1. teoretični pregled literature
2. vprašalnik za učence
3. izdelava padala
4. izvedba poskusa

2 TEORETIČNI DEL

2.1 Zgodovina izdelave padala

Padalo ima zelo dolgo zgodovino. Prve zapise o letenju so našli v indijskih Vedah, filozofsko religioznih spisih, ki so najstarejša pisana dediščina človeštva. Zapisovati so jih začeli pred več kot 4000 leti, že prej pa so jih prenašali z ustnim izročilom. Njihov nastanek sega v čase, ko je bilo človeštvo prevzeto z letenjem. V Vedah se pripomočki za letenje imenujejo »vimana.« Stari Indijci so sposobnost letenja pripisovali do popolnosti razvitim ljudem, letenje pa simbol prostosti ali obratno kot svarilo pred precenjevanjem svojih sposobnosti. [2]

Kitajci naj bi že leta 1100 izdelovali naprave, ki so bile podobne dežniku, za skakanje iz visokih stolpov. Padalo je izumil Leonardo da Vinci, vendar o tem, ali ga je tudi preizkusil, ni zapisov. V Evropi se je padalstvo razvijalo v času renesanse. Leonardo da Vinci je v obdobju od leta 1483 do 1486 skiciral helikopter in padalo v obliki piramide.



Slika 1: Leonardo da Vinci padalo.

Konec 16. st., za časa Galilea, je dokazal prvo izkoriščanje zračnega upora pri prostem padu. Podobno napravo je konec 16. st. razvil hrvaški tehnik Faust Vrančič. Slika njegovega padala je bila prva in je leta 1595 doživela natis v knjigi. Padalo je bilo štirioglato ogrodje, na njem pa pritrjeno platno. Leta 1617 ga je sam Vrančič tudi preizkusil, zaradi tega je dobil naziv oče letalstva. Padalo je poimenoval »Leteči človek.«

Za kasnejši razvoj so najpomembnejši trije francoski pionirji. Sebastien Lenormand je skakal iz astronomskega observatorija v Montepellieru. Imel je padalo s premerom 4,5 m ter višine 16 m. Drugi francoz, Andre-Jaques Garnerin, je leta 1797 patentiral padalo in

Jodl J., Brezočnik L., Padalstvo – s pravim pripomočkom lahko tudi človek leti
Raziskovalna naloga, OŠ Lovrenc na Pohorju, 2017.

skočil iz balona z višine 1000 m. Leta 1837 je še tretji pionir Charles Renart skonstruiral kombinirano napravo drsno padalo (letalo) in postal pionir na področju upravljivih padal. Zložljivo padalo z avtomatičnim odpiranjem sta skonstruirala nemška konstruktorja Lattermn in Kaethe Paulus. Leta 1913 je nemški konstruktor Heinecke iznašel način odpiranja padala, ki ga uporabljamo še danes, in sicer odpiranje padala s statično linijo – »gurtno«. [3]

Leta 1919 je L. Irvin izumil padalo za prosti pad, ki je pospravljeno v nahrbtniku, in se sproži s potegom vrvice.

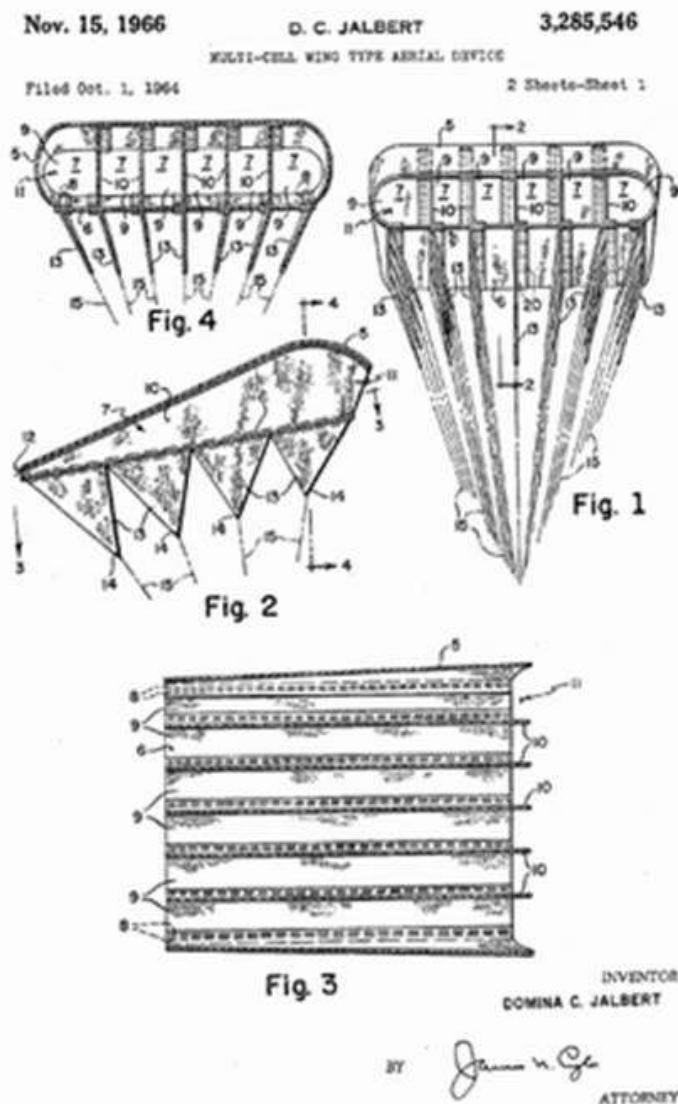


Slika 2: Irvinovo padalo, zloženo v nahrbtniku.

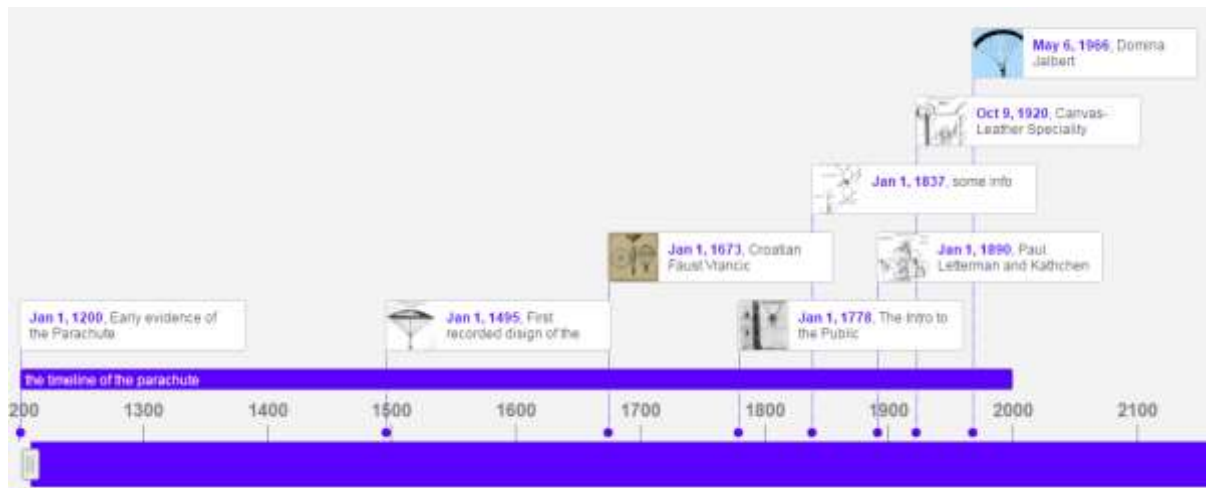
Okrogla padala so bila aktualna med leti 1930–1960, vendar so bila nevodljiva, iz njih so razvili bolj vodljivo padalo, ki je bilo podolgovate oblike. Leta 1948 sta Francis in Gertruda Rojallo izumila »Rogalo« krilo. To krilo so pri NASI uporabljali za pristajanje raket. Leta 1964 je D. Jalbert izumil dvoslojno konstrukcijo padala, ki je v uporabi še danes.

Jalbert's Parafoil - US3285546

April 10, 2006



Slika 3: Skica Jalbertovega padala



Slika 4: Zgodovina padalstva na časovni osi.

2.2 Zgodovina športnega padalstva

V letu 1987 se v alpskih državah pojavi pravi »bum« jadralnega padalstva. Nastane veliko šol in proizvajalcev padal. Japonec Takamaschi poleti iz najvišje gore (8201 m) do tedaj, gora se imenuje Čo-ga. Leta 1988 je padalstvo sprejeto v Mednarodno letalsko zvezo (FAI). Istega leta se v Franciji odvija Evropsko prvenstvo, v Evropi je bilo že 30000 jadrlnih padalcev. Septembra leta 1988 Jean-Marc Boivin poleti iz Mont Everesta, let je trajal 11 ur, preletel pa je 42 km. Leta 1989 se odvije v Avstriji prvo Svetovno prvenstvo v jadrlnem padalstvu. Od 1990 so šli dosežki v jadrlnem padalstvu le še navzgor. Oprema je z leti postajala vedno boljša, k temu pa pripomore tudi današnja tehnologija. [3]

V Sloveniji smo imeli prvi jadrlni padalski polet leta 1984, Dare Svetina je letel z letalom iz pobočja Dobrče. Leta 1987 je organizirano prvo slovensko prvenstvo.

Padalo je v resnici ena izmed na videz najpreprostejših naprav, ki omogočajo ljudem letenje. Padala so se od takrat do danes venomer razvijala in izboljševala in še vedno se. [3]

2.3 Padala

Padala uporabljajo za:

- kontrolirano padanje ljudi iz velikih višin;
- pomoč pri ustavljanju letal;
- pomoč pri ustavljanju dirkalnih avtomobilov;
- za dodatno obremenitev tekača na treningih;
- kot pripomoček za spuščanje hrane in zdravil na ogroženih območjih.

Skoki s padalom so vedno bolj priljubljeni. Ti skoki so izjemno nevaren šport in vsak padalec mora natančno poznati vso opremo in vedeti, kako ta oprema deluje. Vsako padalo je v osnovi sestavljeno enako. Površina razpetega padala je velika, saj ima površino veliko približno 25–30 m² in pri sodobnih vodljivih modelih povzroča močan zračni upor. Padalčeva teža zagotavlja, da bo padalo ostalo odprto in enakomerno napeto, kar je pogoj za varen doskok oziroma pristanek.

2.4 Oblike padalstva

2.4.1 Jadralno padalstvo

Pri jadralnem padalstvu se padalec odpravi na hrib in potem jadra proti dolini. Padala so precej drugačne oblike kot pri klasičnem padalstvu. Jadralno padalstvo so pogumni padalci preselili na skoke s stavb ali previsov. To početje je zelo nevarno in v številnih državah prepovedano. [4]

2.4.2 Športno padalstvo

Pri športnem padalstvu poznamo dve disciplini padalstva; prva je skok na cilj in druga likovni skok. [4]

2.4.2.1 Skok na cilj

V tej disciplini se meri natančnost doskoka padalca. Na začetku tekmovalnega padalstva je bil prostor doskoka kvadrat velikosti 200 x 200 m. Točnost pristanka je bila odvisna od moči in smeri vetra. Ker so bila padala okrogla, jih je bilo težko upravljati. Novejša padala, ki so v obliki krila, je lažje upravljati, zato omogočajo natančnejši pristanek. Nov prostor doskoka je ploščica okrogle oblike, velikosti 32 cm – palačinka, ki ima v sredini rumeno piko premera 3 cm. [4]



Slika 5: Skok na cilj.

2.4.2.2 Likovni skok

Likovni skoki so lahko posamični ali skupinski. Namen padalca je, da v prostem padu sestavi čim več likov, skupina pa mora pokazati koordinirano obvladovanje skupinskega letenja človeških teles. Poleg skupine tekmovalcev skoči z letala še en padalec, ki skok in like, ki jih skupina sestavi, posname. Rekord je 39 likov v 35 sekundah. [4]



Slika 6: Izvedba lika - skupina padalcev.

2.4.3 Para – ski

Pri tej obliki padalstva je padalstvo združeno s smučanjem. Zahteva izredno visoko pripravljenost na obeh športnih področjih. Padalec mora poleg skoka na doskočišče (postavljeno z naklonom 30°) odpeljati še veleslalom. [4]

2.4.4 Tandemski skok

Tandemski skok je skok, pri katerem skočita dva. Po navadi jih izvajajo izkušeni padalci z neizkušenimi padalci, ki še niso izurjeni, da bi skočili sami. [4]

2.4.5 Skok v vodo

Pri skokih v vodo je potrebno, da imajo zagotovljeno službo za reševanje iz vode. Te skoke lahko izvajajo le padalci, ki znajo dobro plavati. Če je temperatura vode pod 18° C, morajo padalci biti opremljeni s termoizolacijsko obleko. [4]

2.4.6 Klasično padalstvo

Pri klasičnem padalstvu je najbolj značilen prosti pad. Začnejo s poletom letala s katerega kasneje tudi skočijo in prosto padajo do določene višine, saj so višine odvisne od načina skoka. Pri tej vrsti padalstva sta pomembni starostna omejitev, ki je najmanj 16 let (z dovoljenjem staršev) ali dopolnjenih 18 let. Minimalna višina padalca je 130 cm. Padalec mora imeti manj kot 120 kg (klasično padalo). To padalstvo je namenjeno zabavi in rekreaciji, ter adrenalinskim izkušnjam.

2.5 Oprema padalca

Pri padalstvu je potrebna tudi posebna oprema. Potrebujejo glavno padalo, rezervno padalo, pasove, padalski nahrbtnik, notranjo vrečo in sistem za odpiranje. Padalci imajo posebne kombinezone, ki jim omogočajo lažje krmiljenje telesa med prostim padom. V tandemskih skokih padalec/padalka, ki ni izurjen, ne potrebuje tega kombinezona, saj je zanje dovolj, da pridejo tudi z malo boljšo trenerko. Za obutev pri padalstvu je najbolje, da obujejo čevlje, ki zaščitijo območje gležnja. Padalci uporabljajo usnjene čelade. Uporabljajo jo za zaščito pri odpiranju padala in pri zasilnih ali izrednih pristankih s padalom. Rokavice ščitijo roke pred mrazom in kot zaščito med posebnimi pristanki. Očala pa zato, da zaradi hitrosti padanja ne pride do poškodb oči. Vsak padalec ima tudi višinomer. To je naprava, ki jim pokaže višino, na kateri se nahajajo. Višinomer ima pritrjen na zapestju podobno kot ročno uro. [5]

2.6 Postopek padanja

1. Padalci se najprej opremijo s potrebno opremo, se vkrcajo na letalo ali helikopter ter se peljejo do določene višine. V uradnem listu je zapisana največja dovoljena višina padalskega skoka 14800 čevljev (4400 m) nad srednjo morsko ravnino. Z višine nad 14800 čevljev lahko padalske skoke izvajajo le padalci s padalskim dovoljenjem B, C in D, če imajo delujoč padalski avtomat za odpiranje rezervnega padala. Nad 23000 čevlji (6900 m) mora padalec pri skoku uporabljati osebni sistem za dodatno oskrbo s kisikom. [1]

2. Po skoku prosto padajo do višine, pri kateri je potrebno odpreti padalo. Padajo s hitrostjo nekje med 120–230 km/h. Med prostim padom padalci padajo v različnih položajih.
3. Prvi in tudi osnovni položaj se imenuje **nevtralni položaj**. V tem položaju padajo z obrazom proti zemlji, roke in noge so rahlo nazaj. Pri tem položaju vzdržujejo najmanjšo možno hitrost. Podoben položaj se imenuje **žabji položaj**. Ta je enak kot nevtralen, samo da imajo roke vodoravno s telesom in ne nazaj.
4. **Delta položaj** ali **drsenje** je položaju pri katerem smo s telesom postavljeni tako, da je glava proti zemlji in noge v zrak. Ta položaj je samo za izkušene padalce, saj je pri njem hitrost padanja tudi čez $300 \frac{km}{h}$.
5. Položaj **sodček** je v eden izmed trikov, ki jih lahko izvajajo med prostim padom. Pri sodčku iztegnejo noge navzdol in jih imajo tesno skupaj, eno roko imajo iztegnjeno, drugo pa stisnejo k prsnemu košu. Tako se na strani roke poveča upor in začne se vrtenje okoli vzdolžne osi.
6. Ko padalec odpre glavno padalo, se hitrost hitro zmanjša. S padalom pada s hitrostjo približno $10 \frac{m}{s}$. Padalec ob pristanku varno odskoči v pozi tekača, če pa je pristanek bolj neroden, pa se zakotali po tleh tako, da se izogne poškodbam. Po pregledu Pravilnika o padalstvu v Uradnem listu RS 32/2016 sva ugotovili, da je predpisana višina odpiranja padala:
 - a. 3000 čevljev (914,4 m) kandidati, ki se usposablajo za padalca;
 - b. 2500 čevljev (762 m) padalec z licenco;
 - c. 4500 čevljev (1371,6 m) pri tandemskem skoku.

2.7 Fizikalne osnove

Na telo, ki se giblje po zraku delujeta dve sili:

1. gravitacijska sila, ki je usmerjena navzdol in
2. sila upora zraka, ki je usmerjena navzgor.



Slika 7: Prikaz sile upora in gravitacijske sile na padalca.

Pri fiziki smo spoznali, da se hitrost pri prostem padu, če upor zanemarimo, vsako sekundo poveča za $9,8 \frac{m}{s}$. V enačbi je to zapisano:

$$v = g \cdot t, \quad (2)$$

pri čemer je g gravitacijski pospešek, ki je enak $9,81 \frac{m}{s^2}$. Izračunali sva, kolikšna bi bila hitrost padalca, če bi eno minuto padal brez kakršne koli sile upora:

$$v = g \cdot t$$
$$v = 9,81 \frac{m}{s^2} \cdot 60 s = 588,6 \frac{m}{s} \quad (2118,96 \frac{km}{h})$$

Ugotovili sva, da je to prevelika hitrost, zato sva raziskovali dalje. S povečevanjem hitrosti se povečuje sila upora in zato hitrost ne narašča tako hitro. Pri določeni hitrosti se vzpostavi ravnovesje med silo teže in silo upora in je hitrost padanja konstantna.

Na silo zračnega upora vplivajo različni dejavniki:

- **hitrost gibanja** – hitreje kot se giblje telo, večji je upor;
- **gostota zraka** – večja kot je gostota, težje se telo giblje;
- **površina telesa** – večja kot je površina telesa, večji je upor in s tem počasnejše gibanje;
- **oblika telesa** – bolj kot je telo aerodinamične oblike, lažje se giblje skozi zrak.

Pri brskanju po literaturi sva pridobili enačbo kvadratnega zakona upora:

$$F_u = \frac{c\rho S v^2}{2} \quad (1)$$

ρ – gostota zraka ($\rho=1,2\frac{kg}{m^3}$)

S – prečni presek telesa, pravokotno na smer gibanja

v – hitrost

C – koeficient upora, odvisen od oblike telesa (Padalo ima obliko polkrogle, zato ima koeficient upora približno 1,3. Položaj žabe ima $c=0,3$, položaj drsenja pa $c=0,15$ [6])

Pred odprtjem padala se hitrost zaradi težnostnega pospeška povečuje. Ob odpiranju in pri popolnoma odprtem padalu se pojavi sila upora zraka na padalo, zato se hitrost padanja zmanjšuje. Telo se naprej giblje s konstantno hitrostjo.

Pri skakanju s padalom se uporabljajo različne tehnike padanja. Če želi padalec doseči veliko hitrost, mora imeti čim manjši upor zraka. S telesom se »postavi« v tak položaj, da je telo predstavlja čim manjši upor gibanja v zraku. S takšnimi položaji lahko dosežajo hitrosti do $200\frac{km}{h}$ in tudi več.

Če padalec pada v položaju žabe, lahko doseže veliko manjšo hitrost, kot v položaju delta. Padalci, ki želijo doseči maksimalno hitrost – hitrostni padalci, poiščejo položaj, v katerem je prečni presek najmanjši. Ostali pa prosti pad preletijo v položaju žabe.



Slika 8: Položaj žabe.



Slika 9: Položaj delta

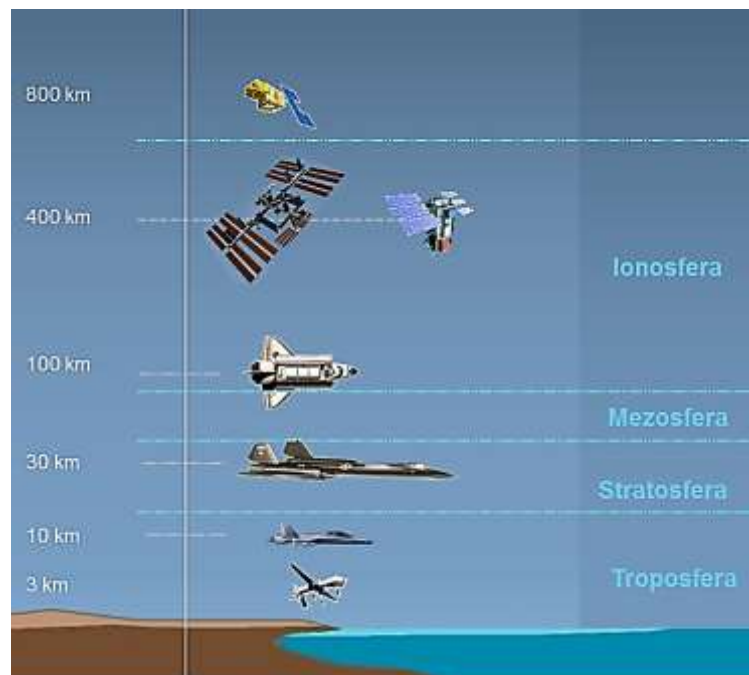
Po prebiranju literature sva prišli do zaključka, da prosti pad s povečevanjem hitrosti traja približno 10 s, nato pa se sila upora izenači s silo gravitacije in hitrost ostane enaka.

2.8 Rekord višine in hitrosti pri padalstvu

14. oktobra 2012 je Felix Baumgartner skočil z višine 38969 m s hitrostjo $1357,64 \frac{km}{h}$ in še danes drži svetovni rekord za hitrost, medtem ko ga je pri višini presegel Alan Eustance. [7]

57-letni Alan Eustace je podrl svetovni rekord višine, s katere je skočil s padalom. Skočil je kar z višine 41419 m. Pri skoku je v prostem padu dosegel $1322,9 \frac{km}{h}$, kar je enako $367,5 \frac{m}{s}$. [8]

V stratosferi je gostota zraka manjša, posledični manjši upor in zato se lahko dosegajo večje hitrosti.



Slika 10: Plasti ozračja.

2.9 Človeški dejavnik

Pri padalstvu je zelo pomemben občutek strahu. Kadar padalec občuti strah pri vzletu, se mora vprašati, če je temeljito preveril vremenske razmere, opremo in padalo. Upoštevati mora svoje omejitve in sposobnosti. [9]

Vanič Z. je v Učbeniku za letenje z zmaji, motornimi zmaji, jadralnimi padali in baloni napisal naslednje verze.

Ne maram, da me je strah.

Ne letim zato, da bi me bilo strah.

Toda, če je malo strahu potrebno, da bom varno

letel, ga sprejmem.

Omogoča mi, da letim brez strahu.

3 EMPIRIČNI DEL

3.1 Poskus s padalom

3.1.1 Izdelava padala

3.1.1.1 Potrebščine

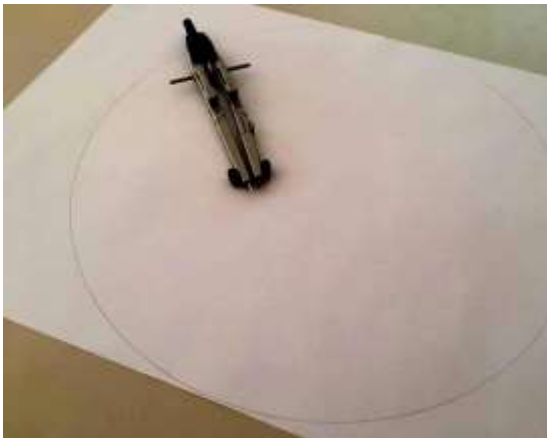
Za izdelavo padala potrebuješ:

- A0 list
- šestilo
- pisalo
- lahko folijo
- škarje
- uteži
- vrvico

3.1.1.2 Postopek izdelave

S slikovnim materialom je natančno opisan postopek izdelave padala.

1. Na bel list smo s šestilom narisali krog, nato smo na narisan krog dali brezbarvno folijo in na njo prerisali krog.



Slika 11: Določitev polmera padala in risanje krožnice na bel list papirja.

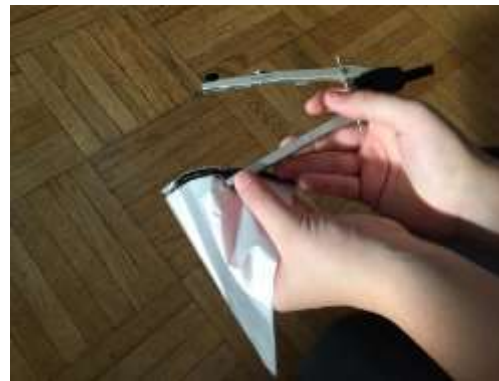


Slika 12: Prenos krožnice na folijo.

2. Narisan krog (na foliji) smo izrezali in ga preložili ter naredili luknjice s šestilom.



Slika 13: Izrezovanje folije.



Slika 14 in 15: Določitev luknjic za vrvice.

3. Krog smo razgrnili ter skozi luknje potegnili vrvice, na vrvice pa smo privezali utež.



Slika 16 in 17: Vpenjanje vrvic.



Slika 18: Izdelava vozla na vrvici.

4. Preverili smo, ali je vse dobro zavezano in pripravljeno na poskuse.



Slika 19: Sestavljeno padalo.



Slika 20: Preverjanje vrvic

5. Padalo smo testirali tako, da smo ga spustili iz 2. nadstropja – iz šolske knjižnice.



Slika 21: Prvi spust padala.

3.1.2 Meritve in analiza poskusa

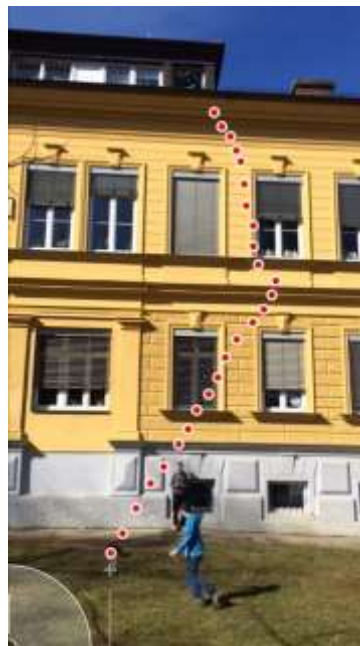
Meritve smo opravljali z Vernierjevo aplikacijo na telefonu – Video Physics. Posneli smo padanje padala in nato iz zbranih podatkov narisali graf poti v odvisnosti od časa.

Vernier Video Physics



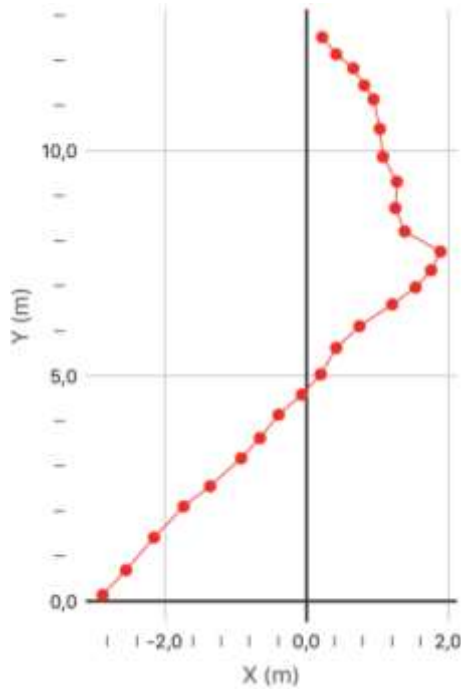
Slika 22: Ikona programa Vernier Video Physics

Opazovali sva čas padanja glede na različne parametre. Izmerili sva tudi, koliko je padalo, glede na začetno točko, odneslo v levo oz. v desno smer.



Slika 23: Izvedba poskusa.

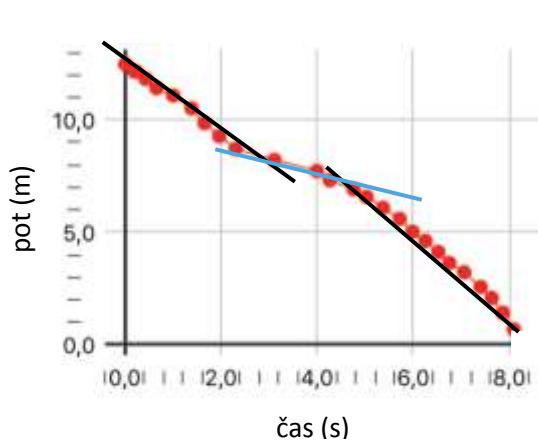
Na fotografiji je narisana pot, ki jo je padalo opravilo med padanjem. Vidimo, da padalo ni padalo enakomerno in navpično, kar je dokaz, da je med padom delovala sila zraka oz. vzgonskega vetra.



Graf 1: Prikaz lege v x in y smeri med padanjem padala.

Na tej sliki pa je le pot, ki ga je padalo opravilo, brez slike ozadja.

Na grafu lahko vidimo, da je med padanjem padala nanj delovala sila vetra. Padalo ni padalo navpično navzdol, temveč malo levo in desno, kot sva predvidevali.

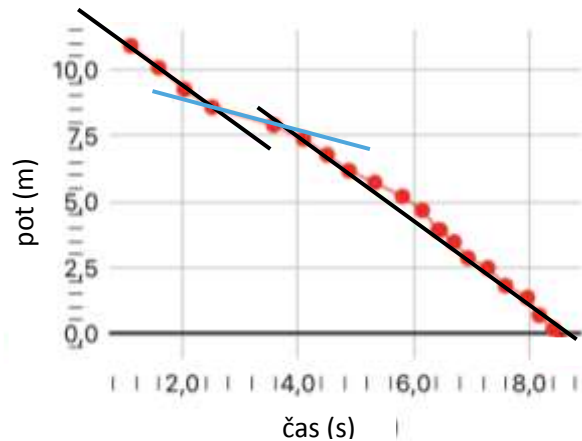


Graf 2: Prikaz poti v odvisnosti od časa v navpični smeri 1

$$v_1 = \frac{\Delta y}{\Delta t} = \frac{12 - 7,5 \text{ m}}{2,5 - 0 \text{ s}} = \frac{4,5 \text{ m}}{2,5 \text{ s}} = 1,8 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$v_2 = \frac{\Delta y}{\Delta t} = \frac{7,5 - 6 \text{ m}}{5 - 2,5 \text{ s}} = \frac{1,5 \text{ m}}{2,5 \text{ s}} = 0,6 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$v_3 = \frac{\Delta y}{\Delta t} = \frac{5,5 - 0 \text{ m}}{8 - 6 \text{ s}} = \frac{5,5 \text{ m}}{3 \text{ s}} = 1,8 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$



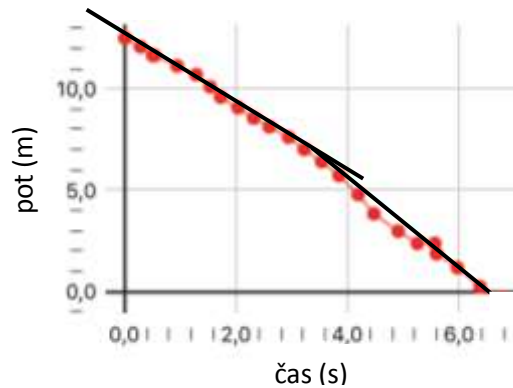
Graf 3: Prikaz poti v odvisnosti od časa v navpični smeri 2

$$v_1 = \frac{\Delta y}{\Delta t} = \frac{12 - 8,5 \text{ m}}{2,5 - 0 \text{ s}} = \frac{3,5 \text{ m}}{2,5 \text{ s}} = 1,4 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$v_2 = \frac{\Delta y}{\Delta t} = \frac{8 - 7,5 \text{ m}}{3,5 - 2,5 \text{ s}} = \frac{0,5 \text{ m}}{1 \text{ s}} = 0,5 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$v_3 = \frac{\Delta y}{\Delta t} = \frac{7,5 - 0 \text{ m}}{8 - 4 \text{ s}} = \frac{5,5 \text{ m}}{4 \text{ s}} = 1,38 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Na grafih 2 in 3 je prikazano gibanje padala v navpični smeri v odvisnosti od časa. Če pogledamo hitrosti padanja na obeh grafih, lahko vidimo, da sta v_1 in v_3 skoraj enaki, medtem ko je v_2 manjša. Na določeni višini je deloval vzgonski veter.



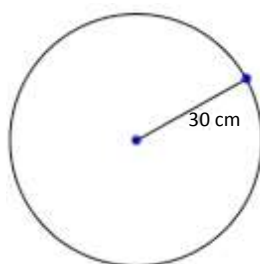
Graf 4: Prikaz poti v odvisnosti od časa v navpični smeri 3

$$v_1 = \frac{\Delta y}{\Delta t} = \frac{12 - 6 \text{ m}}{4 - 0 \text{ s}} = \frac{6 \text{ m}}{4 \text{ s}} = 1,5 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$
$$v_2 = \frac{\Delta y}{\Delta t} = \frac{5,5 - 0 \text{ m}}{7 - 4 \text{ s}} = \frac{5,5 \text{ m}}{3 \text{ s}} = 1,67 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Pri tretjem grafu se je hitrost padanja malenkost povečala v drugem delu grafa, kar je posledica manjšega zračnega upora v drugem delu, lahko tudi dodatnega vzgona v prvem delu.

3.1.2.1 Različne mase uteži

V prvem poskusu sva se odločili, da bova preizkusili, kako vpliva masa obtežitve padala na čas padanja.



Slika 24: Premer padala

Izbrali sva si tri različne uteži, te so tehtale 50 g, 75 g in 100 g. Padala so se pri tem poskusu razlikovala le v masi uteži.

Tabela 1: Meritve - mase padalcev 50 g.

	m = 50 g		
	t(s)	Absolutna napaka	Relativna napaka
t₁ (s)	9	+0,2	0,02
t₂ (s)	8,7	-0,1	0,01
t₃ (s)	8,8	0,0	0,00
Povprečni čas padanja (s)	8,8	8,8 ± 0,1	8,8(1 ± 0,01)

Tabela 2: Meritve - mase padalcev 75 g.

	m = 75 g		
	t(s)	Absolutna napaka	Relativna napaka
t₁ (s)	8,5	+0,3	0,02
t₂ (s)	8,3	+0,1	0,01
t₃ (s)	8,0	-0,2	0,02
Povprečni čas padanja (s)	8,2	8,2 ± 0,1	8,2(1 ± 0,01)

Tabela 3: Meritve - mase padalcev 100 g.

	m = 100 g		
	t(s)	Absolutna napaka	Relativna napaka
t₁ (s)	6,9	-0,2	0,03
t₂ (s)	7,2	+0,1	0,01
t₃ (s)	7,2	+0,1	0,01
Povprečni čas padanja (s)	7,1	7,1 ± 0,1	7,1(1 ± 0,01)

V tem poskusu sva ugotovili, da so padala, obtežena z maso 50 g, padala povprečno 8,8 (1±0,01) s. Ta so padala najpočasneje, kot sva tudi predvidevali. Pri padalu z maso 100 g sva predvidevali, da bo padalo z največjo hitrostjo, zato je povprečen izmerjen čas padanja najkrajši – 7,1 (1±0,01) s. Pri določanju relativne napake smo črtali najboljšo in najslabšo meritev. Relativna napaka vseh treh primerov je 1 %.

3.1.2.2 Različne dolžine vrvic

Po preizkusu vpliva mase obremenitve padala na potek padanja pa naju je začelo zanimati, ali imajo tudi dolžine vrvic padala vpliv na čas padanja. Premer padala je bil 60 cm.

Tabela 4: Meritve - dolžina vrvic 30 cm.

	l = 30 cm		
	t(s)	Absolutna napaka	Relativna napaka
t ₁ (s)	8,8	-0,3	0,03
t ₂ (s)	9,3	+0,2	0,02
t ₃ (s)	9,4	+0,3	0,04
Povprečni čas padanja (s)	9,1	9,1 ± 0,24	9,1(1 ± 0,03)

Tabela 5: Meritve - dolžina vrvic 60 cm.

	l = 60 cm		
	t(s)	Absolutna napaka	Relativna napaka
t ₁ (s)	8	+0,4	0,05
t ₂ (s)	7,5	-0,1	0,01
t ₃ (s)	7,5	-0,1	0,01
Povprečni čas padanja (s)	7,6	7,6 ± 0,1	7,6(1 ± 0,01)

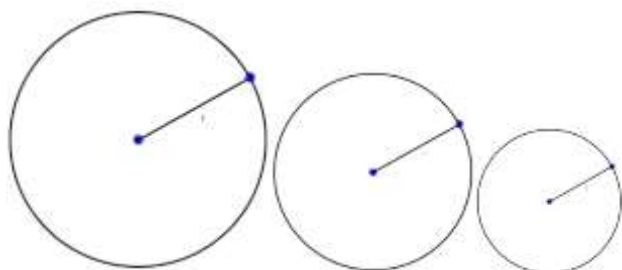
Tabela 6: Meritve - dolžina vrvic 90 cm.

	l = 90 cm		
	t(s)	Absolutna napaka	Relativna napaka
t ₁ (s)	10	-0,3	0,03
t ₂ (s)	10	-0,3	0,03
t ₃ (s)	11	+0,7	0,06
Povprečni čas padanja (s)	10,3	10,3 ± 0,3	10,3(1 ± 0,03)

Ta poskus naju je precej presenetil, saj sva bili mnenja, da dolžina vrvic ne more vplivati na padanje padala. A ugotovili sva, da je padalo z dolžino vrvic 30 cm padalo 9,1 ($1 \pm 0,03$) s, medtem ko je padalo z dolžino 90 cm padalo povprečno 10,3 ($1 \pm 0,03$) s. Presenetljivo pa je, da je padalo s srednjo dolžino vrvic padalo najhitreje, in sicer povprečno 7,6 ($1 \pm 0,01$) s. Ko sva primerjali relativne napake, sva opazili, da je tudi relativna napaka najmanjša pri padalu z dolžino vrvic 60 cm. Dokazali sva, da mora padalo imeti prave dolžine vrvic.

3.1.2.3 Različne površine padala

Tretji poskus pa smo naredili tako, da smo spreminjali površino padala. Iz literature sva prebrali, da je površina padala pomembna, naju pa je zanimalo, koliko vpliva na čas padanja.



Slika 25: Primerjava polmerov padal.

Dolžine vrvic vseh treh padal so enake, in sicer 60 cm.

Tabela 7: Meritve - površina padala 452 cm².

	S₁ = 452 cm²		
	t(s)	Absolutna napaka	Relativna napaka
t₁ (s)	3,1	-0,3	0,09
t₂ (s)	3,5	+0,1	0,03
t₃ (s)	3,5	+0,1	0,03
Povprečni čas padanja (s)	3,4	3,4 ± 0,1	3,4(1 ± 0,03)

Tabela 8: Meritve - površina padala 1962 cm².

	S₂ = 1962 cm²		
	t(s)	Absolutna napaka	Relativna napaka
t₁ (s)	9,4	-0,3	0,03
t₂ (s)	9,5	-0,2	0,02
t₃ (s)	10,2	+0,5	0,05
Povprečni čas padanja (s)	9,7	9,7 ± 0,3	9,7(1 ± 0,02)

Tabela 9: Meritve - površina padala 3215 cm².

	S₂ = 3215 cm²		
	t(s)	Absolutna napaka	Relativna napaka
t₁ (s)	17,2	-0,1	0,01
t₂ (s)	17,5	+0,2	0,01
t₃ (s)	17,3	+0,0	0,00
Povprečni čas padanja (s)	17,3	17,3 ± 0,1	17,3(1 ± 0,01)

Ta poskus je bil najbolj očiten, padalo z najmanjšo površino je padalo najhitreje. Njegov povprečen čas padanja je bil 3,4 (1 ± 0,03) s. Počasneje je padalo padalo z večjo površino, ki je bila 1962 cm². Njegov povprečni čas je bil 9,7 (1 ± 0,02) s. Najpočasneje pa je padalo padalo z največjo površino, to je 3215 cm². Padalo je kar 17,3 (1 ± 0,01) s. S tem poskusom sva dokazali, da je površina padala zelo pomembna.

4 ZAKLJUČEK

Cilj najine naloge je bil sistematično raziskati zgodovino padalstva, vedenje in teorijo. Z osvojenim znanjem fizike sva opisali teoretične osnove. V empiričnem delu so izvedeni poskusi z merjenimi rezultati, ki so osnova za potrditev ali zavrnitev dela hipoteze.

Ovrednotenje hipotez:

H₁: Čas padanja je odvisen od mase padalca.

Najprej sva spustili padalo z maso 50 g, kasneje pa z maso 75 g in takoj videli, da je padalo z večjo maso, torej 75 g, pristalo v povprečno 8,2 ($1 \pm 0,01$) s, medtem ko je padalo z manjšo maso, torej 50 g, pristalo v 8,8 ($1 \pm 0,01$) s. Padalo z maso 100 g je padlo najhitreje, in sicer v povprečno 7,1 ($1 \pm 0,01$) s. Sklepava lahko, da je čas padanja res odvisen od mase na padalu. To hipotezo sva **potrdili**.

H₂: Čas padanja je odvisen od površine padala.

Pri poskusu je padalo z najmanjšo površino padalo povprečno samo 3,4 ($1 \pm 0,03$) s, medtem ko je padalo z največjo površino padala padalo kar povprečno 17,3 ($1 \pm 0,01$) s. Če je površina padala premajhna, se bo hitrost padanja hitro povečevala. Če pa je padalo preveliko, se bo hitrost zmanjševala. Padalo mora biti ravno prav veliko, da se začne enakomerno gibati. Zato lahko **potrdiva**, da je površina padala pomembna in čas padanja odvisen od nje.

H₃: Dolžina vrvic ne vpliva na padanje.

Ugotovili sva, da to ne drži. Meritve so pokazale, da je pri enaki dolžini vrvic, kot je premer padala, bil povprečen čas padanja najkrajši. Pri krajših vrvicah je bil čas padanja daljši, in sicer 9,1 ($1 \pm 0,03$) s. Obstaja pa nevarnost, da bi se padalo zaprlo. Pri daljših vrvicah je bil čas padanja daljši 10,3 ($1 \pm 0,03$) s. Hipotezo sva **ovrgli**.

H₄: Vreme je pomembno za padalstvo.

Po pregledu Pravilnika o padalstvu v Uradnem listu RS sva dobili **potrditev** najinega mišljenja. Menili sva namreč, da je vreme pomembno pri izvedbi skokov. V Pravilniku o padalstvu piše, da lahko izvedemo skok samo, če je točko odskoka mogoče vizualno določiti, hitrost vetra pa ne sme presegati mejnih vrednosti.

5 VIRI

LITERATURA

1. Uradni list Republike Slovenije 32/2016. Najdeno 10. 1. 2017 na spletni strani: <https://www.uradni-list.si/glasilo-uradni-list-rs/vsebina/126348>
2. Čoh, A. Želja po letenju v sanjah in mitih. E – portal. Najdeno 15. 1. 2017 na spletni strani: http://www.bogvetra.com/?id=240&p=arh_clanki
3. Fris V., Padalstvo za začetnike, Maribor: Obzorja, založništvo in izobraževanje, 2004.
4. Internetni vir: http://ak-ptuj.com/e107_plugins/content/content.php?content.38
Najdeno: 15. 2. 2017
5. Adrenalina šport: Najdeno 10. 2. 2017:
<http://adrenalina-sport.si/adrenalina/index.php/oprema-padalca/>
6. Priročnik za padalsko usposabljanje, Poveljstvo za doktrino, razvoj, izobraževanje in usposabljanje, 2009.
7. Wikipedija. Najdeno 20. 2. 2017: https://en.wikipedia.org/wiki/Red_Bull_Stratos
8. <https://www.rtv slo.si/znanost-in-tehnologija/nov-svetovni-rekord-skok-z-41-419-me>
9. Kaniamos P., Paragliding, priročnik in vodič za letenje z jadralnim padalom, Jastrebarsko: Pintardesign; 2008.
10. Vanič Z., Leteti, Učbenik za letenje z zmaji, motornimi zmaji, jadralnimi padali in baloni, Radovljica, Didakta, 1991.

SLIKE

Slika 1: Spletna galerija. Padalo Leonarda da Vincija. Najdeno 15. 1. 2017 na spletni strani: <http://www.bl.uk/onlinegallery/features/leonardo/parachute.html>

Slika 2: Don Mayers Parachute shop. Najdeno 15. 1. 2017 na spletni strani: <http://www.parachuteshop.com/lap%20parachute.htm>

Jodl J., Brezočnik L., Padalstvo – s pravim pripomočkom lahko tudi človek leti
Raziskovalna naloga, OŠ Lovrenc na Pohorju, 2017.

Slika 3: Skydiving museum & Hall of Fame. Najdeno 20. 1. 2017 na spletni strani:
<http://works-words.com/NSM>
[WIKI/WP/wordpress/wiki/skydiving/equipment/patents/1966-jalberts-parafoil-patent/](https://www.wikimedia.org/wiki/Skydiving/equipment/patents/1966-Jalberts-parafoil-patent/)

Slika 4: Časovni trak. Najdeno 20. 1. 2017 na spletni strani:
<https://www.timetoast.com/timelines/the-parachute>

Slika 5: RTV SLO portal. Najdeno 15. 1. 2017 na spletni strani:
<https://www.rtv-slo.si/sport/preostali-sporti/slovenski-padalci-svetovni-prvaki-zlata-medalja-tudi-banu/403069>

Slika 6: Letalska zveza Slovenije: Velike formacije (2015, 3. avgust). Najdeno 15. 2. 2017
<http://www.lzs-zveza.si/panoge/padalstvo/velike-formacije/>

Slika 7: Paragliding glossary. Najdeno 10. 2. 2017:
<https://play.google.com/store/apps/details?id=apps.dps.paragliding>

Slika 8: <http://www.provence7.com/portails/aviation/parachutisme/parachutisme/>

Slika 9: Slovenske novice. Koroško nebo zasedli padalci (14. 6. 2010). Najdeno 15. 2. 2017: <http://www.slovenskenovice.si/lifestyle/zdravje/korosko-nebo-zasedli-padalci>

Slika 10: Eučbenik. Fizika 8. Najdeno 6. 1. 2017:
<https://eucbeniki.sio.si/fizika8/222/index.html>