Osnovna šola Hudinja

# KAKO ZADETI PROSTI MET?

Avtorji:

Filip KOŽELNIK, 9.a
Žan ROMIH, 9.a
Anže UMEK, 9.a

Mentor:

Jani ČEDE, pred. uč. mat. in fiz.

Mestna občina Celje, Mladi za Celje

Celje, 2007

## POVZETEK

Cilj vsakega košarkarja je doseči čimveč košev. Ali na njegovo uspešnost vpliva, poleg veliko treninga, tudi njegovo fizikalno znanje? Pod kakšnim kotom naj vrže žogo iz črte za prosti met, da bo najlažje zadel skozi obroč? Kolikšna sila je pri tem potrebna in s kolikšno hitrostjo leti žoga?

To je le nekaj vprašanj, ki se nam porajajo ob tako preprostem dogodku, kot je met košarkarske žoge na koš. Da pa se dokopljemo do odgovora nanje, je potrebno veliko potrpljenja in fizikalnega znanja.

Po temeljiti seznanitvi s fizikalnimi zakonitostmi poševnega meta, smo se lotili eksperimentiranja s topom za navpični in poševni met. Čase leta smo merili s štoperico, pri določanju dometa nam je pomagala sled, ki jo je puščala obarvana kroglica na stiroporu, pri določanju metne višine pa smo si pomagali s fotografiranjem trenutka, ko je kroglica v najvišji legi.

Rezultate, ki smo jih dobili pri eksperimentiranju, smo preverili s simulacijo poševnega meta, katero smo našli na spletni strani.

Na koncu smo opravili meritve in izračune izmetnega kota, hitrosti žoge in velikosti sile roke pri prostem metu v telovadnici. Ker so časi (posebno čas sunka sile) zelo kratki in bi zelo težko izmerili metno višino, ki jo doseže žoga, smo si pomagali s snemanjem meta. Iz filma smo naredili več zaporednih slik, ki smo jih zložili drugo na drugo in tako dobili potrebne podatke.

# KAZALO

# KAZALO SLIKOVNEGA GRADIVA IN PRILOG

# 1 UVOD

Ko je leta 1891 Američan James Naismith izumil košarka, se mu še sanjalo ni, da bo že čez slabih 100 let to eden najpopularnejših športov na svetu. Košarko igra staro in mlado po celem svetu, pa tudi pri nas. Tudi učence naše šole ta šport zelo zanima, saj jih kar precej trenira v okoliških klubih. Fantje pri KK Keleja Celje in KK Zlatorog Laško, dekleta pa pri ŽKK Merkur Celje. Na šoli poteka tudi Hudinjska košarkarska liga, katere se udeležuje preko 60 učencev. Ker je cilj igre doseči čimveč košev, nas je zanimalo ali se da ta cilj doseči tudi z uporabo fizikalnega znanja. Na spletni strani smo našli članek z naslovom Met košarkarske žoge, ki pa je bil za naše znanje fizike in matematike prezahteven. Tako smo se lotili meritev in izračunov, s katerimi bi bolje osvetlili mehaniko prostega meta.

## 1.1 OPIS RAZISKOVALNEGA PROBLEMA

Kako zadeti prosti met? Ali na natančnost prostega meta vpliva le ogromno treninga, ali pa lahko nanj vplivajo tudi košarkarji z velikostjo kota, pod katerim mečejo na koš in hitrost izmeta žoge? Kako »močni« morajo biti košarkarji, oziroma kolikšna sila je potrebna pri metu na koš?

## 1.2 RAZISKOVALNA VPRAŠANJA

Zastavili smo si naslednja raziskovalna vprašanja:

- Pod kakšnim kotom mora košarkar vreči žogo s prostega meta, da bo žoga čim hitreje zadela koš?
- Kolikšna je začetna hitrost žoge pri tem metu?
- S kolikšno silo mora košarkar vreči žogo proti košu s prostega meta?

## 1.3 HIPOTEZE

- Najugodnejši kot meta žoge je $45^0$, ker je pri tem kotu domet največji.
- Hitrost žoge pri metu je približno 6 m/s.
- Sila, s katero igralka vrže žogo proti košu, ni večja od 100 N.

Prvo hipotezo smo preverili s topom za navpični in poševni met, simulacijo poševnega meta in z meritvami in izračuni pri prostem metu. Potrditev preostalih dveh pa smo iskali le z meritvami in izračuni pri prostem metu, ki ga je izvajala košarkarica Polona Zalar.

# 1.4 TEORETIČNA IZHODIŠČA

## 1.4.1 POŠEVNI MET

***Poševni met*** je met pod kotom, ki je manjši od 90°. Tir gibanja telesa je parabola. Gibanje telesa razstavimo na gibanje v dveh smereh. V vodoravni smeri (x) je gibanje ***enakomerno***, saj na telo ne deluje nobena sila. V navpični smeri (y) pa je gibanje navzgor ***enakomerno pojemajoče***, navzdol pa ***enakomerno pospešeno – prosti pad***. V navpični smeri na telo ves čas deluje teža, ki je hkrati rezultanta zunanjih sil. Hitrost telesa se pri dviganju počasi zmanjšuje, pri spuščanju pa ponovno narašča.

V času ***t*** ima telo hitrost ***v***, katere komponenti sta:

$$v_x = v_{ox} \text{ in}$$

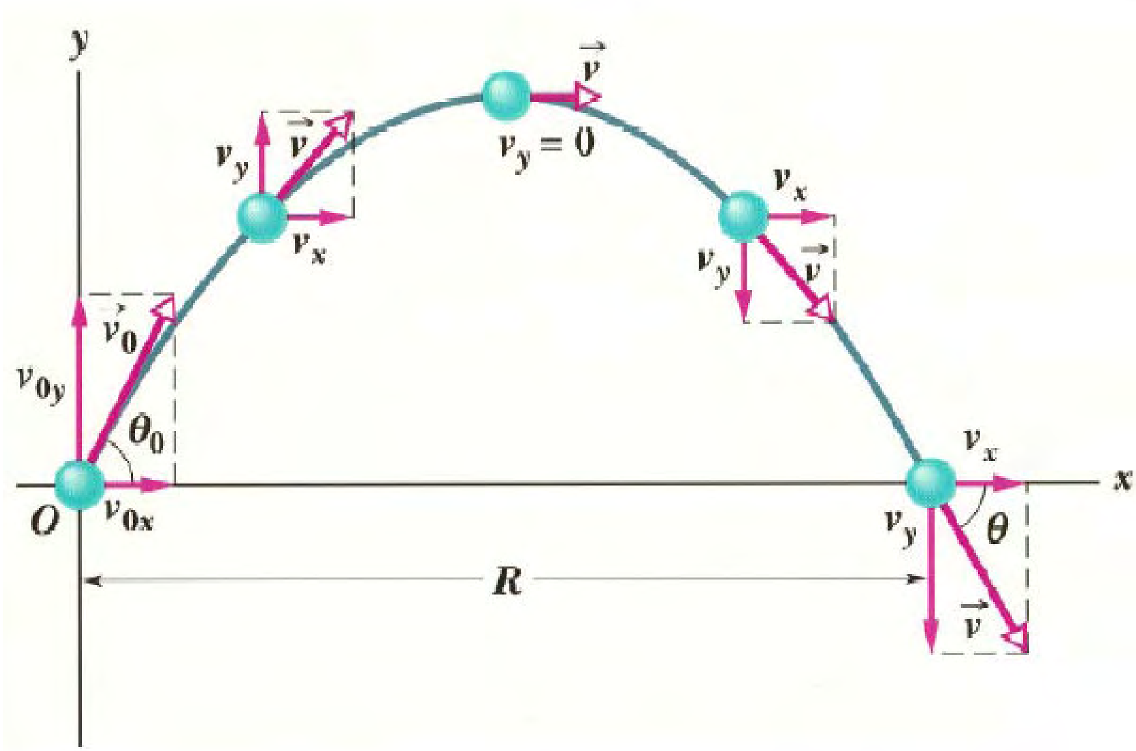
$$v_y = v_{oy} - gt \text{ .}$$

V najvišji legi je komponenta hitrosti v y smeri enaka 0.

Lego telesa pa lahko opišemo s koordinatama:

$$x = v_{ox} \cdot t \text{ in}$$

$$y = v_{oy} \cdot t - \frac{1}{2} g t^2 \text{ .}$$




**SLIKA 1: GIBANJE KROGLICE PRI POŠEVNEM METU**

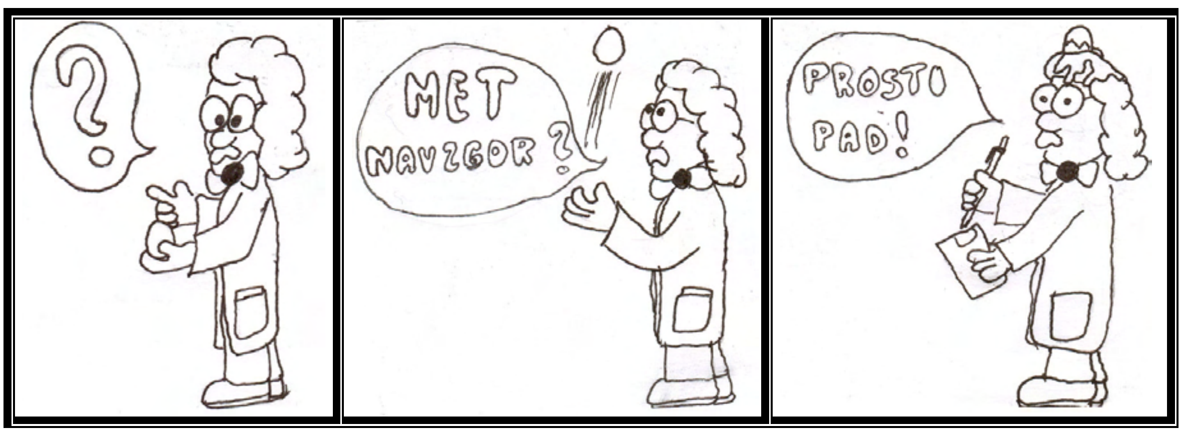
### 1.4.2 PROSTI PAD IN NAVPIČNI MET NAVZGOR

***Prosti pad*** je enakomerno pospešeno gibanje prostih teles, navpično navzdol, zaradi teže. V vakuumu padajo na Zemlji vsa telesa z enakim pospeškom. Zaradi vrtenja Zemlje je na zemeljski površini odvisen od geografske širine (pri nas, približno 46° geogr. širine, je 9,81 m/s$^2$, na ekvatorju 9,78 m/s$^2$ in na polih 9,83 m/s$^2$) in zaradi posebnosti v zemeljski skorji še od kraja.

***Navpični met navzgor*** se razlikuje le v tem, da je njegova pot usmerjena navzgor, telo ima začetno hitrost največjo, končna hitrost pa je enaka nič.
Hitrost in višino izračunamo (+ velja za prosti pad, - pa za navpični met.):

$$h = v_0 t \pm \frac{1}{2} g t^2 \quad \text{in}$$

$$v = v_0 \pm g t \ .$$




SLIKA 2: STRIP - NAVPIČNI MET JAJCA

### 1.4.3 II. NEWTONOV ZAKON

Sila, ki povzroči spremembo gibanja telesa, je enaka kvocientu spremembe gibalne količine telesa in ustreznega časovnega razmika. Pri konstantni masi telesa sledi iz tega druga oblika zakona: sila, ki povzroči spremembo gibanja telesa, je enaka produktu mase in pospeška.

$$F = m \cdot a$$

# 1.5 RAZISKOVALNE METODE

## 1.5.1 DELO Z LITERATURO IN INTERNETOM

Najprimernejši kraj za pregled literature je knjižnica. Zato smo najprej obiskali knjižne police v fizikalni učilnici in šolsko knjižnico. Tam smo poiskali učbenike in leksikone. Prebrskali smo tudi več spletnih strani na internetu, kjer smo našli tudi članek: ***Met košarkarske žoge***, za razumevanje katerega, kakor tudi večine ostalih prispevkov, je bilo potrebno srednješolsko znanje matematike.

## 1.5.2 IZVEDBA EKSPERIMENTOV

Pri Izvedbi eksperimentov smo uporabili top za navpični in poševni met podjetja DIPRO iz Ljubljane. V njihovem prodajnem katalogu je učilo opisano takole:

»Omogoča navpični, poševni in vodoravni met kroglice določene mase z želeno silo in pod želenim kotom. Nastavitev kota je izvedena s pomočjo kotomera , silo napenjanja vzmeti pa je potrebno odčitati na cevi, na kateri je poleg merila sile tudi centimetrsko merilo. Vzmeti zaradi varnosti ni mogoče zaskočiti v napetem položaju in je potrebno ročno napenjanje in proženje iz želene točke.
Masa priložene steklene kroglice: 5g.
Masa priložene kovinske kroglice: 10g.
Sila vzmeti: do 25N.«[1]

**SLIKA 3: TOP ZA NAVPIČNI IN POŠEVNI MET**

Meritve ob izvajanju prostega meta smo izvedli v telovadnici OŠ Hudinja. Pri izvedbi nam je pomagala Polona Zalar, košarkarica ljubljanskega kluba ŽKD Ilirija in članica slovenske kadetske reprezentance.

[1] **DIPRO (Katalog izdelkov) DU13: Top za navpični in poševni met.**

### 1.5.3 SIMULACIJA POŠEVNEGA META

Rezultate eksperimentov s topom smo preverili s programom za računalniško simulacijo, ki smo ga našli na spletni strani: http://www2.arnes.si/~kvidma2/Ucila_GJV/meh/Meh_7/posevni_met.htm.

### 1.5.4 SNEMANJE

Met igralke na koš smo snemali z digitalno kamero JVC GR-DVL867EG. Prav tako smo posneli naše eksperimentalno delo.

### 1.5.5 OBDELAVA PODATKOV

Iz posnetega materiala smo napravili kratek film meta na koš v programu Microsoft Movie Maker. Iz narejenega filma smo naredili 12 zaporednih slik v programu Adobe Photoshop Elements. Teh 12 slik pa smo sestavili v eno s programom Mikrosoft Publisher. Pri obdelavi nam je pomagal g. Boštjan Štih.

### 1.5.6 FOTOGRAFIJA IN IZDELAVA POROČILA

Posamezne korake svojega dela smo fotografirali z digitalnim aparatom Canon EOS 300 D, slike pa obdelali na računalniku s programom Adobe Photoshop CS. S pomočjo fotografij smo določili tudi maksimalno višino meta. Pri fotografiranju nam je pomagal g. Matjaž Ciglar.

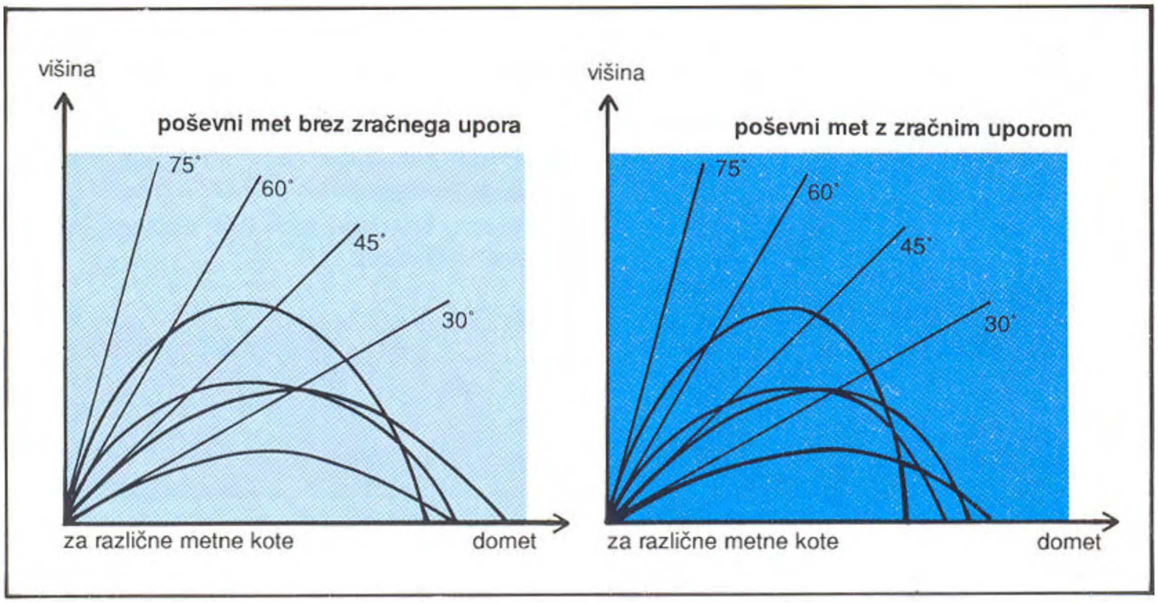
Pisno poročilo smo oblikovali s programom MS WordXP.

# 2 OSREDNJI DEL

## 2.1 REALIZACIJA CILJEV NALOGE

### 2.1.1 TEORETIČNI DEL

V ***Atlasu klasične in moderne fizike*** smo dobili delni odgovor na prvo raziskovalno vprašanje: Pod kakšnim kotom mora košarkar vreči žogo s prostega meta, da bo žoga čim hitreje zadela koš?



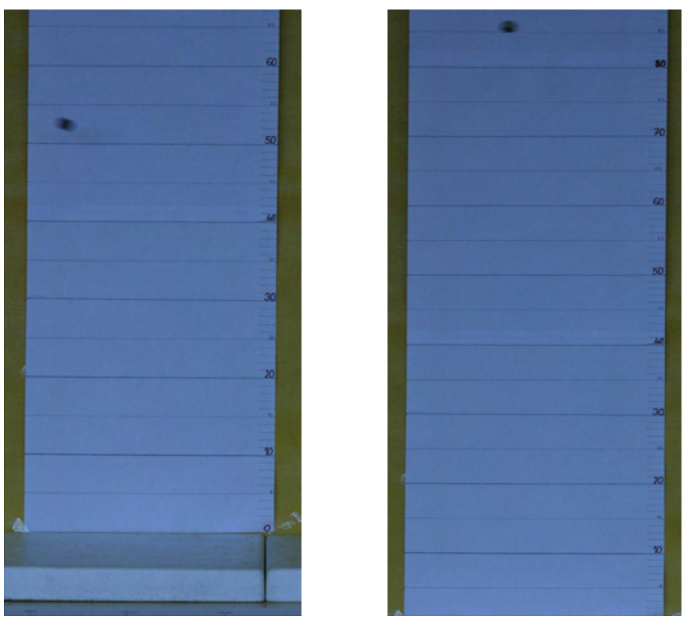

**SLIKA 4: TIR GIBANJA PRI POŠEVNEM METU**

Iz slike tira gibanja pri poševnem metu brez zračnega upora je razvidno, da je največji domet pri kotu $45^0$.

## 2.1.2 REZULTATI EKSPERIMENTALNEGA DELA

Najprej smo se lotili merjenja dometa, metne višine in časa leta kroglice s topom za navpični in poševni met. Na klopi smo nalepili dolžinsko merilo, kroglico smo obarvali, tako da je puščala odtis na stiroporu. Tudi za merjenje največje višine smo izdelali merilo in ga nalepili. Ker smo zelo težko določili metno višino, smo si pri tem pomagali s fotoaparatom. Čas smo merili s štoperico.

**SLIKA 5: EKSPERIMENTIRANJE S TOPOM ZA NAVPIČNI IN POŠEVNI MET**



**SLIKI 6 in 7: METNI VIŠINI PRI KOTIH $30^0$ IN $45^0$, DOLOČENI S FOTOAPARATOM**

Pri merjenju prihaja do sistematičnih in naključnih napak. Zato smo vsako meritev večkrat ponovili in izračunali povprečno vrednost. Pri računanju smo izločili najmanjšo in največjo vrednost. Da bomo meritve opravljali pri kotih $30^0$, $45^0$ in $60^0$ smo se odločili, da bi se izognili računanju s kotnimi funkcijami, če bi bilo potrebno izračunavati hitrosti v x in y smeri.

**REZULTATI MERITEV:**

| Kot $30^0$ | Domet [cm] | Metna višina [cm] | Čas leta kroglice [s] |
|---|---|---|---|
| **1.** poskus | ~~225~~ | ~~48~~ | ~~0, 61~~ |
| **2.** poskus | 260 | 50 | 0, 62 |
| **3.** poskus | 260 | 51 | 0, 64 |
| **4.** poskus | 265 | 52 | 0, 66 |
| **5.** poskus | 270 | 52 | 0, 67 |
| **6.** poskus | 275 | 55 | 0, 68 |
| **7.** poskus | 295 | 55 | 0, 69 |
| **8.** poskus | ~~345~~ | ~~56~~ | ~~0, 69~~ |
| Povpr. vrednost | 270,8 | 52.5 | 0 ,66 |

Izračun povprečnih vrednosti za kot $30^0$:

**DOMET**

$$\bar{x} = \frac{x_1 + x_2 + \ldots + x_6}{6}$$

$$\bar{x} = \frac{260cm + \ldots + 295cm}{6}$$

$$\bar{x} = \frac{1625cm}{6}$$

$$\underline{\bar{x} = 270.8\bar{3}\,cm}$$

**METNA VIŠINA**

$$\bar{h} = \frac{h_1 + h_2 + \ldots + h_6}{6}$$

$$\bar{h} = \frac{50cm + \ldots + 55cm}{6}$$

$$\bar{h} = \frac{315cm}{6}$$

$$\underline{\bar{h} = 52,5cm}$$

ČAS LETA KROGLICE

$$\bar{t} = \frac{t_1 + t_2 + \ldots + t_6}{6}$$

$$\bar{t} = \frac{0,62s + \ldots + 0,69s}{6}$$

$$\bar{t} = \frac{3,96s}{6}$$

$$\underline{\bar{t} = 0,66s}$$

Na podoben način smo izračunali povprečne vrednosti tudi za meta pod kotoma $45^0$ in $60^0$.

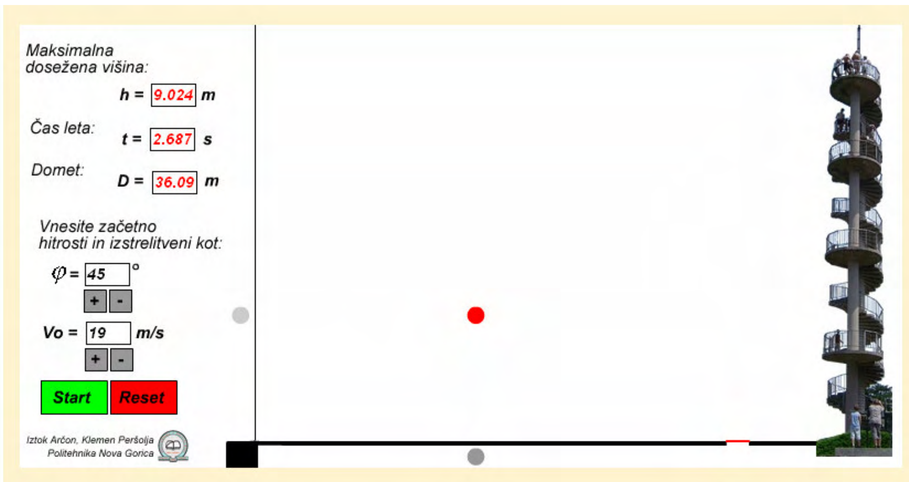
| Kot 45° | Domet [cm] | Metna višina [cm] | Čas leta kroglice [s] |
|---|---|---|---|
| 1. poskus | ~~305~~ | ~~67~~ | ~~0,73~~ |
| 2. poskus | 320 | 72 | 0,74 |
| 3. poskus | 325 | 77 | 0,79 |
| 4. poskus | 330 | 82 | 0,80 |
| 5. poskus | 330 | 84 | 0,86 |
| 6. poskus | 335 | 87 | 0,86 |
| 7. poskus | 335 | 87 | 0,87 |
| 8. poskus | ~~360~~ | ~~89~~ | ~~0,94~~ |
| Povpr. vrednost | 329,2 | 81,5 | 0,82 |

| Kot 60° | Domet [cm] | Metna višina [cm] | Čas leta kroglice [s] |
|---|---|---|---|
| 1. poskus | ~~260~~ | ~~96~~ | ~~0,96~~ |
| 2. poskus | 265 | 101 | 0,97 |
| 3. poskus | 265 | 101 | 0,98 |
| 4. poskus | 280 | 106 | 1,00 |
| 5. poskus | 280 | 106 | 1,02 |
| 6. poskus | 285 | 107 | 1,03 |
| 7. poskus | 290 | 108 | 1,05 |
| 8. poskus | ~~300~~ | ~~111~~ | ~~1,07~~ |
| Povpr. vrednost | 277,5 | 104,8 | 1,01 |

Tudi rezultati eksperimentov so pokazali, da je največji domet pri kotu 45°.

### 2.1.3 REZULTATI SIMULACIJE POŠEVNEGA META

Da bi preverili rezultate meritev s topom, smo naredili še simulacijo poševnega meta pri začetni hitrostih $v_o$ = 7 m/s in $v_o$ = 10 m/s. Pri obeh simulacijah smo izbrali kote
30°, 40°, 45°, 50°, 60° in 75°. Simulacijo smo našli na spletni strani: http://www2.arnes.si/~kvidma2/Ucila_GJV/meh/Meh_7/posevni_met.htm.




SLIKA 8: SIMULACIJA POŠEVNEGA META

**REZULTATI SIMULACIJE:**

**$v_o$ = 7 m/s**

| Kot | Metna višina [m] | Domet [m] | Čas leta [s] |
|---|---|---|---|
| 30° | 0.612 | 4.243 | 0.699 |
| 40° | 1.012 | 4.825 | 0.899 |
| **45°** | 1.224 | **4.899** | 0.989 |
| 50° | 1.437 | 4.825 | 1.072 |
| 60° | 1.837 | 4.243 | 1.212 |
| 75° | 2.285 | 2.450 | 1.352 |

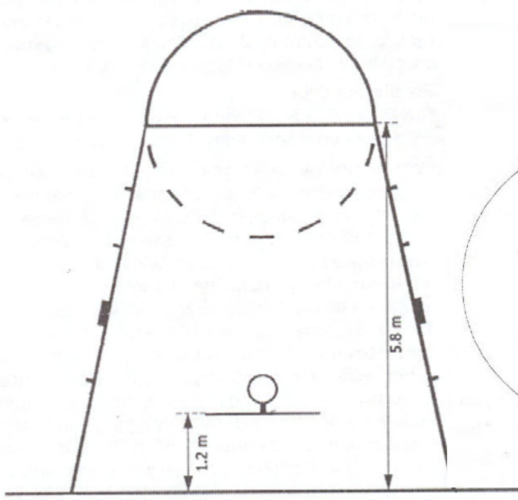
**$v_o$ = 10 m/s**

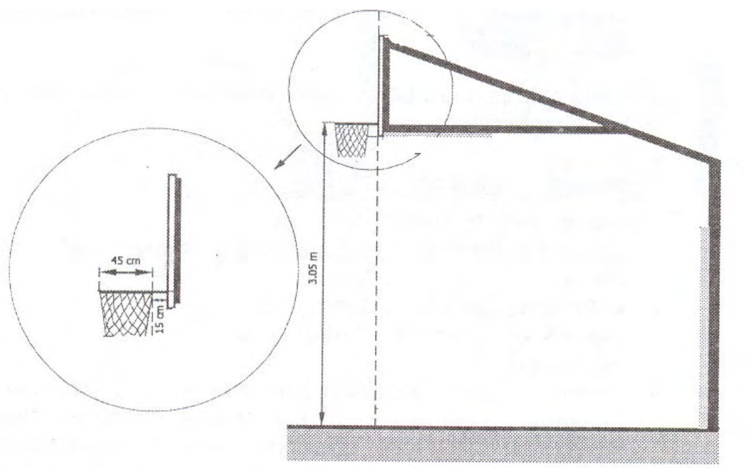
| Kot | Metna višina [m] | Domet [m] | Čas leta [s] |
|---|---|---|---|
| 30° | 1.249 | 8.660 | 0.999 |
| 40° | 2.065 | 9.848 | 1.285 |
| **45°** | 2.499 | **9.999** | 1.414 |
| 50° | 2.934 | 9.848 | 1.532 |
| 60° | 3.749 | 8.660 | 1.732 |
| 75° | 4.665 | 5.000 | 1.931 |

Tudi rezultati simulacij so pokazali, da je največji domet pri kotu 45°.

## 2.1.4 MERITVE IN IZRAČUNI IZMETNEGA KOTA, HITROSTI ŽOGE IN VELIKOSTI SILE ROKE PRI PROSTEM METU

Podatke o oddaljenosti črte prostih metov od obroča in višini obroča smo poiskali v Uradnih košarkarskih pravilih, prevod katerih je izdala Košarkarska zveza Slovenije.




**SLIKA 9: ODDALJENOST OBROČA OD ČRTE PROSTIH METOV**

**SLIKA 10: VIŠINA KOŠA**

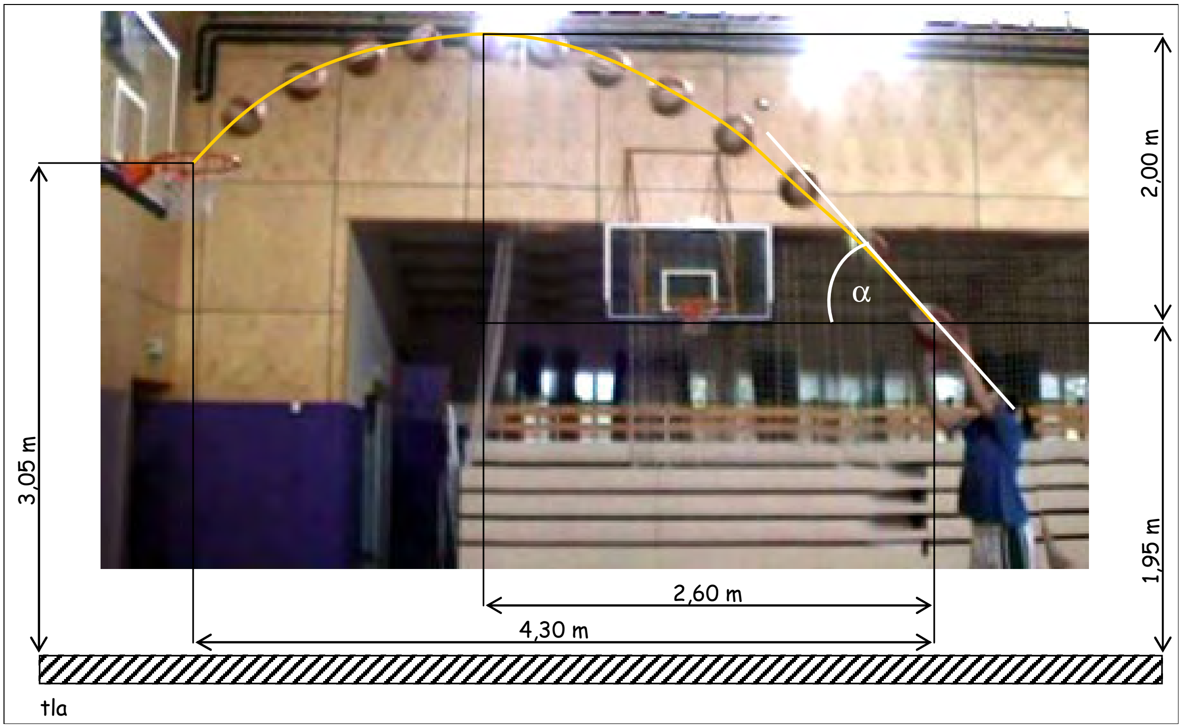
Čas leta žoge pri prostem metu je izredno kratek – približno 1 sekunda, zato so bile meritve s klasičnimi metodami (dolžinsko merilo, štoperica) izredno nenatančne. Odločili smo se, da met posnamemo s kamero. Iz filma smo naredimo več zaporednih slik, ki smo jih zložili eno na drugo. Tako smo dobili tir gibanja košarkarske žoge. Narisali smo ga tako, da smo povezali središča žog v posameznih legah.

S pomočjo razmerij med razdaljami smo lahko približno določili največjo višino, s pomočjo katere smo kasneje izračunali hitrost žoge. Zaradi perspektive kamere na sliki ni pravilno razmerje med dolžino in višino. Višino žoge tik pred izmetom pa smo izmerili z dolžinskim merilom.

Čas leta žoge smo dobili iz filma – v eni sekundi se zavrti 25 sličic, torej traja ena sličica 0,04 sekunde.

Maso žoge smo izmerili z digitalno tehtnico, ki tehta na 2 g natančno.

Kot, pod katerim igralka meč na koš, to je kot med horizontalo in tangento na tir žoge, smo izmerili s kotomerom.




SLIKA 11: GIBANJE ŽOGE PRI PROSTEM METU

**REZULTATI MERITEV:**

**m** (masa žoge) = 0,532 kg
**H** (metna višina) = 2,00 m
**D** (polovica dometa) = 2,60 m
$t_F$ (čas delovanja sile roke) = 0,08 s
$t_H$ (čas leta do najvišje točke) = 0,64 s
$\alpha$ (kot izmeta žoge) = $48^0$

## KOT META ŽOGE

Izmerjeni kot meta žoge je približno **$\alpha = 48^0$**.

HIPOTEZA 1:
Predvidevali smo, da bo pri največjem dometu žoga po najkrajši poti letela v koš. Tako se bo najmanj poznala morebitna napaka, storjena pri metu.

Rezultati meritev s topom za navpični in poševni met, rezultati simulacije poševnega meta in meritve kota izmeta pri prostem metu so ***potrdili*** našo hipotezo, da je najugodnejši kot meta žoge približno $45^0$, ker je pri tem kotu domet največji.

## HITROST ŽOGE

Čas dviga do metne višine in čas padanja nazaj do izhodišča sta pri poševnem metu enaka. Ker je v najvišji legi (metna višina) hitrost v y-smeri enaka 0, izračunamo končno hitrost $v_y$ iz obrazca za prosti pad. Končna hitrost v y-smeri je enaka začetni hitrosti v tej smeri $v_{0y}$.

$$v_{0y} = g \cdot t_H$$

$$v_{0y} = 10\frac{m}{s^2} \cdot 0{,}64s$$

$$\underline{v_{0y} \approx 6{,}4\frac{m}{s}}$$

Kot izmeta žoge je približno $45^0$, zato je začetna hitrost meta $v_0$ diagonala kvadrata, začetna hitrost v y-smeri pa njegova stranica (glej sliko 1).
Tako lahko izračunamo začetno hitrost žoge:

$$v_0 = \sqrt{2} \cdot v_{0y}$$

$$v_0 = 1{,}41 \cdot 6{,}4\frac{m}{s}$$

$$\underline{v_{0y} \approx 9\frac{m}{s}}$$

HIPOTEZA 2:
Oceno hitrosti žoge, ki smo jo zapisali v hipotezi, smo dobili iz predvidevanja, da žoga leti do koša približno 1,5 s in pri tem preleti razdaljo, ki je približno enaka polovici krožnice s premerom 5,8 m (razdaljo od prostega meta do roba igrišča za košem).

Rezultati meritev in izračunov so našo hipotezo, da je hitrost žoge pri metu je približno 6 m/s, ***delno potrdili.***

## VELIKOST SILE ROKE

Za računanje velikosti sile, s katero roka potisne žogo proti košu, smo uporabili drugi Newtonov zakon v drugi preobleki.

$$F = m \cdot a$$

$$F = m \cdot \frac{v_0}{t_F}$$

$$F = 0{,}53kg \cdot \frac{9\frac{m}{s}}{0{,}08s}$$

$$\underline{F \approx 60N}$$

HIPOTEZA 3:
Velikosti sile pri metu na koš smo ocenili iz lastnih izkušenj in ob ogledu deklet različnih starosti, ki so metale žogo na koš.

Hipotezo: <u>sila, s katero igralka vrže žogo proti košu, ni večja od 100 N</u>, so naše meritve in rezultati ***potrdili.***

# 3 ZAKLJUČEK

Z nalogo smo želeli pokazati, da je uspeh na športnem področju zelo povezan z znanjem in uporabo fizike. Že najosnovnejši element košarke, kot je met na koš, zajema veliko fizikalnih zakonitosti.

Zavedamo se, da je potrebno naše rezultate meritev vzeti z veliko rezerve. Časi leta kroglice in žoge so zelo kratki, zato je na natančnost rezultatov toliko bolj vplival reakcijski čas merilca. Prav tako smo nekatere razdalje določili s pomočjo razmerij dolžin daljic in ne z natančnim merjenjem.

Rezultati pa vseeno kažejo, da k dobremu rezultatu, poleg veliko ponovitev na treningu, prispeva tudi fizikalni pristop k izvedbi posameznega elementa. Ker lahko tako zmanjšamo nekoristno delo in porabo energije.

Ker je letos leto ženske košarke, smo meritve opravili z žensko košarkarsko žogo. V nadaljevanju naloge bi lahko primerjali rezultate pri fantih in dekletih, pa tudi pri različnih tehnikah meta.

Pa še naloga iz fizikalne zbirke za 1. in 2. letnik srednjih šol.
Košarkar vrže žogo z višine 2,1 m nad tlemi pod kotom $35^0$ glede na tla igrišča proti 12 m oddaljenemu košu, ki je 3,0 m nad tlemi.
S kolikšno hitrostjo mora vreči žogo, da zadene koš?[2]

**Na koncu bi se radi zahvalili vsem, ki so nam pri raziskovalnem delu pomagali. Gospodoma Matjažu Ciglarju in Boštjanu Štihu za pomoč pri uporabi sodobne AV tehnologije. Predvsem pa Poloni Zalar, košarkarici Ilirije iz Ljubljane in kadetski reprezentantki Slovenije, za potrpežljivost pri izvajanju preštevilnih prostih metov.**

[2] Hribar, M.: Mehanika in toplota. Zbirka nalog, stran 60, naloga 6.24.

# 4 VIRI IN LITERATURA

## 4.1 LITERATURA


1. Kladnik, R.: Fizika za srednješolce 1, Gibanje, sila, snov, 2. izdaja, DZS, Ljubljana 1994, strani 20 – 24, 42 – 54.
2. Breuer, H.: Atlas klasične in moderne fizike, DZS, Ljubljana 1993, strani 32 – 37.
3. Hafner, M. et al.: Uradna košarkarska pravila za moške in ženske, Somaru d.o.o, Ljubljana 2000, strani 10, 12 in 13.
4. Hribar, M.: Mehanika in toplota. Zbirka nalog, 4. izdaja, Modrijan, Ljubljana 2005, stran 60.


## 4.2 INTERNETNI NASLOVI


http://www2.arnes.si/~kvidma2/Ucila_GJV/meh/Meh_7/posevni_met.htm

http://www.dipro-sk.si/izdelki.php?izdelek=DU13

http://mara.pef.upr.si/mars2006/pdf/clanek4.pdf


## 4.3 VIRI SLIKOVNEGA MATERIALA

Slika 1: http://titan.ijs.si/Pulsed_ESR/fizika3-4ura.pdf (stran 7/2)

Slika 3: http://www.dipro-sk.si/izdelki.php?izdelek=DU13

Slika 4: Breuer, H.: Atlas klasične in moderne fizike, strani 34.

Slika 8: http://www.p-ng.si/~arcon/fizikawww/gradivo/zgledi-flash/posevni_met.htm

Slika 9: Hafner, M. et al.:Uradna košarkarska pravila …, stran 10.

Slika 10: Hafner, M. et al.:Uradna košarkarska pravila …, stran 13.

Ostale slike in fotografije so avtorske.

# 5 PRILOGE

MAtematično Raziskovalno Srečanje — MARS 2006, Koper

## Met košarkarske žoge

*Fiziko in matematiko je človek uporabljal že od prazgodovine. Žal se pri preprostem lučanju kamenja in sulic ni zavedal, kaj vse se skriva za preprostim gibom. Iz preučevanja tega giba se je skozi tisočletja razvila balistika. Že v rimskem času so morali vedeti, kakšen domet imajo katapulti. V večini primerov je torej balistika povezana z orožjem. V našem projektu pa se bomo osredotočili na šport, ki ga je leta 1891 izumil James Naismith. Zastavili smo si problem meta na koš. Imamo košarkaša, ki stoji na črti za izvajanje prostih metov. Znana je njegova višina, začetna hitrost, s katero mora vreči žogo, višina koša in razdalja, s katere se izvajajo prosti meti. Naš cilj je določiti kot, pod katerim je potrebno vreči žogo.*

### 1 Navpični met

Za reševanje težjega problema si bomo najprej ogledali model navpičnega meta, pri katerem se naš objekt giblje premočrtno. Denimo, da žogo zalučamo navpično navzgor. Edina sila, ki deluje na naš objekt, je gravitacijska sila. Uporabimo drugi Newtonov zakon o gibanju in dobimo enačbo $-F_g = ma$. Ugotovimo, da je pospešek žoge $a$ konstantno enak $-g$ (negativen predznak dodamo zato, ker je pospešek v nasprotni smeri gibanja), torej gre za enakomerno pospešeno gibanje. Znani sta nam enačbi:

$$v = v_0 + at \qquad (1)$$

$$s = s_0 + v_0 t + \frac{at^2}{2} \qquad (2)$$

$v$ pomeni hitrost, $v_0$ začetno hitrost, $t$ čas, $s$ pot, in $s_0$ začetno pot. S pomočjo enačb izračunamo maksimalno višino $H = v_0^2/2g$.

### 2 Poševni met

Sedaj bomo problem zastavili tako, da žogo vržemo v poševni smeri pod kotom $\alpha$ z začetno hitrostjo. Hitrost razstavimo na navpično in vodoravno komponento. S pomočjo enačbe (2) in enačbe za premo enakomerno gibanje $s = vt$ dobimo pozicijo središča žoge

$$T(v_0 t\cos\alpha, v_0 t\sin\alpha - \frac{gt^2}{2}) \qquad (3)$$

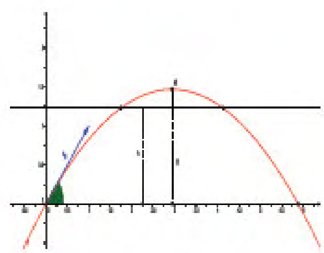
v odvisnosti od časa. Če iz abscise izrazimo čas in ga vstavimo v ordinato, dobimo zvezo:

$$y = (\tan\alpha)x - \left(\frac{g}{2v_0^2\cos^2\alpha}\right)x^2 \qquad (4)$$

Iz enačbe je razvidno, da se telo giblje po paraboli. Najvišjo točko leta izračunamo s pomočjo enačbe za absciso temena parabole in ugotovitve iz razdelka 1:

$$M\left(\frac{v_0^2}{g}\sin\alpha\cos\alpha, v_0^2\sin^2\alpha\right) \qquad (5)$$

Pri metu košarkarske žoge je cilj praviloma višje od točke izmeta.



Slika 1 Skica tirnice žoge

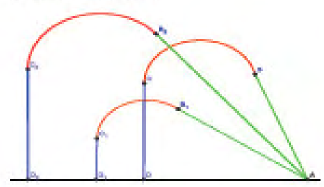
Iz slike je razvidno, da parabola seka vodoravno premico višine koša v dveh točkah. Če se torej vrnemo k prvotnemu problemu meta na koš, sta ob začetnih podatkih možni dve krivulji leta in s tem dva kota. Ena rešitev ne pride v poštev, saj bi se žoga približala obroču s spodnje strani. Želimo, da žoga prileti skozi koš, ko je že dosegla maksimalno višino. Z uporabo zveze in enačbe 4 dobimo končno formulo za izračun kota:

$$\tan\alpha = \frac{v_0^2}{gl}\left(1 \pm \sqrt{1 - \frac{g}{v_0^2}\left(2h - \frac{gl^2}{v_0^2}\right)}\right)$$

Ker je tangens naraščajoča funkcija in mi želimo večjega izmed kotov, izberemo seštevanje.

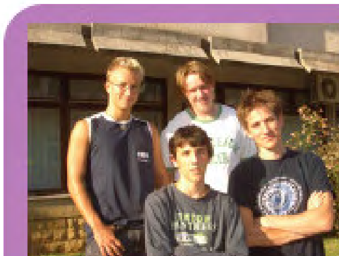
#### 2.1 Zanimivost

Niccolo Tartaglia je še leta 1550 v knjigi Nova znanost zagotavljal, da se telo pri poševnem metu giblje po nagnjeni premici, po delu kroga in po navpični premici. Leta 1638 je G. Gallilei pokazal, da se pri vodoravnem metu telo giblje po paraboli.



Slika 2 Tartaglieve tirnice

Viri:
Robert B. Banks: Ledene Gore, Padajoče domine - 2. del, DMFA zalozništvo, Ljubljana 2005
Janez Strnad: Razvoj fizike, DZS, Ljubljana, 1996



Avtorji projekta:
Anže Starič, Velike Lašče
Dominik Šurc, Solkan
Tomo Umer, Koper
Uroš Kuzman, Velenje (mentor)