

**Osnovna šola HUDINJA**



---

# **Ali se bumerang res vrne?**

**Avtorji: Nik KNAFELC, Amadej SENIČAR in Andrej ŽOHAR**

**Mentor: Jani ČEDE, predmetni učitelj matematike in fizike**

---

Mestna občina Celje, Mladi za Celje

Celje, 2008

## POVZETEK

Kljub temu da avstralski domorodci niso poznali zahtevne fizike, so za potrebe pri lovu izdelali orožje, ki se v primeru, da ne zadene cilja, vrne k lovcu - bumerang.

Tudi mi smo, s pomočjo fizikalnega znanja, izdelali svoj bumerang. Naučili smo se ga pravilno metati. Zapisali pa smo tudi nekaj osnovnih navodil za pravilen met.

S pomočjo ustrezne literature smo ugotovili, zakaj se bumerang vrne in preverili, ali so bili res avstralski Aborigini prvi, ki so ga uporabljali.

Eksperimentalno smo preverili, ali lahko s spreminjanjem hitrosti povečamo dolžino leta, ter izračunali velikost Magnusove sile, ki povzroči, da se bumerang vrne.

Veliko težav smo imeli pri določanju hitrosti bumeranga, ker se giblje izredno hitro. Zato smo si pomagali s snemanjem leta. Iz filma smo naredili več zaporednih slik, ki smo jih zložili drugo na drugo in tako dobili potrebne podatke.

## KAZALO

<b>POVZETEK</b>	<b>2</b>
<b>KAZALO</b>	<b>3</b>
<b>KAZALO SLIKOVNEGA GRADIVA IN PRILOG</b>	<b>4</b>
<b>1 UVOD</b>	<b>5</b>
1.1 CILJI RAZISKAVALNE NALOGE	5
1.2 RAZISKOVALNA VPRAŠANJA	5
1.3 HIPOTEZE	5
1.4 TEORETIČNA IZHODIŠČA	6
1.4.1 Zgodovina bumeranga	6
1.4.2 Magnusov pojav	7
1.4.3 Obodna in kotna hitrost	8
1.5 RAZISKOVALNE METODE	9
1.5.1 Delo z literaturo in internetom	9
1.5.2 Izdelava bumeranga	9
1.5.3 Met bumeranga	9
1.5.4 Snemanje	9
1.5.5 Obdelava podatkov	9
1.5.6 Fotografija in izdelava poročila	9
<b>2 OSREDNJI DEL</b>	<b>10</b>
2.1 REALIZACIJA CILJEV NALOGE	10
2.1.1 Izdelava bumeranga	10
2.1.2 Navodilo za pravilen met	12
2.1.3 Met bumeranga	13
2.1.4 Meritve in izračuni hitrosti in Magnusove sile	14
<b>3 ZAKLJUČEK</b>	<b>17</b>
3.1 TEKMOVALNE IGRE IN IGRE ZA ZABAVO	17
<b>4 VIRI IN LITERATURA</b>	<b>18</b>
4.1 LITERATURA	18
4.2 INTERNETNI NASLOVI	18
4.3 VIRI SLIKOVNEGA MATERIALA	18
<b>5 PRILOGA</b>	<b>19</b>

## KAZALO SLIKOVNEGA GRADIVA IN PRILOG

Sli ka 1: Močan odklon kot posledica delovanja Magnusove sile	7
Sli ka 2: Smer Magnusove sile pri metu bumeranga	7
Sli ka 3: Nastanek Magnusove sile pri letu krogle (žoge)	7
Sli ka 4: Preri sovanje načrta	10
Sli ka 5: Žaganje	10
Sli ka 6: Grobo brušenje	11
Sli ka 7: Fino brušenje	11
Sli ka 8: Naši bumerangi	11
Sli ka 9: Kako držimo bumerang	12
Sli ka 10: Vertikalni kot meta	12
Sli ka 11: Hori zontalni kot meta	12
Sli ka 12: Kot meta glede na smer vetra	12
Sli ka 13: Bumerangova kri vulja leta	13
Pri loga 1: Načrt za izdelavo trokrakega bumeranga	19

## 1 UVOD

Mladi veliko časa preživijo pred računalnikom. Nekateri spoznavajo nove prijatelje preko "spletne klepetalnice", drugi igrajo igrice in tretji brskajo po internetu. Tudi sam sem se nekega dne dolgočasil in iskal po internetu nekaj zanimivega. Slučajno sem odprl spletno stran: [http://www.dailymotion.com/video/xeuic\\_bumerang](http://www.dailymotion.com/video/xeuic_bumerang) in se navdušil nad bumerangom. Doma sem izbrskal zaprašena bumeranga in se takoj odpravil na travnik, kjer sem ju poskusil vreči tako, da bi se vrnila. Pri tem nisem bil najbolj uspešen, zato sem poklical prijatelja Amadeja in Andreja. Ker tudi onadva nista uspela vreči bumeranga tako, da bi se vrnil, smo imeli veliko vprašanj in idej. Ob vseh teh vprašanjih se nismo mogli upreti izzivu in smo z velikim zanimanjem začeli raziskovati.

### 1.1 CILJI RAZISKOVALNE NALOGE

Zastavili smo si naslednja cilja:

- Izdelali bomo svoj bumerang.
- Naučili se bomo pravilno metati bumerang in izdelali navodila za pravičen met.

### 1.2 RAZISKOVALNA VPRAŠANJA

Ves čas nas je mučilo naslednje vprašanje:

- Zakaj se bumerang vrne?

### 1.3 HIPOTEZI

- Z večjo hitrostjo bumeranga povečamo tudi dolžina meta (polmer krožnice, po kateri leti bumerang).
- Sila, ki povzroči, da se bumerang vrne, je približno 1 N.

## 1.4 TEORETIČNA IZHODIŠČA

### 1.4.1 ZGODOVINA BUMERANGA

Klasičen bumerang za boj in lov se (kljub splošnemu zmotnemu mnenju) ni vračal k metalcu. Njegov namen je bil, da leti dlje, v bolj ravni črti in da zanesljiveje zadene cilj kot ravna palica. Iz tega razloga je imela avstralska vojska med I. svetovno vojno tudi ročne granate v obliki bumeranga.

Ti lovski bumerangi, poimenovani kajlii, so približno tri čevlje<sup>1</sup> dolgi in imajo debelino tri do štiri palce<sup>1</sup>. Podobni so veliki banani, saj njihova masa znaša preko 1 kg. Letijo lahko tudi do 200 jardov<sup>1</sup>. Te palice so bile najdene v mnogih državah po svetu: Egipt, Indija, Poljska, Nizozemska in seveda Avstralija. Najstarejši kajli je bil najden na Poljskem, in je star približno 20.000 let. Narejen pa je bil iz mamutovega okla.

Izvor bumeranga, ki se vrača, ni dokazan. Skupno prepričanje pa je, da izhaja iz Avstralije. To vemo predvsem zato, ker so našli tam ogromno bumerangov, ki se vračajo, drugod po svetu pa ne. Verjetno je nastal tako, ko je eden od Aboriginov (prvotnih prebivalcev Avstralije) oblikoval majhno, lahko in malo bolj zaokroženo palico, kot tisto, ki jo je ponavadi uporabljal. Ko jo je preizkusil, je ugotovil, da ni letela naravnost, ampak se je začela vračati k njemu. Ali je bil bumerang narejen po naključju ali z namenom, tega nihče ne ve. Glede na zahtevne fizikalne zakonitosti leta, ki so jih odkrili mnogo kasneje, lahko z zanesljivostjo sklepamo, da je bil izdelan zgolj po naključju.

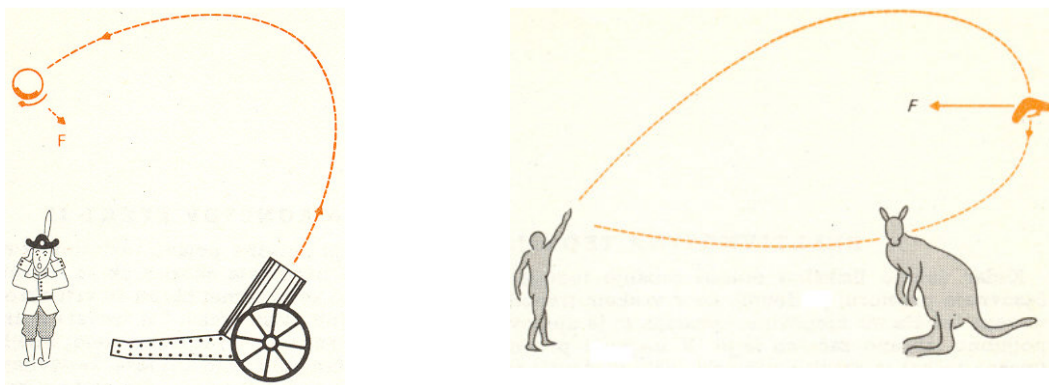
Bumerange so včasih uporabljali kot igrače, za šport in kot orodje pri vseh mogočih opravilih. S kajlii in bumerangi so iz zemlje kopali korenine za prehrano, uporabljali so jih kot orodje za kuhanje, kot glasbila in za metanje.

---

<sup>1</sup> čevlj (foot) = 0,3048 m, palec (inch) = 0,0254 m in jard (yard) = 0,914 m

## 1.4.2 MAGNUSOV POJAV

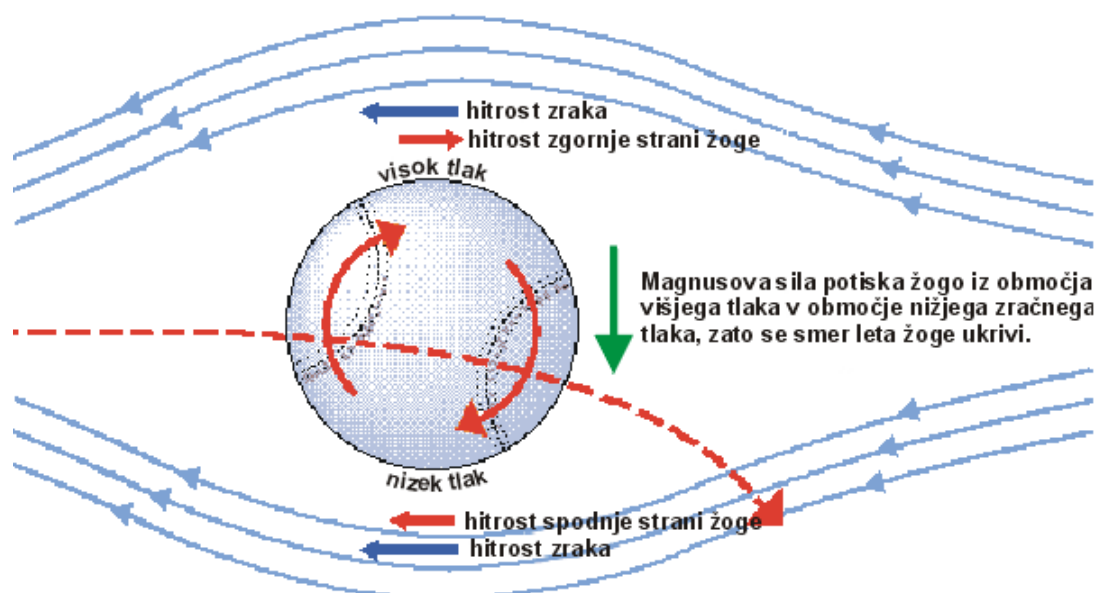
*Magnusov pojav*<sup>2</sup> opazimo pri vrtečih se telesih v toku (v našem primeru zraku). Nemški fizik Gustav MAGNUS je leta 1852 rešil uganko, zakaj se je krogla, izstreljena iz gladke topovske cevi (brez žlebov), začela vrteti in je padla na tla za topom. Berlinska Akademija znanosti mu je zaradi te ugotovitve podelila nagrado.



SLIKA 1: MOČAN ODKLON KOT POSLEDICA DELOVANJA MAGNUSOVE SILE

SLIKA 2: SMER MAGNUSOVE SILE PRI METU BUMERANGA

Ugotovil je, da je osnova tega pojava efekt, ki nastopi ob prekrivanju dveh različnih vrst snovnih tokov - premega in vrtinčastega toka. Pri vrtinčastem opisujejo osnovni delci krožnice, pri premem pa se gibljejo premočrtno. Hitrost obeh gibanj se pri dani smeri zraka nad vrtincem odšteva, a pod vrtincem sešteva.



SLIKA 3: NASTANEK MAGNUSOVE SILE PRI LETU KROGLE (ŽOGE)

<sup>2</sup> Kako deluje 1, stran 36.

Posledica tega je zgoščevanje zraka na zgornjem delu vrtnca in razredčevanje v spodnjem delu. Razlika v gostoti zraka povzroči razliko tlakov in s tem silo (Magnusovo silo), ki potiska rotirajoče telo pravokotno na smer zraka.

Vse te ugotovitve veljajo tudi za bumerang. Če želimo, da se bumerang vrne (približno opiše krožnico), morata biti kotna hitrost bumeranga ( $\omega$ ) in obodna hitrost kroženja ( $V$ ) v naslednji povezavi, pri čemer je ( $l$ ) dolžina kraka bumeranga:

$$V = \sqrt{\frac{2}{3}} \omega l^3$$

Magnusovo silo izračunamo po obrazcu, pri čemer je ( $m$ ) masa telesa in ( $R$ ) polmer približne krožnice, po kateri se giblje bumerang:

$$F_M = \frac{mV^2}{R}$$

### 1.4.3 OBODNA IN KOTNA HITROST

Med kroženjem se dolžina loka, ki ga opiše krožeče telo, spreminja s časom. Tej spremembi poti s časom pravimo **obodna hitrost** ( $v$ ).

**Kotna hitrost** ( $\omega$ ) meri zasuk pri vrtenju v časovni enoti. Enota za merjenje kotne hitrosti je  $s^{-1}$  ali Hz (hertz). Čas, v katerem naredi telo en vrtljaj, imenujemo obhodni čas ( $t_o$ ).

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

Obodna in kotna hitrost sta linearno povezani. Povezuje ju polmer ( $r$ ) krožnice, ki jo telo opiše.

$$v = r\omega$$

<sup>3</sup> <http://sl.wikipedia.org/wiki/Bumerang>, Povezave in pogoji



## 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 kar nekaj člankov in videoposnetkov.

### 1.5.2 IZDELAVA BUMERANGA

Najprej smo izdelali mali bumerang, in sicer iz tršega kartona. Nato smo narisali vsak svoj načrt za tri različne bumerange, ki smo jih v delavnici gospoda Martina Volavška tudi izdelali.

### 1.5.3 MET BUMERANGA

Prve mete, sicer neuspešne, smo opravili na letališču v Levcu. Nato smo veliko vadili v bližini svojih domov. Zaključne mete s snemanjem pa smo opravili v šolskem parku.

### 1.5.4 SNEMANJE

Met bumeranga smo posneli 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 leta bumeranga v programu Microsoft Movie Maker. Iz narejenega filma smo naredili 18 zaporednih slik v programu Adobe Photoshop Elements. Teh 18 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 S2 IS, slike pa obdelali na računalniku s programom Adobe Photoshop CS. Pri fotografiranju in snemanju nam je pomagal g. Aleš KNAFELC. Pisno poročilo smo oblikovali s programom MS WordXP.

## 2 OSREDNJI DEL

### 2.1 REALIZACIJA CILJEV NALOGE

#### 2.1.1 IZDELAVA BUMERANGA

Bumerange smo izdelovali v Štorah, kjer ima gospod Martin Volavšek modelno mizarstvo. Pri delu sta nam pomagala gospoda Martin Volavšek in Zdravko Seničar.

Izdelali smo tri različne bumerange (vsak svojega), vendar smo pri kasnejših meritvah uporabljali le trokrakega, ki je edini priletel nazaj.

Najprej smo na papir narisali načrte in jih prerisali na 5 mm vezano ploščo. Nato smo z veliko in z malo krožno žago bumerange na grobo izžagali.



SLIKA 4: PRERISOVANJE NAČRTA



SLIKA 5: ŽAGANJE

Na brusilnem stroju smo jih grobo obrusili. Največ časa pa smo porabili za piljenje in fino brušenje s smirkovim papirjem. Drobne luknjice smo zakitali s kitom za les. Na koncu smo bumerang, ki pravilno leti, zaščitili z zaščitnim premazom.



SLIKA 6: GROBO BRUŠENJE



SLIKA 7: FINO BRUŠENJE



SLIKA 8: NAŠI BUMERANGI

CILJ 1: Izdelali bomo svoj bumerang.

*Z izdelavo treh bumerangov, od katerih le en pravilno leti, smo uresničili naš prvi zastavljeni cilj.*

## 2.1.2 NAVODILA ZA PRAVILEN MET

Bumerang pri mi tako, da bo ploščata spodnja stran bumeranga v tvoji roki. Bumerang pri mi kot svinčnik - s palcem, kazalcem in sredincem.



SLIKA 9: KAKO DRŽIMO BUMERANG



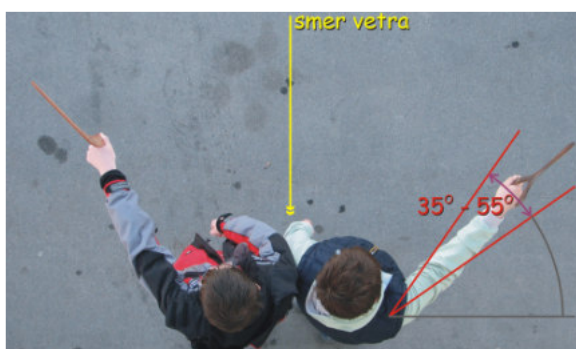
Pri metu bodi pozoren na to, da vržeš bumerang vedno čez ramo in ne pod njo. Bumerang naj bo pri metu nekoliko nagnjen od navpičnice. Kot naj ne presega  $45^{\circ}$ . Če si desničar, ga moraš metati pod kotom, ki ga urni kazalec opiše med dvanajsto in poldrugo uro, levičar pa med pol enajsto in dvanajsto.

SLIKA 10: VERTIKALNI KOT META

Pri izmetu moraš bumerang nekoliko dvigniti nad horizont, in sicer pod kotom  $5^{\circ}$  -  $15^{\circ}$ . Če vržeš bumerang prenizko, se bo dotaknil tal, če pa ga vržeš previsoko, se bo dvignil pod nebo in bo spremenil smer.



SLIKA 11: HORIZONTALNI KOT META



Pred metom preveri smer in hitrost vetra. Obrni se proti vetru in bumerang vrzi pod kotom  $35^{\circ}$  -  $55^{\circ}$  glede na smer vetra. Če je veter močan, mora biti kot velik, če je veter šibek, mora biti kot manjši.

SLIKA 12: KOT META GLEDENA NA SMER VETRA

### 2.1.3 MET BUMERANGA

Veliko časa smo porabili, da smo se bumerang naučili pravilno metati. Kljub nekaj sto poskusom, pravilno vržemo le približno vsak peti met. Najprej smo trenirali na letališču Levec, ker pa smo ugotovili, da bumeranga nikakor ne moremo vreči dlje od 40 m, smo nadaljevali v bližini doma. Posnetek smo napravili v šolskem parku.

Iz posnetega materiala smo napravili kratek film krivulje leta, iz katerega smo naredili 18 zaporednih slik v časovnem razmaku 0,3 sekunde. Teh 18 slik pa smo sestavili v eno. Na žalost se bumerang v večini leg zelo slabo vidi. To pa zato, ker ima "varovalno" rjavo barvo. Prihodnjič bomo morali biti na to bolj pozorni. Nekoliko bolj je bumerang opazen na filmu.



SLIKA 13: BUMERANGOVA KRIVULJA LETA

CILJ 2: Naučili se bomo pravilno metati bumerang in izdelali navodila za met.

*Tudi ta cilj smo uresničili, čeprav bomo potrebovali še veliko treninga, da nam bo uspel vsak met.*

RAZISKOVALNO VPRAŠANJE 1: Zakaj se bumerang vrne?

*Bumerang se vrne zaradi Magnusovega efekta (Natančno razlago si oglej v teoretičnem delu na strani 7.).*

### 2.1.4 MERITVE IN IZRAČUNI HITROSTI IN MAGNUSOVE SILE

Hitrost bumeranga je zelo velika, zato smo število vrtljajev v časovni enoti (frekvenco) določili s pomočjo kamere. V eni sekundi je posnela 25 sličic, torej traja ena slička 0,04 sekunde.

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

Pri določanju polmera krivulje (krožnice), po kateri leti bumerang, smo si pomagali s palicami, ki smo jih postavili na vsaka 2 metra.

Vse meritve in rezultate smo zaokrožili.

#### REZULTATI MERITEV:

$$m \text{ (masa bumeranga)} = 0,07 \text{ kg}$$

$$R \text{ (polmer krožnice leta bumeranga)} = 15 \text{ m}$$

$$t \text{ (čas leta bumeranga)} = 6 \text{ s}$$

$$l \text{ (dolžina kraka bumeranga)} = 0,16 \text{ m}$$

$$t_o \text{ (obhodni čas kroženja bumeranga)} = 0,07 \text{ s}$$

#### HITROST BUMERANGA

Obodno hitrost bumeranga smo določili na dva načina:

A) z merjenjem frekvence in izračunom,

B) z izračunom s pomočjo obrazca, ki povezuje hitrost kroženja in hitrost leta bumeranga.

#### A) Določanje obodne hitrosti bumeranga z merjenjem obodnega časa.

Iz posnetka kroženja bumeranga smo ugotovili, da se v 0,2 s zavrti 3-krat okoli svoje osi, torej je njegov obhodni čas:  $t_o = 0,2s : 3 = 0,07s$ .

Iz dobljenih podatkov izračunamo:

Kotno hitrost bumeranga:

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

$$\omega = \frac{2 \cdot 3,14}{0,07s}$$

$$\omega = \underline{90 \text{ s}^{-1}}$$

Obodna hitrost bumeranga:

$$v = l\omega$$

$$v = 0,16m \cdot 90s^{-1}$$

$$v = \underline{15 \frac{m}{s}}$$

B) Določanje obodne hitrosti bumeranga s pomočjo obrazca, ki povezuje hitrost kroženja in hitrost leta bumeranga.

Ker je obodna hitrost  $v = l\omega$  preoblikujemo obrazec  $V = \sqrt{\frac{2}{3}}\omega l$  v  $V = \sqrt{\frac{2}{3}}v$ .

Iz obrazca izrazimo:  $v = \frac{V}{\sqrt{\frac{2}{3}}}$ .

Nato izračunamo:

Hitrost leta bumeranga:

$$V = \frac{s}{t}$$

$$V = \frac{2\pi R}{t}$$

$$V = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 15m}{6s}$$

$$V = \underline{\underline{16 \frac{m}{s}}}$$

Obodna hitrost bumeranga:

$$v = \frac{V}{\sqrt{\frac{2}{3}}}$$

$$v = \frac{16 \frac{m}{s}}{\sqrt{\frac{2}{3}}}$$

$$v = \underline{\underline{19 \frac{m}{s}}}$$

Izračunani obodni hitrosti sta približno enaki (v mejah natančnosti meritev).

Odvisnost dolžine meta od hitrosti smo poskušali izmeriti tako, da smo spreminjali velikost sile, s katero vržemo bumerang. Polmeri krožnic so bili med 13 in 18 m. Ker nismo našli povezave med tema količinama, smo si pomagali z literaturo.

HIPOTEZA 1: Z večjo hitrostjo bumeranga povečamo tudi dolžina meta (polmer krožnice, po kateri leti bumerang).

"Spoznamo, da je radij kroženja bumeranga odvisen le od mase, dolžine krila ter koeficienta upora, ki so vsi parametri izdelave bumeranga. Metalec bumeranga tako v teoriji na radij kroženja nima vpliva."<sup>4</sup>

*Hipotezo 1 smo tako ovrgli.*

<sup>4</sup> <http://sl.wikipedia.org/wiki/Bumerang>, Povezave in pogoji

## MAGNUSOVA SILA

Iz izmerjenih podatkov (masa in polmer leta bumeranga) ter izračunane hitrosti leta bumeranga smo izračunali magnusovo silo.

$$F_M = \frac{mV^2}{R}$$

$$F_M = \frac{0,07kg \cdot (16 \frac{m}{s})^2}{15m}$$

$$\underline{\underline{F_M = 1,2N}}$$

HIPOTEZA 2: Sila, ki povzroči, da se bumerang vrne, je približno 1 N.

Velikost sile smo ocenili glede na izračun sile, s katero spremeni nogometna žoga smer v članku Nogometna fizika.<sup>5</sup>

*Hipotezo 2 smo potrdili.*

---

<sup>5</sup> <http://www.kvarkadabra.net/article.php/Nogometna-fizika>



### 3 ZAKLJUČEK

Bumerang - preprosta palica, ki "ima" ogromno fizikalnega znanja. Prepričani smo, da so prvi bumerang izdelali po naključju. Zavedamo se, da je potrebno naše rezultate vzeti z veliko rezerve. Za natančnejše proučevanje imamo premalo natančne merske priprave in tudi premalo znanja. Kljub temu pa smo spoznali in preverili nekatere zanimive fizikalne zakonitosti. Prvotna zamisel je bila, da primerjamo lastnosti bumerangov različnih oblik. Ker nismo uspeli narediti treh različnih bumerangov, ki bi pravilno leteli, smo načrt nekoliko spremenili.

Še danes športni navdušenci v različnih državah sveta tekmujejo v metanju bumerangov. Če imaš čas, nekaj spretnosti in denarja, si kupi svoj bumerang, in se poižkusi v eni od naslednjih iger. Veliko uspeha!

#### 3.1 TEKMOVALNE IGRE IN IGRE ZA ZABAVO<sup>6</sup>

**Točnost:** oseba vrže bumerang in ga pusti pristati. Tisti, ki je po petih metih najbližje, zmaga.

**Udarec:** enako kot pri točnosti, samo da tokrat lahko udarimo bumerang preden pade na tla in mu tako pomagamo pristati čim bližje tarči.

**Samomor:** veliko oseb vrže bumerange naenkrat, zmaga tisti, ki jih ujame največ. Igra je bolj zanimiva, ko je več metalcev, je pa tudi zelo nevarna.

**Golf:** na polju naredimo luknje kot pri golfu in jih označimo z zastavico. Ko vržemo bumerang, izmerimo oddaljenost bumeranga od luknje. To ponovimo večkrat in zapisujemo rezultate. Zmaga tisti, ki ima najbližje mete.

**Hitri ujem:** tekmovalec vrže in ujame bumerang petkrat v čim krajšem možnem času. Dolžina meta mora biti najmanj 20 jardov.

**Maksimalen čas meta:** bumerang mora biti v zraku čim dlje časa. Svetovni rekord je 1 minuta in 40 sekund.

**Vztrajnost:** igralci mečejo bumerange pet minut. Tisti, ki v tem času največkrat vrže in ujame svoj bumerang, je zmagovalec.

**Žongliranje:** igralec uporablja dva enaka bumeranga. Meče ju s časovnim zamikom in sicer tako, ko je prvi v zraku, vrže drugega, ko je drugi v zraku, ulovi prvega in ga ponovno vrže.

---

<sup>6</sup> [http://www.bumerangy.com/throw\\_en.php](http://www.bumerangy.com/throw_en.php)

## 4 VIRI IN LITERATURA

### 4.1 LITERATURA

1. Breuer, H.: Atlas klasične in moderne fizike, DZS, Ljubljana 1993, strani 72 - 73.
2. Kako deluje 1, prenovljena in dopolnjena izdaja, TZS, Ljubljana 1982, strani XI, 36 - 39.
3. Kladnik, Fizika za srednješolce 1, Gibanje sila in snov, DZS, Ljubljana 1994, stran 64.

### 4.2 INTERNETNI NASLOVI

4. [http://www.dailymotion.com/video/xeuic\\_bumerang](http://www.dailymotion.com/video/xeuic_bumerang)
5. <http://sl.wikipedia.org/wiki/Bumerang>
6. <http://www.kvarkadabra.net/article.php/Nogometna-fizika>
7. <http://en.wikipedia.org/wiki/Boomerang>
8. [http://www.bumerangy.com/throw\\_en.php](http://www.bumerangy.com/throw_en.php)

### 4.3 VIRI SLIKOVNEGA MATERIALA

Slika 1: Kako deluje 1, prenovljena in dopolnjena izdaja, stran 37.

Slika 2: Kako deluje 1, prenovljena in dopolnjena izdaja, stran 39.

Slika 3: <http://www.kvarkadabra.net/article.php/Nogometna-fizika>

Ostale slike in fotografije so avtorske.