

Istraživački usmjerena nastava fizike na *Bungee jumping* primjeru temeljena na analizi video snimke

Berti Erjavec

Institut za fiziku, Zagreb

Sažetak. Istraživački usmjerena nastava fizike ima veću učinkovitost u učenju i poučavanju od klasične "predavačke" nastave, jer učenika stavlja u središte obrazovnog procesa pri čemu on preuzima aktivnu ulogu "istraživača". Takav način rada s učenicima zahtijeva odličnu organizaciju i dodatne resurse, što može predstavljati otegotnu okolnost. *Bungee jumping*, tj. skok pomoću elastičnog užeta, je vrsta adrenalinske zabave koja privlači pažnju mladih, a u sebi sadrži mnoštvo mogućnosti za proučavanje različitih fizikalnih zakonitosti. Ideja je da na tom primjeru, koji je atraktivan za učenike, prikazemo različite mogućnosti istraživanja u kinematici i dinamici. Za tu priliku konstruirali bismo jednostavan mehanički model skakača na elastičnom užetu gdje bismo mogli mijenjati osnovne parametre – masu skakača, duljinu elastične niti i visinu, te promatrati učinke analizom video zapisa. Video zapis radili bismo fotoaparatom ili kamerom mobitela, a analizu bismo radili pomoću besplatnog programa *Tracker* za video analizu gibanja.

Ključne riječi: *Bungee jumping physics*, Istraživački usmjerena nastava fizike, Zakon očuvanja energije, Video analiza gibanja, *Tracker*

UVOD

Radionica je zamišljena tako da se jedan kompleksan fizikalni problem, kao što je *bungee jumping*, istražuje i analizira na način da se na tom primjeru mogu izvesti ili primijeniti odabrani fizikalni zakoni. Pri tome će rad biti frontalan, te će se nastavnici tijekom radionice postavljati u ulogu istraživača (učenika), ali i u ulogu nastavnika. U istraživačkoj nastavi taj je odnos ravnopravan, što će i sami uvidjeti. Od nastavnih sredstava koristit ćemo model skakača (slika 3), kamere na mobitelima, računalo s projektorom i računalne programe *Tracker* i *GeoGebra*.



SLIKA 1. Skokovima na otoku Vanuatu muškarci dokazuju svoju hrabrost i muževnost, te su preteča modernog bungee jumpinga. Video je dostupan na adresi <https://youtu.be/Rz5oO1irNes> (14.3.2017.)isticanje pojedinih područja. (slika preuzeta s <http://hubblesite.org> [4]).

OTVARANJE PROBLEMA

Skok s pomoću elastičnog užeta (*engl. bungee jumping*) sigurno je adrenalinska zabava koja će privući pažnju svakog učenika. Za uspješnu istraživačku nastavu potrebno je osigurati odgovarajuću poticajnu okolinu. U tu svrhu za otvaranje teme odabrao sam snimku skoka s otoka Vanuatu, odakle je potekla sama ideja koja se kasnije proširila svim kontinentima.

Slijedeći atraktivni video (slika 2) predstavlja najviši *bungee* skok na svijetu s

tornja visine 233 m u kineskom gradu Macao. Oba video priloga služe nam za motivaciju, ali i postavljanje ključnih pitanja, odnosno problema koji su vezani uz skokove.



SLIKA 1. Najviši skok na svijetu s visine od 233 metra izvodi se s tornja u gradu Macao, Kina. Video je dostupan na adresi <https://youtu.be/bKuKfY618Oo> (14.3.2017.)

PRIKUPLJANJE IDEJA

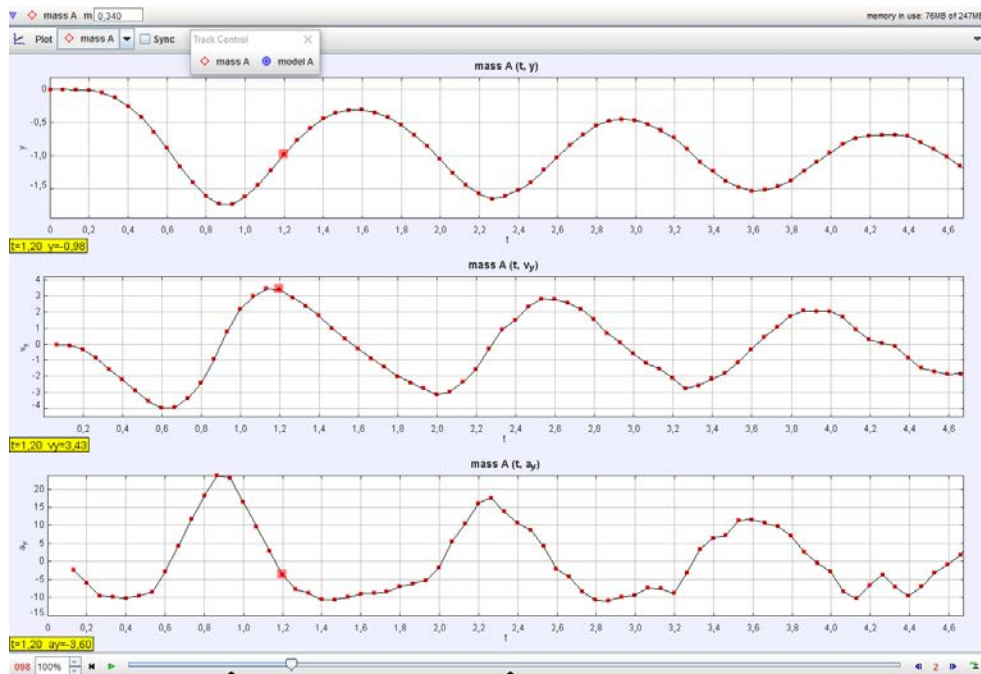
Promatrajući moderne skokove s elastičnim užetom (*bungee jumping* nije prevodivo na hrvatski jezik) svakog čovjeka prođu trnci i vjerojatno se upita: Da li bih ja to mogao? Bili vi fizičar ili ne, vrlo vjerojatno će vam kroz glavu prostrujati mnoga pitanja. Nastavnici će biti zamoljeni da zapišu pitanja koja su važna za izvođenje skokova. Kroz diskusiju ćemo se zajedno odlučiti za nekoliko najvažnijih pitanja na koja ćemo poslije pokušati dati odgovor. Za svako pitanje nastavnici će predložiti način istraživanja kako bi došli do odgovora, te predložiti potrebnu opremu.

POKUS

Model skakača (slika 3) koji je pripremljen je okosnica istraživanja koje će se provoditi. Ipak, brzo će uočiti da je analiza gibanja skakača mnogo uspješnija ako se gibanje snimi, pa makar i običnom kamerom na mobitelu. Video snimku s mobitela prebacit ćemo na računalo s projektorom, da bi zajedno mogli bolje pratiti gibanje skakača. Zatim ćemo iskoristiti slobodni program *Tracker* [3] za analizu gibanja skakača, te će nam on olakšati istraživanje i dati odgovore na mnoga pitanja. Također, koristit ćemo program *GeoGebra* [4] za matematičku analizu dobivenih rezultata. Dobiveni rezultati analize gibanja pomoću programa *Tracker* prikazani su na slici 4. Gornji graf prikazuje položaj skakača u odnosu na ishodište, u sredini je brzina gibanja skakača, a donji graf prikazuje ubrzanje skakača. Na temelju analize grafova možemo doći do mnogih odgovora koje smo postavili na početku istraživanja.

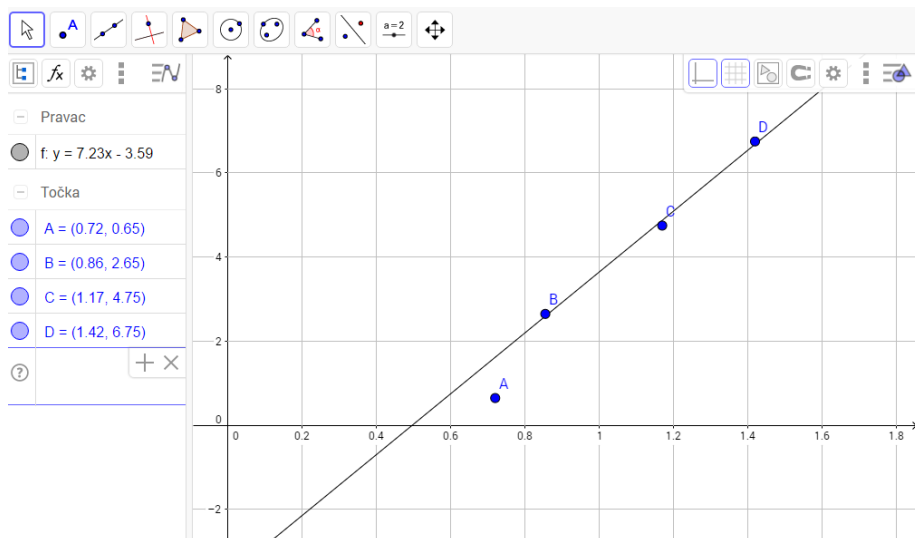
SLIKA 3. Model skakača u početnom položaju. Na slici je Dario Mičić, prof.





SLIKA 4. Analiza gibanja pomoću programa Tracker. Gornji graf prikazuje pomak u ovisnosti o vremenu, u sredini je graf brzine u ovisnosti o vremenu a dolje je ubrzanje u ovisnosti o vremenu.

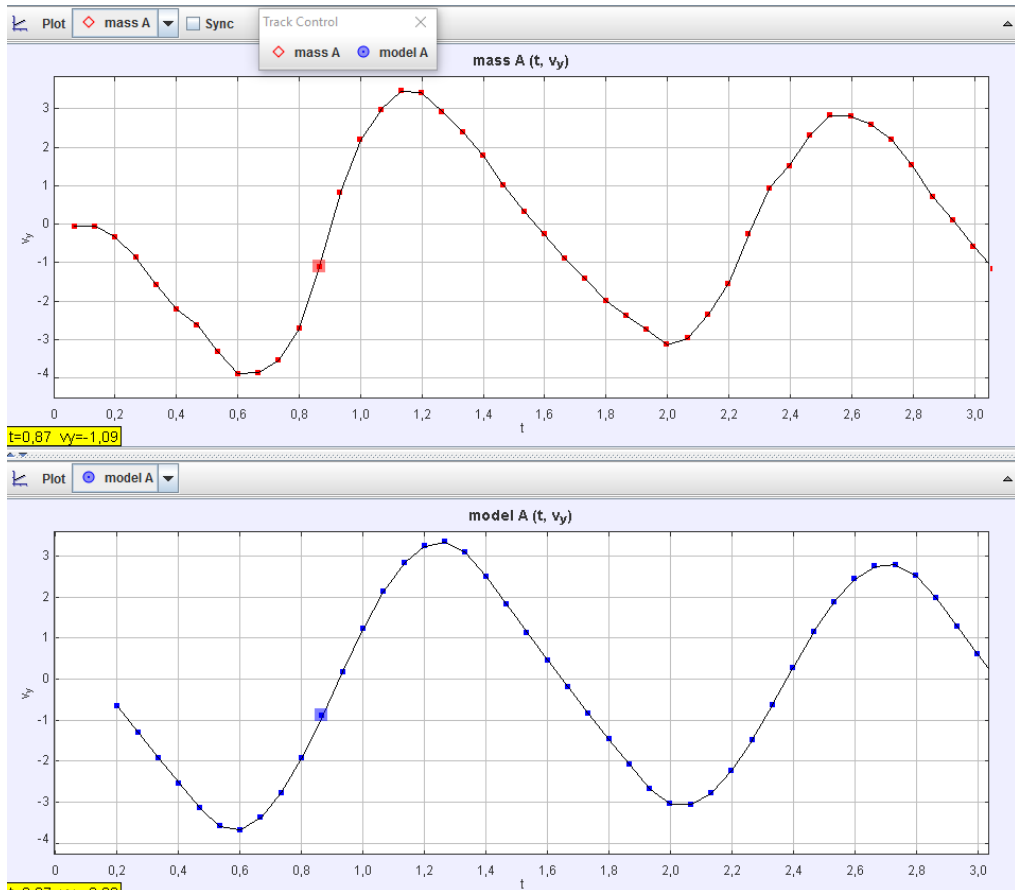
Za analizu podataka koristit ćemo program *GeoGebra* (slika 5).



SLIKA 5. Slika prikazuje ovisnost elastične sile o duljini niti, što se koristi za izračun konstante elastičnosti.

MATEMATIČKI MODEL

Kao u svakom istraživanju, izmjerene veličine treba povezati i uklopiti u fizički (matematički) model. Model treba predviđati i objašnjavati izmjerene veličine, te ukoliko ih preciznije predviđa, to je model bolji. Od nastavnika se očekuje da oblikuju model koji će najbolje opisivati izmjereno gibanje skakača. Model treba uspješno predviđati najveću brzinu skakača, najveću duljinu niti, najveću akceleraciju skakača, te najveću silu koja djeluje na njega tijekom gibanja. Model mora objašnjavati izmjenu različitih oblika energije tijekom gibanja skakača [1]. Nakon stvaranja fizičkog modela, relacije se unose u program *Tracker* i postavlja se fizički model koji prati stvarno gibanje skakača kao na slici 6 [2].



SLIKA 6. Grafovi prikazuju brzinu skakača tijekom vremena. Gornji graf stvarnog skakača (crveno), a donji graf prikazuje fizički model (plavo). Vidimo da fizički model dosta dobro slijedi stvarno gibanje i brzinu skakača.

ZAKLJUČAK

Zatvaranjem istraživačkog ciklusa dobivamo odgovore na postavljena istraživačka pitanja: Koliko iznosi i kako se računa najveća brzina skakača, koliko iznosi i kako se računa najveće akceleracija i sila na skakača, koliko iznosi i kako se računa najveće produljenje užeta, koliko iznose i kako se računaju gubitci energije, koliko iznosi i kako se računa sila otpora. Pomoću računalnog programa *Tracker* izračunate parametre uvrštavamo u dinamički model koji kreira

gibanje modela skakača. Uspoređivanjem modela skakača sa snimkom gibanja stvarnog skakača ocjenjujemo uspješnost modela.

Procjenjujemo uspješnost modela, odstupanje od stvarnog gibanja i objašnjavamo razliku, te predložimo eventualna poboljšanja modela. Razmišljamo o mogućoj primjeni modela te o drugim mogućnostima i smjerovima istraživanja.

Prolaskom nastavnika kroz cijeli istraživački proces u ulozi učenika zamjenom perspektive postizemo bolje razumijevanje istraživačke metode nastave i osjećaj za ulogu nastavnika u procesu učenja. Za sve nastavnike koji žele koristiti analizu video zapisa u nastavi, osobito je korisno pogledati naslove [5] i [6] u kojima se nalaze osnovne upute za rad s programom *Tracker* kao i mnogi korisni savjeti.

LITERATURA

1. Paul G. Menz, *The physics of bungee jumping*, The Phys. Teach. **32**, 68 (1994).
2. Hubert Bieveveld, *The Bungee Jumper: A Comparison of Predicted and Measured Values*, The Phys. Teach. **41**, 238 (2003).
3. TRACKER, slobodni program za video analizu, URL: <http://physlets.org/tracker/> (14.3.2017.)
4. GEOGEBRA, slobodni program za matematičku analizu i geometriju, URL: <https://www.geogebra.org/> (14.3.2017.)
5. Dino Butulija, *Metodička obrada periodičkih gibanja analizom video zapisa*, Diplomski rad, Sveučilište u Zagrebu, PMF Fizički odsjek, Zagreb (2011). URL: http://bib.irb.hr/datoteka/564901.D_Butulija_diplomski_rad_PMFZG_2011.pdf
6. Neva Margetić, *Metodička obrada gibanja analizom video zapisa*, Diplomski rad, Sveučilište u Zagrebu, PMF Fizički odsjek, Zagreb (2011). URL: http://bib.irb.hr/datoteka/560678.N_Margetic_diplomski_rad_PMFZG_2011.pdf