



U slobodnom padu

Predmet: Fizika

Razred: 1. razred, srednja škola

Razina izvedbene složenosti:

napredna

Ključni pojmovi: bestežinsko stanje, drugi Newtonov zakon, gravitacijska

sila, otpor zraka, slobodni pad, ubrzanje slobodnog pada, uzgon

Korelacije i interdisciplinarnost:

- Matematika
- Informatika
- Povijest
- Biologija
- Uporaba informacijske i komunikacijske tehnologije

Obrazovni ishodi:

- opisati i grafički prikazati jednoliko ubrzano gibanje (A., B.)
- uz pomoć računalne simulacije analizirati utjecaj otpora zraka i uzgona na slobodni pad tijela (B.)
- primijeniti drugi Newtonov zakon pri rješavanju problema i analizi gibanja (B., C.)
- opisati slobodni pad (A., C.)
- tumačiti bestežinsko stanje (C.)
- istražiti gibanje uz pomoć detektora gibanja, zapisa gibanja i/ili računalne simulacije (A., B., C.)

**U zagradama su navedena slova koja označavaju aktivnosti ovog scenarija poučavanja, a njihovom se realizacijom doprinosi ostvarenju dotičnog ishoda.*

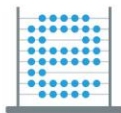
.....

Opis aktivnosti:

A

Na putu prema dole

Poznato je da u animiranim filmovima vrijede nešto drukčiji zakoni nego u stvarnom životu, a jedan od njih glasi da sila teža počinje djelovati onoga trenutka kad junak shvati da je iznad provalije. Taj je zakon lijepo uočljiv u [videozapisu](#), u



trajanju od 0:57 min. Radi se o popularnom crnohumornom animiranom filmu o kojotu i ptici trkačici. Ipak, nakon što kojot shvati da treba pasti, prepušten je sili teži.

Kako se gibaju tijela kad na njih djeluje samo sila teža?

Raspravite s učenicima o gibanju tijela pod utjecajem sile teže u slučaju kad možemo zanemariti ostale sile. Neka učenici iznesu pretpostavke o gibanju kuglice kad je pustimo da slobodno pada (otpor zraka zanemarujemo).

Slobodni pad možete analizirati na nekoliko načina. Ako imate vremena i mogućnosti, bilo bi dobro provesti sva tri pokusa pa usporediti dobivene rezultate.

Pokus 1 Analiza slobodnog pada uz pomoć programa za videoanalizu

Podijelite učenike u skupine.

Neka učenici snime slobodni pad kuglice ispred kontrastnog platna te snimku analizirajte uz pomoć programa za videoanalizu gibanja [Tracker](#).

Za izvođenje pokusa potrebne su tri kuglice različitih masa, kontrastna pozadina, predmet poznate duljine (to može biti i mjerna vrpca ili štap s metarskom ljestvicom).

Uputite učenike da tijekom snimanja uređaj kojim snimaju postave na dovoljnu udaljenost, pazeći pritom da snimaju okomito na ravninu u kojoj se nalazi kontrastna pozadina. Predmet poznate duljine, npr. štap, neka postave tako da se cijeli vidi u kadru. Neka učenici započnu sa snimanjem i puste kuglicu s visine 1,5 m slobodno padati ispred kontrastne pozadine. Ponovite pokus sa sve tri kuglice.

Nakon snimanja analizirajte gibanje u [Trackeru](#). Učenicima na projektoru istodobno prikažite snimku i grafički prikaz gibanja kuglice. Raspravite o tome kako pomak tijela utječe na izgled pojedinog grafa te povežite gibanje s njegovim matematičkim i grafičkim opisom. Neka učenici zaključe o kakvu je gibanju riječ i izračunaju koliko iznosi ubrzanje slobodnog pada g .

Pokus 2 Analiza slobodnog pada uz pomoć elektromagnetskog tipkala

Analizu pada kuglice provedite demonstracijski s učenicima uz pomoć elektromagnetskog tipkala. Zalijepite traku na vrh kuglice te je pustite slobodno padati s visine od 1,5 m (traka prolazi ispod batića elektromagnetskog tipkala). Promatrajte traku. Neka učenici prema izgledu zapisa zaključe o kakvu je gibanju riječ (zbog ubrzavanja razmaci između točkica na zapisu bit će sve veći). Brojanjem točkica neka utvrde vrijeme padanja te izrade tablicu u programu dinamične matematike [Geogebra](#) u koju će unijeti prijedeni put i vrijeme te rezultat za ubrzanje slobodnog pada uz pomoć matematičkog izraza za ubrzanje slobodnog pada.



Pokus 3 Analiza slobodnog pada uz pomoć interaktivnog mjernog instrumenta

Mjerenje ubrzanja slobodnog pada učenici neka izvedu uz pomoć interaktivnog mjernog instrumenta. Ponovno upotrijebite kuglice kao i dosad.

Napomena: Senzor udaljenosti postavite na udaljenost 1,5 m od poda s frekvencijom uzimanja uzoraka 25/s. Za analizu podataka upotrijebite funkcije *Marker* i *Crop* za rezanje dijelova koji ne pokazuju slobodni pad na zapisu (trenutak odbijanja kuglice od podloge). Uporabom kvadratne regresije dobije se jednadžba i izračuna ubrzanje slobodnog pada.

Učenici neka usporede iznos ubrzanja slobodnog pada dobiven na sva tri načina i izračunaju pogrešku pokusa usporedbom empirijskog rezultata s teorijskom vrijednošću g . Pitajte ih: *Kako biste objasnili razlike između teorijske i empirijske vrijednosti g ?*

Prvi čovjek koji je eksperimentalno provjerio gibanje tijela u slobodnom padu bio je Galileo Galilei. Razgovarajte s učenicima o njegovoj ulozi u razvoju moderne znanosti te o problemima koje je zbog svojih, za to vrijeme revolucionarnih istraživanja, imao.

Ako netko od učenika želi, neka izradi plakat na temu utjecaja Galilea na znanost, uvođenja znanstvene metode i važnosti pokusa u fizici uz pomoć alata za izradu infografike, izvještaja, plakata i prezentacija [Piktochart](#), koji se može ispisati i postaviti u učionici Fizike.

Postupci potpore

Učeniku s teškoćama koji će sudjelovati u aktivnosti analiziranja snimke uz pomoć alata [Tracker](#) dobro je pružiti u tome podršku tako da ga postupno vodite u demonstraciji rada u alatu te nakon toga (ako je moguće) prepustite mu da samostalno izvede isti zadatak. U usmenoj analizi videozapisa nekim učenicima s teškoćama (npr. sa specifičnim teškoćama poučavanja) postavljena će pitanja na koja trebaju dati odgovor olakšati izlaganje, dok će im zadatak u kojem samostalno trebaju govoriti o promatranom predstavljati teži oblik izlaganja u kojem se možda neće snaći. Sa spomenutim učenicima (sa specifičnim teškoćama poučavanja) te učenika s poremećajem pažnje i hiperaktivnosti provjerite razumijevanje oznaka onih fizičkih veličina koje su potrebne za računanje u aktivnosti. Isto tako, pri usporedbi vrijednosti ubrzanja slobodnog pada omogućite im uporabu podsjetnika s matematičkim izrazima (formulama) i uporabu kalkulatora.

B Skokovi s „ruba svemira“

Razgovarajte s učenicima o tome čemu služi padobran i o silama koje djeluju na padobranca.

Kako bi izgledao pad bez padobrana s visine nekoliko tisuća metara? Raspravite o tome koje bi sile tada djelovale na skakača.

Prikažite učenicima [videozapis](#), u trajanju od 2:01 min., u kojem vidimo Lukea Aikinsa kako bez padobrana i posebnog skakačkog odijela (engl. *windsuit*) iskače iz aviona s visine od 7600 m. Pada na specijalnu mrežu koja je postavljena na visini od otprilike 60 metara od tla, brzinom oko 190 km/h.

Raspravite s učenicima o tome zašto je potrebno mrežu postaviti na određenu visinu te o brzini udarca. Zatražite od njih da izračunaju kolikom bi brzinom trebao udariti u mrežu ako podatak o visini uvrstimo u poznati izraz za brzinu pri slobodnom padu, a zatim usporedite tu vrijednost s brzinom koja je postignuta. Raspravite što utječe na tu brzinu.

Uputite učenike na [simulaciju](#). Simulaciju prebacite na *manual settings* (ručno biranje parametara). Tamo mogu promatrati padanje tijela mijenjajući svojstva tijela: masu (*mass*), polumjer (*radius*), početnu brzinu (*initial velocity*) te gustoću sredstva i brzinu vjetra. Simulacija se može usporediti uz pomoć opcije *simulation rate*. Uključite opciju *show forces on object* da dobijete vektorski prikaz i iznos sile teže, otpora zraka (*drag*) i uzgona (*bouyancy*) koje djeluju na tijelo te rezultatne (*total*) sile. Zadajte učenicima neka odaberu visinu s koje tijelo pada i početnu brzinu 0 m/s. Neka mijenjaju masu tijela uz stalni polumjer, a zatim polumjer uz stalnu masu. Promatrat će vrijeme pada te sile koje djeluju: gravitaciju, uzgon, otpor zraka i rezultatnu silu.

Raspravite s učenicima kako vrijeme potrebno da tijelo padne ovisi o masi i polumjeru tijela.

Zatražite od učenika da opišu gibanje, u kojem dijelu je ubrzano, a u kojem jednoliko.

Neka obrazlože kako na gibanje utječu sile koje djeluju na tijelo i usporede svoja zapažanja promatrajući grafički prikaz, uključivši opciju *graph*, a na opciji *table* mogu gledati trenutne vrijednosti brzine i akceleracije u svakoj stotinki putanje.

Raspravite o kojim parametrima ovisi uzgon, a o kojima otpor zraka.

Napomena: Otpor zraka raste s kvadratom brzine te postaje stalan u trenutku kad je gibanje postalo jednoliko.



No, otpor zraka ovisi i o „udarnoj površini“, ali to se u simulaciji ne vidi, pa o tome razgovarajte načelno, navodeći primjere iz života, npr. što mislimo kad u svakodnevnom životu kažemo da je neko vozilo „aerodinamično“. Raspravite pri tome npr. o obliku trkaćeg automobila, jedra i padobrana.

Zadajte učenicima da u skupinama uz pomoć alat za izradu animacija [Animatron](#) izrade animaciju u kojoj će prikazati skakača koji skače bez padobrana uz označene sile koje djeluju na njega.

Učenike koje zanima tema iz uvodnog videozapisa uputite na [videozapis](#) (engl. *Felix Baumgartner Space Jump World Record 2012*), u trajanju od 19:54 min. Radi se o službenoj snimci skoka Felixa Baumgartnera, koji je 2012. godine skočio s visine 39045 m te u slobodnom padu probio zvučni zid, dosegnuvši pri padu maksimalnu brzinu 1342 km/h.

Razgovarajte s učenicima o „ekstremnim sportovima“ i primjerima koje oni daju. Na koji način bavljenje takvim sportovima pozitivno utječe na naše zdravlje i osobnost?

Postupci potpore

Iako je simulacija jednostavna za uporabu, jedan primjer u simulaciji možete odraditi zajedno s učenicima s teškoćama kako bi razumjeli sve parametre i dijagram. Pri rješavanju zadataka učenicima (npr. sa specifičnim teškoćama poučavanja, poremećajem pažnje i hiperaktivnosti) po potrebi omogućite uporabu podsjetnika s objašnjenim oznakama fizičkih veličina i matematičkim izrazima potrebnim za računanje.

U [Didaktičko-metodičkim uputama za prirodoslovne predmete i matematiku za učenike s teškoćama](#) možete pronaći dodatne upute kako učenike uključiti u aktivnost gledanja videozapisa i mrežnih simulacija.

Iako simulacija u ovoj aktivnosti na vrlo zoran način opisuje temu, nekim učenicima s teškoćama bit će potrebno izdvojiti (u obliku pisanog sažetka) i nekoliko najvažnijih zaključaka do kojih se došlo uporabom navedene simulacije.

Tijekom razgovora o vrstama ekstremnih sportova (posebno ako u razredu imate učenika s problemima u ponašanju ili učenika s poremećajem pažnje i hiperaktivnosti) učenike je važno podsjetiti (i upozoriti) na to kako bavljenje svakom vrstom sporta, pa tako i ekstremnim sportovima, zahtijeva edukaciju, trening i poštovanje određenih pravila kako bi se očuvalo zdravlje i sigurnost svih sportaša.



C

Ono kad padaš, a lebdiš!

Razgovarajte s učenicima o bestežinskom stanju. *Kad ćemo reći za neko tijelo da je u bestežinskom stanju? Je li ono moguće u uvjetima Zemljine gravitacije?*

Pokažite im videozapis [Ping-pong u svemiru](#) (engl. *Liquid Ping Pong in Space*), u trajanju od 1:05 min., snimljen na Međunarodnoj svemirskoj postaji (ISS) koja je u stalnoj orbiti oko Zemlje.

Raspravite s učenicima o tome djeluje li na astronauta i vodu u videozapisu Zemljina sila teža.

Da nema utjecaja Zemljine sile teže, kako bi postaja ostala u orbiti oko Zemlje?

Da biste riješili problem, izvedite jednostavan pokus.

Pokus 4 Inercijska sila u sustavu koji slobodno pada

Na dinamometar objesite uteg i izmjerite težinu utega. Netko od učenika neka uzme dinamometar u ruku i stane na stol te skoči sa stola držeći dinamometar u ruci. Pokus po potrebi ponovite nekoliko puta, pri čemu vodite računa o tome da ne dođe do ozljeda.

Što se događa s težinom utega pri padu?

Razmotrite utjecaj inercijalne sile koja djeluje na uteg zato što se sustav u kojem se nalazi ubrzava. Neka učenici opišu pokus i iznesu zaključke te uz pomoć alata [Web Whiteboard](#) skiciraju dijagram sila koje djeluju na uteg pri padu.

Napomena: Umjesto skakanja sa stola učenik može držati dinamometar u ruci vozeći se dizalom i snimiti promjene koje se događaju.

Razgovarajte sada o bestežinskom stanju u svemirskoj postaji u Zemljinoj orbiti.

Razgovarajte i o drugim mogućim situacijama, npr. o dizalu koje pada, poniranju zrakoplova u zračnoj petlji i slično.

Neka jednu od situacija o kojima ste razgovarali prikažu plakatom u alatu [Canva](#).

Učenike koji su zainteresirani uputite na [poveznicu](#) gdje mogu zaigrati virtualnu košarku u bestežinskom stanju. U kratkom videozapisu koji se može i preskočiti (opcija *Skip*) astronaut demonstrira ubacivanje lopte kroz обруč u uvjetima bestežinskog stanja.

Postupci potpore

Neposredno prije izvođenja pokusa koji uključuje skakanje uz dinamometar podsjetite učenika (npr. učenika s poremećajem pažnje i hiperaktivnosti) na upute kako pokus treba izvesti te na što treba obratiti pozornost. Neke motoričke aktivnosti mogu dodatno uzbuditi navedene učenike, zbog čega im kasnije može biti potrebno dodatno vrijeme za usmjeravanje pažnje na druge aktivnosti.

Pri opisivanju izvedenog pokusa učenicima s teškoćama (npr. učenicima sa specifičnim teškoćama poučavanja, učenicima s poremećajem pažnje i hiperaktivnosti) dajte smjernice ili strukturu koju opis pokusa treba sadržavati. Učenicima možete postaviti i nekoliko pitanja u vezi s pokusom na koja će učenici odgovoriti, a koja će ih usmjeriti na ono važno što trebaju napisati.

U [Didaktičko-metodičkim uputama za prirodoslovne predmete i matematiku za učenike s teškoćama](#) možete pronaći dodatne upute kako učenike uključiti u aktivnost gledanja videozapisa te uporabu digitalnih alata.

Za one koji žele znati više

Na društvenim mrežama često možemo naići na tvrdnje kako čovjek nije bio na Mjesecu i da su fotografije i snimke s Mjeseca montirane.

Zadajte učenicima koji žele znati više da kod kuće analiziraju snimku [Pad čekića i pera na Mjesecu](#) (engl. *Feather & Hammer Drop on Moon*), u trajanju od 0:47 min. uz pomoć programa za videoanalizu [Tracker](#) te odrede ubrzanje slobodnog pada g na Mjesecu.

Uputite učenike i na [mrežnu stranicu](#), gdje također mogu preuzeti snimku i pronaći potrebne podatke za analizu te više saznati o misiji Apollo 15.

Učenici neka naprave snimku ekrana računala (*Screen Shot*) te prezentiraju svoje rezultate ostatku razreda ili podijele na društvenoj mreži [Yammer](#).

Razgovarajte s učenicima o tome je li bilo moguće uz pomoć specijalnih efekata od prije gotovo 50 godina napraviti uvjerljive lažne filmove o boravku na Mjesecu poput ovoga.

Iskoristite priliku da razgovarate s učenicima kako se teorije zavjere mogu razbiti primjenom znanosti.

Jedno od pitanja koje postavljaju teoretičari zavjera jest: Ako je na Mjesecu slabija gravitacija, kako to da prašina tako brzo pada na površinu?



Prikažite učenicima videozapis [Prašina](#), u trajanju od 0:12 min. Neka učenici promotre kako se giba prašina. Raspravite zašto se tako giba.

Napomena: Prašina se diže i spušta po paraboličnoj putanji bez kovitlanja, što ne bi bilo moguće u Zemljinj atmosferi, a dokaz su mnogi filmovi snimani na temu spuštanja na Mjesec. Ustvari, razlog zbog kojeg na Zemlji prašina sporo pada upravo je otpor zraka.

Dodatna literatura, sadržaj i poveznice:

Dodatna pojašnjenja pojmova možete potražiti na relevantnim mrežnim stranicama – [Google znalac](#), [Struna](#) (Hrvatsko strukovno nazivlje), [Hrvatska enciklopedija](#) i sl.

Opširnije upute za uporabu interaktivnog mjernog uređaja možete pronaći u priručniku [Interaktivni mjerni uređaji](#). Odgovore temeljene na znanstvenom pristupu na mnoga pitanja teoretičara zavjera na temu *Jesmo li bili na Mjesecu* možete pročitati u dokumentu [Teorija zavjere: Jesmo li bili na Mjesecu?](#)

Napomena: Valjanost svih mrežnih poveznica zadnji put utvrđena 17.5.2018.



Ovo djelo je dano na korištenje pod licencom [Creative Commons Imenovanje-Nekomercijalno-Dijeli pod istim uvjetima 4.0 međunarodna](#). Prilikom korištenja ovog djela trebate označiti autorstvo djela na ovaj način: CARNET (2017) e-Škole scenarij poučavanja "(upisati naslov scenarija poučavanja)", <https://scenariji-poucavanja.e-skole.hr/>.



Primijenili ste ovaj scenarij poučavanja u nastavi? Recite nam svoje mišljenje popunjavanjem upitnika na ovoj [poveznici](#).