

HRZZ PROJEKT IP-2025-02-4569 „ISTRAŽIVANJE UPORABE REPREZENTACIJA U NASTAVI FIZIKE I MATEMATIKE (REPRESENTATIONS)“

MATERIJALI ZA NASTAVNU SEKVENCU O ENERGIJI

NASTAVNA PRIPREMA 5: ZAKON OČUVANJA ENERGIJE

Obrazovni ishodi:

FIZ SŠ D.1.5. Primjenjuje zakon očuvanja energije.

FIZ SŠ D.1.8. Rješava fizičke probleme.

FIZ SŠ D.1.9. Istražuje fizičke pojave.

- Iskazuje zakon očuvanja energije
- Tumači pojam sustava tijela i izoliranog sustava
- Prikazuje zakon očuvanja energije za situacije bez trenja u stupčastom dijagramu energija
- Zaključuje kvalitativno o očuvanju energije u situacijama bez trenja
- Primjenjuje izraze za kinetičku i gravitacijsku energiju
- Razvija sposobnost modeliranja i primjene idealizacija
- Razvija ideju pogreške pri mjerenju

Očekivanja međupredmetnih tema:

- osr B.4.2. Suradnički uči i radi u timu.
- D.4/5.2. Suradnja s drugima. Učenik ostvaruje dobru komunikaciju s drugima, uspješno surađuje u različitim situacijama i spreman je zatražiti i ponuditi pomoć.
- pod B.4.2. Planira i upravlja aktivnostima.
- B.4.1.A Odabire primjerene odnose i komunikaciju.
- uku B.4./5.1. Planiranje. Učenik samostalno određuje ciljeve učenja, odabire pristup učenju te planira učenje.
- ikt C.4.3. Učenik samostalno kritički procjenjuje proces, izvore i rezultate pretraživanja, odabire potrebne informacije. (simulacija i GeoGebra).

TIJEK SATA

Uvodni dio

UP: Možda ste sami nekad vozili skejtbord s jednog uzvišenja do drugog ili promatrali druge kako to rade. Mogu li skejteri, koji se spuštaju po zakrivljenoj rampi bez odgurivanja, doći na drugoj strani do veće visine od one s koje su se spustili i zašto?

Učenici iznose svoje ideje i iskustva. Potom se prikazuje PhET simulacija

(https://phet.colorado.edu/sims/html/energy-skate-park/latest/energy-skate-park_all.html - Intro, bez

grafova i bez trenja) na kojoj se djevojčica na skejtbordu spušta s neke početne visine. Početne visine se potom mijenjaju.

Što uočavate? Kako se odnose konačna i početna visina djevojčice?

Učenici uočavaju da je maksimalna visina koju ona postiže uvijek jednaka početnoj.

Je li to realna situacija? Čemu pripisujete moguće razlike visina u realnoj situaciji?

Učenici uočavaju da početna i konačna visina u realnim primjerima nisu jednake (konačna je uvijek manja) i zaključuju da se vjerojatno radi o učincima trenja.

Tu hipotezu možemo provjeriti tako da u simulaciji uključimo nešto trenja, pa ponovno promotrimo djevojčicu na skejtbordu. Kako se sada odnose početna i konačna visina?

Učenici uočavaju da je sada konačna visina niža od početne.

Vratit ćemo se na situaciju bez trenja, koja je idealizirana, ali jednostavnija za početno razmatranje, no može ponekad dovoljno dobro opisivati i realne situacije. U fizici često idealiziramo situacije, kako bismo ih lakše analizirali. Učincima trenja vratit ćemo se kasnije.

Što se događa s energijom djevojčice na skejtbordu prilikom gibanja? Koje su energije tu prisutne? Kako se one mijenjaju? (ponovno se promatra situacija bez trenja na simulaciji) Zapišite opažanje.

Nekoliko učenika čita svoje zapise. Učenici uočavaju da se radi o kinetičkoj i gravitacijskoj energiji. Kinetička se energija u prvoj polovici gibanja povećava od početne vrijednosti jednake nuli, do neke maksimalne vrijednosti, dok se u drugoj polovici gibanja ponovno smanjuje sve do nule. S učenicima se diskutira da o vrijednosti gravitacijske energije mogu zaključiti jedino ako prvo odaberu nultu razinu, te se na simulaciji postavi nulta razina na tlo. Tada mogu zaključiti da je gravitacijska energija početno maksimalna, pa se smanjuje do nule, a potom opet raste do prvotne maksimalne vrijednosti.

Zanimat će nas što se događa s ukupnom energijom pri ovome gibanju. Tijela čija nas energija direktno zanima su djevojčica i skejtbord. Zajedno ih možemo nazvati sustavom tijela ili samo sustavom. Sustav tijela čine tijela odabrana za promatranje i izračun energije. Kako bismo mogli razmatrati gravitacijsku energiju, koja je svojstvo pojedinog tijela i Zemlje, uključit ćemo i Zemlju u sustav. Uključit ćemo i podlogu (rampu), kako ne bismo imali nikakvih vanjskih sila na sustav (utjecaje zraka možemo zanemariti), premda se energija rampe u ovom primjeru neće mijenjati.

Stoga naš sustav (djevojčica, rampa, skejtbord i Zemlja) ne izmjenjuje energiju s okolinom, jer nema vanjskih sila, pa ni vanjskog rada na njega. Zapišite i sumirajte koji smo sustav odabrali te izmjenjuje li on energiju s okolinom.

Nekoliko učenika čita svoje zapise i oni se diskutiraju.

Središnji dio

IP: Što se događa s ukupnom mehaničkom energijom odabranog sustava tijekom gibanja prikazanog na simulaciji?

Učenici iznose svoje pretpostavke.

Što bismo mogli mjeriti na simulaciji da odgovorimo na ovo pitanje?

Učenici zaključuju da treba odrediti kinetičku i gravitacijsku energiju, a za to nam je potrebna masa djevojčice i skejtborda, što je zadano na simulaciji, te njihova visina od tla u pojedinom trenutku kao i brzina - njih treba mjeriti. Diskutira se kako bismo ih najlakše mogli izmjeriti.

Ove podatke možemo dobiti iz simulacije, na način da zaustavimo simulaciju u trenutku kad je djevojčica na visinama $h = 0 \text{ m}$, 1 m , 2 m i 3 m , koje se lako očitaju, te očitamo pripadne brzine.

Mjerenja se provode frontalno, a učenici očitavaju vrijednosti i upisuju ih u tablicu u listić (L2), te potom u grupama računaju potrebne energije (svaki red učenika računa jedan stupac u tablici, a poslije svi zapišu sve rezultate).

Što zaključujete o zbroju energija?

Učenici zaključuju da je zbroj približno stalan, iako ima manjih odstupanja.

Izgleda da bi zbroj kinetičke i gravitacijske energije u ovom primjeru mogao biti stalan. Odstupanja bismo možda mogli pripisati nedovoljno preciznim očitanjima visine i brzine.

Da ovu hipotezu provjerimo (zbroj kinetičke i gravitacijske energije sustava je stalan), uključit ćemo u simulaciji opciju Measure, te promotriti ondje već precizno izračunate kinetičke i gravitacijske energije i njihov zbroj.

Što predviđate ako je hipoteza ispravna?

Učenici predviđaju jednak zbroj energija u svakom položaju.

Frontalno se prikazuje simulacija i provede nekoliko mjerenja.

Što opažate? Što zaključujete o hipotezi?

Doista je zbroj energija stalan u svakoj točki putanje, pa je hipoteza podržana.

Ovaj rezultat nas ne iznenađuje, jer znamo otprije da energiju ne možemo niti stvoriti, niti uništiti, a ako odabrani sustav nije izmjenjivao energiju s okolinom putem rada, ona je morala ostati stalna, što smo i potvrdili. (No, treba naglasiti da posve jednake brojeve možemo dobiti samo u simulaciji, koja predstavlja vrlo idealiziranu situaciju, dok bismo u pravim mjerenjima uvijek našli određena odstupanja.)

Situacija je analogna novcu na bankovnom računu. Ako se ništa ne uplaćuje na račun, niti isplaćuje s računa, ukupna suma novaca na računu ostaje stalna.

Izraženo općenito, ukupna mehanička energija sustava koji ne izmjenjuje energiju s okolinom je jednaka u bilo koja dva trenutka:

$$E_{k1} + E_{gp1} + E_{ep1} = E_{k2} + E_{gp2} + E_{ep2}.$$

Takav sustav, koji ne izmjenjuje ni tvar ni energiju s okolinom, nazivamo izoliranim sustavom. Jedini način u mehanici da sustav izmjenjuje energiju s okolinom je rad, no kako je ukupna sila na izolirani sustav jednaka nuli, onda je nužno i vanjski rad na njega jednak nuli.

Ako pak sustav nije izoliran i izmjenjuje energiju s okolinom putem rada, kako to uzeti u obzir u jednažbi?

Poslužimo se analogijom dviju prijateljica, koje svaka imaju 10 Eura. Promatramo njihov novac zajedno, pa njih dvije čine naš sustav. Tako dugo dok ne potroše novac ili ne prime ništa izvana, premda mogu jedna drugoj prebacivati novac, njegov ukupni iznos ostaje 20 Eura. No, ako jedna od njih dobije od roditelja npr. još 10 Eura, situacija se mijenja.

Koliko je sad novaca u sustavu i kako ste to izračunali?

Učenike potaknemo da zaključe da konačni ukupni iznos novaca prijateljica sada iznosi $(20 + 10)$ Eura, što smo dobili kao zbroj početnog iznosa i onoga što je došlo izvana.

Kako to primijeniti na energiju?

Učenici zaključuju da u analogiji s novcem uplaćeni iznos odgovara izvršenom radu. Za sustav tijela u trenucima 1 i 2, uz rad W iz okoline, mora vrijediti:

$$E_{k1} + E_{gp1} + E_{ep1} + W = E_{k2} + E_{gp2} + E_{ep2}.$$

Ako nema vanjskog rada, ukupna energija sustava ostaje stalna.

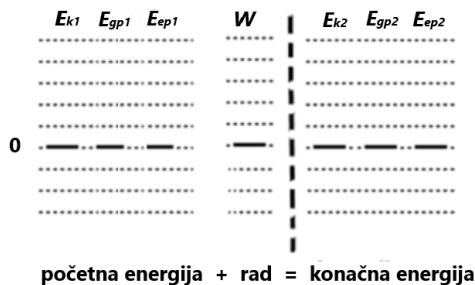
Zakon očuvanja energije možemo sada iskazati na novi način, pogodniji za primjenu:

Ukupna energija izoliranog sustava je stalna. Ako sustav nije izoliran, te izmjenjuje energiju s okolinom, njegova konačna energija jednaka je zbroju početne energije i energije koju sustav prima ili predaje okolini.

U mehanici sustav prima ili predaje okolini energiju isključivo putem rada. Kasnije ćemo, u drugim dijelovima fizike, upoznati i uključiti i neke druge načine prijenosa energije (toplina, zračenje).

Za razliku od prijašnjeg, vrlo općenitog iskaza ZOE (energija ne može nastati niti nestati) ovaj nam iskaz omogućuje da usporedimo energije odabranog sustava u dva trenutka i izračunamo neke od njih, koje su nam nepoznate, ili pak s njima povezane veličine.

Da si olakšamo prepoznavanje energija i pisanje jednadžbe, koristimo stupčasti dijagram energije kao i ranije, ali sada proširen listom svih mehaničkih energija u početnom i konačnom trenutku. Isprekidana vertikalna crta označava da zbroj kućica svih energija lijevo od nje mora biti jednak zbroju kućica desno od nje.



Kako biste na kraju odgovorili na naše istraživačko pitanje? Zapišite.

Učenici čitaju neke zapise. Zaključuju da je ukupna energija sustava kojeg čine djevojčica, rampa, skejtbord i Zemlja u simulaciji ostala stalna, jer je taj sustav izoliran (nema vanjskog rada na njega).

Završni dio

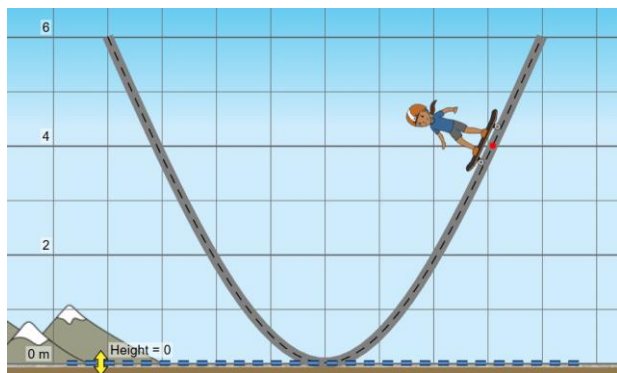
Nacrtajte stupčasti dijagram energija za zadani primjer iz simulacije i napišite pripadnu jednadžbu (Listić L2, zadatak 2).

Učenici crtaju u grupama, potom se prodiskutiraju dobiveni dijagrami i pogleda se na simulaciji kako se stupci pojedinih energija mijenjaju tijekom gibanja dok ukupna energija ostaje stalna.

Energija je ušla u fiziku kao važna veličina upravo zato jer se uočilo da je u određenim situacijama očuvana. ZOE je iznimno važan fizički zakon, koji će nam olakšati rješavanje raznih složenih situacija, čime ćemo se više pozabaviti sljedeći sat. On se široko koristi i u drugim prirodnim i tehničkim znanostima.

Konceptualna pitanja

1. Što označava pojam sustava tijela kod ZOE?
 - A) Referentni sustav u odnosu na koji opisujemo gibanja.
 - B) Tijela povezana nekim nitima, oprugama ili sličnim.
 - C) Tijela čiju smo energiju odabrali promatrati.
 - D) Kartezijev koordinatni sustav.
2. Što vrijedi za ukupnu energiju sustava djevojčice, skejtborda, rampe i Zemlje u primjeru na simulaciji uz odabir nulte razine E_{gp} na tlu?



Snimka zaslona sa:

https://phet.colorado.edu/sims/html/energy-skate-park/latest/energy-skate-park_all.html

- A) Ukupna energija sustava je u svakom trenutku jednaka i različita od nule.
- B) Ukupna energija sustava se smanjuje dok se djevojčica spušta, a raste dok se uspinje.
- C) Ukupna energija sustava raste dok se djevojčica spušta, a smanjuje se dok se uspinje.
- D) Ukupna energija sustava je u svakom trenutku jednaka nuli.

Zadatke koje ne uspiju riješiti na satu učenici rješavaju za domaću zadaću. Domaću zadaću učenici mogu riješiti u GeoGebri gdje mogu provjeriti svoje dijagrame: <https://www.geogebra.org/m/rxnbvsta>