

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

MATERIJALI ZA NASTAVNU SEKVENCU O ENERGIJI

NASTAVNA PRIPREMA 8: ENERGIJSKI UČINAK TRENJA

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.

- Primjenjuje zakon očuvanja energije u situacijama s trenjem
- Prikazuje zakon očuvanja energije za situacije s trenjem pomoću stupčastog dijagrama energija
- Tumači i matematički opisuje povećanje unutarnje energije zbog djelovanja trenja
- Zaključuje kvalitativno o očuvanju energije u situacijama s trenjem
- Razvija eksperimentalne vještine

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.
- ikt C.4.4. Učenik samostalno i odgovorno upravlja prikupljenim informacijama.
- 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.

TIJEK SATA

Uvodni dio

UP: Utvrdili smo prošlih sati da je mehanička energija nekih sustava očuvana, ali iz iskustva znamo da se tijela u gibanju ipak nakon nekog vremena zaustavljaju. Kako to objašnjavate?

Učenici iznose svoje ideje.

Izvodi se frontalno pokus u kojemu gurnemo knjigu po stolu.

Što opažate?

Učenici opažaju da se knjiga prvo gibala, a nakon kratkog vremena se zaustavila.

Zašto se knjiga zaustavi i što je bilo s njenom energijom?

Učenici zaključuju da se knjiga zaustavila zbog sile trenja. Njene kinetičke energije više nema. Učenici daju svoje pretpostavke što se s njom moglo dogoditi.

Pogledajmo još jedan pokus. Kakve energije uočavate kod njihala?

Izvodi se frontalno pokus u kojemu se njihalo (kuglica na niti) pusti da njiše.

Učenici opažaju da kuglica mijenja svoju visinu i brzinu, pa zaključuju da njihalo (+Z) ima gravitacijsku i kinetičku energiju.

Kako se te energije mijenjaju u pokusu?

Početna gravitacijska energija pretvara se tijekom gibanja sve više u kinetičku energiju, koja je maksimalna u najnižem položaju, a potom se kinetička postepeno opet pretvara u gravitacijsku energiju njihala (+Z).

Ako je mehanička energija očuvana tijekom gibanja njihala, što bismo očekivali za najveću visinu kuglice tijekom gibanja?

Učenici pretpostavljaju da bi ona morala biti uvijek jednaka, kao što smo i kod skejterice u simulaciji uočili da se uvijek vraćala na istu najveću visinu.

Pustit ćemo kuglicu da se njiše, označivši početni položaj vertikalno postavljenim ravnalom, a vi pratite što se događa s njenom najvećom visinom i brzinom pri više titraja. Što opažate?

Izvodi se pokus frontalno. Učenici uočavaju da se najveća visina i brzina smanjuju nakon svakog titraja, te se kuglica na kraju i zaustavi.

Što zaključujete o energiji njihala? Kako to objašnjavate?

Učenici zaključuju da se i gravitacijska energija kuglice (+Z) i kinetička energija smanjuju, a to znači i smanjenje ukupne mehaničke energije. Učenici daju svoje ideje za objašnjenje opažanja. Vodimo ih do zaključka da je razlog tome trenje između kuglice i zraka, što opisujemo silom otpora zraka, koja se suprotstavlja gibanju kuglice. Sila otpora može se javiti i u drugim sredstvima osim zraka, pa općenito govorimo o sili otpora sredstva.

Kratko opišite pokuse i zapišite zaključak na temelju oba pokusa o učinku sile trenja i sile otpora sredstva na mehaničku energiju tijela koje se giba.

Nekoliko zapisa se pročita. Učenici formiraju zaključak da sila trenja između tijela i podloge, kao i sila otpora sredstva, smanjuju mehaničku energiju tijela koja se gibaju po podlozi ili u sredstvu.

Središnji dio

IP: U koji se oblik energije pretvara mehanička energija tijela pod utjecajem trenja?

Učenici diskutiraju o tome u koje se oblike mehanička energija knjige mogla pretvoriti te kako bi to pokusom istražili. Česte ideje mogu biti da se kinetička energija pretvorila u neku potencijalnu energiju (gravitacijsku ili elastičnu), što se može opovrgnuti uočavanjem da je knjiga stalno na istoj visini, te da nema elastičnih tijela u promatranom pokusu. Vjerojatno će neki učenici spomenuti toplinu ili unutarnju

energiju, pa se postavlja pitanje kojim bi se to mjerenjem moglo utvrditi. Može ih se pozvati i da protiraju rukom rukav svoje majice pa opišu opažanja.

Po čemu bismo mogli zaključiti da se promijenila unutarnja energija knjige?

Vodimo učenike do zaključka da bi kriterij promjene mogao biti promjena strukture ili temperature knjige. Kako knjiga nije promijenila strukturu, ostaje promjena temperature, što se može utvrditi opipom ili termometrom.

Učenici gurnu knjigu po stolu i pokušaju opipom utvrditi je li se povećala temperatura knjige. Utvrđuju da opipom ne uočavaju neku razliku. Diskutira se da je ta promjena možda vrlo mala, pa da je opipom ne mogu registrirati.

U grupama ćete dobiti drvene kvadre i brusni papir, te digitalni IC termometar. Više puta povucite kvadar po brusnom papiru te izmjerite temperaturu kvadra i podloge prije i poslije povlačenja.

	Temperatura prije /°C	Temperatura poslije /°C
kvadar		
podloga		

Što ste izmjerili?

Diskutiraju se dobivene vrijednosti svih grupa frontalno. Uočava se da se temperatura obaju tijela malo povisila nakon povlačenja.

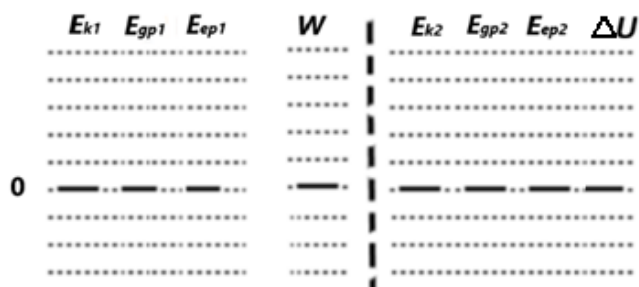
Iako to nismo mogli registrirati opipom, ista se pojava događa i kod knjige koja se zaustavi, kao i u svim situacijama gdje postoji trenje.

Kako biste odgovorili na istraživačko pitanje, u koju se energiju pretvorila kinetička energija kvadra pod utjecajem trenja?

Učenici kroz raspravu formiraju zaključak da se kinetička energija pretvorila u povećanje unutarnje energije obaju tijela između kojih je djelovalo trenje, kvadra i podloge.

Razmotrimo sljedeći primjer (izvedemo pokus frontalno): Kvadar povlačimo stalnom silom i on se giba jednoliko po podlozi. Prikažite tu situaciju stupčastim dijagramom energije u dva trenutka gibanja kvadra stalnom brzinom. Uočite da ćemo u dijagram sada morati dodati i stupac povećanja unutarnje energije. Gdje biste ga dodali?

Učenici kroz raspravu zaključuju da ga treba dodati u prikaz energija drugog trenutka.



Koji sustav odabrati?

Učenike vodimo do zaključka da je došlo do promjene unutarnje energije kvadra i podloge, pa oba tijela treba uzeti u sustav. Do sada nismo imali promjenu energije podloge, a sada ćemo i to razmatrati. Sustav je kvadar (+Z) i podloga.

Ako u obzir uzimamo i otpor sredstva kroz koje se tijelo giba, u sustav treba uzeti i tijelo i sredstvo (npr. zrak).

Gdje odabrati nultu razinu gravitacijske energije?

Učenici zaključuju da je ravnina podloge najbolji odabir nulte razine.

Nacrtajte stupčasti dijagram energija uz sve ove odabire i napišite jednadžbu energija.

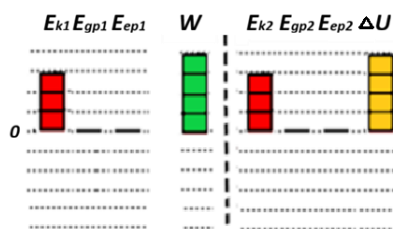
Sustav: kvadar (+Z) i podloga

Obavlja li tko rad: osoba koja povlači kvadar obavlja vanjski rad nad njime, stoga tu osobu **ne uzimamo** u sustav

t_1 : kvadar se giba nekom brzinom

t_2 : kvadar se giba jednakom brzinom, ali se temperatura kvadra i podloge nešto povećala

Nulta razina E_{gp} : na podlozi



Učenici crtaju u grupama dijagrame, koji se onda frontalno diskutiraju. Pišu i jednadžbu, koja skraćivanjem jednakih kinetičkih energija daje $W = \Delta U$.

Kako tumačite dobivenu jednadžbu? Što vam ona govori?

Učenici tumače da prilikom povlačenja sav vanjski rad osobe koja povlači prelazi u povećanje unutarnje energije kvadra i podloge, $W = \Delta U$.

Kako bismo to povećanje energije matematički opisali? Koliki je vanjski rad, ako smo povlačili stalnom silom F , a pomak je bio Δx ?

Učenici zaključuju da je $W = F\Delta x$.

Kako se kvadar gibao stalnom brzinom, čemu je vanjska sila morala biti jednaka? Čemu je onda jednako povećanje unutarnje energije?

Učenici zaključuju da je vanjska sila morala biti iznosom jednaka sili trenja, pa izraz možemo konačno napisati kao:

$$\Delta U = F_{tr} \Delta x.$$

Pokazuje se da nam ovaj izraz može poslužiti i u drugim mehaničkim problemima, koji uključuju trenje, da odredimo povećanje unutarnje energije zbog djelovanja trenja, ali uvijek za oba tijela zajedno. Najčešće ne možemo znati koliki dio tog povećanja otpada na svako pojedino tijelo, pa u problemima s trenjem (kao i problemima s otporom zraka ili otporom drugog sredstva) uvijek uzimamo u sustav oba uključena tijela. Izraz možemo koristiti samo kad je sila trenja ili sila otpora sredstva stalna. Ako sila otpora sredstva nije stalna (a najčešće nije), možemo u izraz za promjenu unutarnje energije uvrstiti srednju silu otpora sredstva, koju onda tretiramo kao stalnu silu, koja djeluje cijelo vrijeme gibanja

$$\Delta U = \overline{F_{ot}} \Delta x.$$

Završni dio

Konceptualna pitanja

1. Kad vučemo knjigu stalnom brzinom po stolu, koju energiju povećava vanjski rad kojega obavljamo na knjigu?
A) Kinetičku energiju knjige.
B) Unutarnju energiju samo knjige.
C) Unutarnju energiju knjige i stola.
D) Gravitacijsku energiju knjige i Zemlje.
2. Kad tijelo pada i postoji otpor zraka, što možemo reći o **mehaničkoj** energiji sustava tijela i Zemlje?
A) Stalna je tijekom cijelog pada.
B) Smanjuje se, jer se povećava unutarnja energija zraka i tijela.
C) Povećava se, jer se tijelo sve brže giba.
3. Kad u problemu postoji trenje tijela s podlogom, što to znači za odabir sustava tijela, ako želimo nešto izračunati pomoću ZOE?
A) Nema ograničenja na odabir tijela u sustav.
B) Moramo u sustav uzeti samo tijelo.
C) Moramo u sustav uzeti samo podlogu.

D) Moramo u sustav uzeti tijelo i podlogu.

Prikaže se primjer Ballistic gel na <https://universeandmore.com/energy>. Učenici rješavaju primjer na listiću L5 u skupinama, dok im drugi primjeri ostaju za domaću zadaću. Domaću zadaću učenici mogu riješiti u GeoGebri gdje mogu provjeriti svoje dijagrame: <https://www.geogebra.org/m/vqetgbg3>.