

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

MATERIJALI ZA NASTAVNU SEKVENCU O ENERGIJI

NASTAVNA PRIPREMA 4: MATEMATIČKI OPIS GRAVITACIJSKE ENERGIJE. PRIMJENA RADA, KINETIČKE, GRAVITACIJSKE I ELASTIČNE 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.

- Matematički opisuje gravitacijsku energiju
- Tumači proizvoljan odabir nulte razine E_{gp} u primjerima
- Primjenjuje izraze za rad, kinetičku, gravitacijsku i elastičnu energiju
- Prikazuje rad i pojedinu energiju u stupčastom dijagramu energija
- Zaključuje kvalitativno o radu, kinetičkoj, gravitacijskoj i elastičnoj energiji
- Zaključuje o radu i energiji preko $F\Delta x$ dijagrama
- Primjenjuje proporcionalno zaključivanje

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 B.4.3. Učenik kritički procjenjuje svoje ponašanje i ponašanje drugih u digitalnome okružju.

TIJEK SATA

Uvodni dio

UP: Možda ste nekada na moru ležali ispod borova i promatrali češere na njihovim granama. Iako ti češeri miruju na granama, možemo li reći da imaju neku energiju? Ako da, koji bi to oblik energije bio?

Učenici iznose ideje i zaključuju da bi to mogla biti gravitacijska energija. Kroz diskusiju se dolazi do toga da je i ta energija, poput elastične, potencijalna (moguća kinetička) energija.

O čemu bi mogla ovisiti gravitacijska energija?

Učenici iznose svoje pretpostavke: ta bi energija bila veća pri većoj masi češera i većoj visini češera od tla.

Razmotrimo pokus u kojemu podižemo knjigu (umjesto češera) mase m stalnom brzinom sa stola na neku visinu h od stola. Opišite što se u pokusu događa s energijom knjige (+Z).

Učenici opisuju da je kinetička energija stalna, ali se povećava gravitacijska energija knjige i Zemlje.

Potencijalna energija je uvijek posljedica nekog međudjelovanja. Kad smo rastezali oprugu, razdvajali smo njezine dijelove povezane elastičnom silom i zato su oni svi zajedno imali elastičnu potencijalnu energiju. Podizanjem knjige razdvajamo knjigu i Zemlju (koje međudjeluju gravitacijski), pa smo knjizi i Zemlji (obilježavat ćemo to dalje skraćeno kao knjiga +Z) povećali gravitacijsku potencijalnu energiju E_{gp} .

Kako biste prikazali podizanje knjige s poda na visinu h u stupčastom dijagramu energija? Načinite sve potrebne odabire.

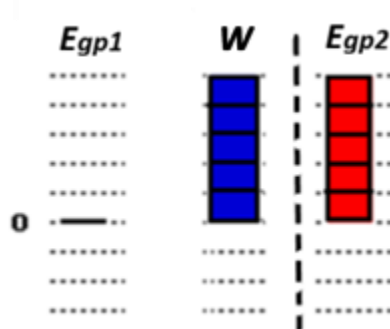
Nakon što se zajednički naprave odabiri, učenici u grupama crtaju dijagram, koji se onda frontalno diskutira.

Tijela koja promatramo: knjiga (+Z)

Početni trenutak: knjiga je na stolu

Konačni trenutak: knjiga je na visini h od stola

Nulta razina E_{gp} : ploha stola



Kako biste matematički povezali energije?

$$E_{gp1} + W = E_{gp2}$$

Središnji dio

Kako matematički opisati gravitacijsku energiju?

Na račun čega se povećala gravitacijska energija knjige (+Z) pri njenom podizanju? Kratko opišite pokus i zaključak.

Pročita se nekoliko zapisa. Učenici zaključuju da se gravitacijska energija povećala upravo za iznos rada izvršenoga pri podizanju knjige.

$$W = \Delta E_{gp}$$

Kolikom smo silom podizali knjigu, ako se gibala stalnom brzinom?

Ako smo knjigu podizali stalnom brzinom, morali smo upotrijebiti silu jednaku iznosom sili teži na knjigu, $F = mg$, ali usmjerenu prema gore, kako bi ukupna sila na knjigu bila jednaka nuli.

Koliki je rad izvršen nad knjigom (+Z)? Kolika je njihova promjena gravitacijske energije?

Izvršeni rad jednak je umnošku sile kojom smo djelovali i pomaka knjige. (Može se na ploči to prikazati i grafom.) Pomak je bio jednak visini h na koju smo knjigu podigli, jer se gibanje odvijalo vertikalno. Obavljeni rad na knjigu (+Z) je:

$$W = F \cdot \Delta x = mg \Delta h.$$

Stoga je promjena gravitacijske energije:

$$\Delta E_{gp} = mg \Delta h.$$

Da bismo mogli odrediti iznos gravitacijske energije u konačnom položaju knjige, moramo znati kolika je bila gravitacijska energija knjige (+Z) u početnom položaju na stolu. Uzmemo li da je ona tamo bila jednaka nuli (cijelu ravninu određenu plohom stola nazivamo nultom razinom E_{gp}), dobivamo izraz za gravitacijsku energiju tijela (+Z) na visini h :

$$E_{gp} = mgh$$

O čemu govori ovaj izraz? Kako odgovara vašim pretpostavkama?

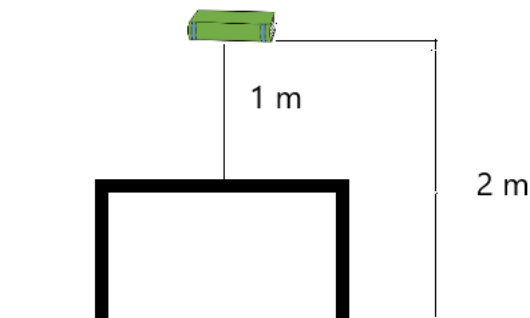
Ovaj izraz nam govori da je gravitacijska energija tijela (+Z) proporcionalna masi tijela i njegovoj visini od nulte razine gravitacijske energije, kako smo i pretpostavili.

Nultu razinu gravitacijske energije ovdje smo odabrali na plohi stola. No, izbor nulte razine je proizvoljan i možemo ga odabrati u svakome problemu prema tome što nam je za njega najzgodnije. Zašto to smijemo?

Promotrimo primjer knjige mase 1 kg, podignute na neku visinu (2 m od poda, ali 1 m od stola).

Kolika će biti gravitacijska energija knjige (+Z) ako odaberemo kao nultu razinu pod ili stol? Riješite u grupama i upišite rješenja u listić L1.

Odaberemo li kao nultu razinu pod, gravitacijska energija knjige (+Z) iznosi 20 J, a odaberemo li stol, gravitacijska energija knjige (+Z) u istom položaju iznosi 10 J.



Pustimo knjigu da padne na stol. Izračunajte u grupama promjenu gravitacijske energije knjige (+Z) za svaki od odabira nulte razine.

Učenici u grupama određuju ove promjene na listiću L1.

Uz odabir **nulte razine na stolu** (za E_{gp} i h) imamo sljedeće vrijednosti:

$$h_1 = 1 \text{ m}, h_2 = 0 \text{ m}, E_{gp1} = 10 \text{ J}, E_{gp2} = 0 \text{ J}$$

$$\Delta E_{gp} = E_{gp2} - E_{gp1} = -10 \text{ J}.$$

Uz odabir **nulte razine na podu** (za E_g i h):

$$h_1 = 2 \text{ m}, h_2 = 1 \text{ m}, E_{gp1} = 20 \text{ J}, E_{gp2} = 10 \text{ J}$$

$$\Delta E_{gp} = E_{gp2} - E_{gp1} = -10 \text{ J}$$

Negativni iznos promjene u ovome primjeru označava smanjenje gravitacijske energije pri padu knjige.

Što zaključujete, zašto je moguć proizvoljan odabir nulte razine gravitacijske energije?

Učenici zaključuju da je promjena gravitacijske energije jednaka za bilo koji odabir nulte razine.

Upravo će promjena gravitacijske energije, a ne njen iznos na pojedinom položaju, biti bitna za energijski opis procesa, kako ćemo uskoro vidjeti. U svakome problemu koji uključuje gravitacijsku energiju, bit će zato potrebno odabrati nultu razinu gravitacijske energije ($E_{gp} = 0 \text{ J}$) i koristiti taj odabir također kao nultu razinu visine ($h = 0 \text{ m}$).

Završni dio

Uveli smo prošlih sati niz novih izraza za rad, kinetičku, gravitacijsku i elastičnu energiju. Pokušat ćemo ih sada primijeniti u nekim primjerima, kako bismo odredili što se događa s energijom nekih tijela. O kojim se izrazima radi?

Učenici se prisjećaju izraza $W = \Delta E$, $W = F\Delta x$, $E_k = mv^2/2$, $E_{gp} = mgh$, $E_{ep} = kx^2/2$, koji se pišu na ploču i kratko diskutiraju.

Odgovorite prvo na nekoliko konceptualnih pitanja.

Učenici odgovaraju na pitanja pomoću ABCD kartica, konzultiraju se sa susjedima, a poslije se odgovori i argumenti za njih diskutiraju frontalno.

Konceptualna pitanja

1. Pri određivanju gravitacijske potencijalne energije koristimo izraz $E_{gp} = mgh$. Kako određujemo visinu h u toj formuli?
 - A) Moramo mjeriti h uvijek od površine Zemlje.
 - B) Svejedno je odakle mjerimo h , jer za različite odabire dobijemo jednaku gravitacijsku energiju u pojedinom položaju tijela.

- C) Svejedno je odakle mjerimo h , jer za različite odabire dobijemo jednaku promjenu gravitacijske energije pri promjeni položaja tijela.
2. Kako određujemo rad iz grafa?
- A) Kao površinu ispod F - v grafa.
 - B) Kao površinu ispod F - Δx grafa.
 - C) Kao nagib F - v grafa.
 - D) Kao nagib F - Δx grafa.
3. Ako oprugu, konstante elastičnosti k , rastegnemo od nerastegnutoг položaja za produljenje x , koliki smo rad obavili nad oprugom?
- Obavili smo rad iznosa:
- A) kx
 - B) $kx^2/4$
 - C) kx^2
 - D) $kx^2/2$
4. Jedno tijelo ima masu m i giba se brzinom v , a drugo ima masu $m/2$ i giba se brzinom $2v$. Kako se odnose kinetičke energije tih tijela?
- A) Drugo tijelo ima dva puta veću kinetičku energiju od prvog.
 - B) Drugo tijelo ima dva puta manju kinetičku energiju od prvog.
 - C) Oba tijela imaju jednake kinetičke energije.

Zadatak 4. se preporuča rješavati proporcionalnim zaključivanjem od dva koraka, a ne računanjem omjera. Učenike vodimo do zaključka da bi se zbog proporcionalnosti E_k s masom kinetička energija drugog tijela trebala smanjiti 2 puta (što odgovara množenju s faktorom $\frac{1}{2}$), dok bi se zbog proporcionalnosti E_k s kvadratom brzine trebala povećati 4 puta. Konačno povećanje je produkt zasebnih, $\frac{1}{2}$ puta 4, što znači povećanje kinetičke energije 2 puta.

Učenici potom u malim skupinama rješavaju ostatak listića L1 sa zadacima. Nastavnik obilazi skupine i po potrebi intervenira u njihov rad. Ako se uoči neki češći problem, zaustavlja se rad u skupinama i problem se diskutira frontalno.

Zadatke koje ne stignu riješiti učenici rješavaju za domaću zadaću. Domaću zadaću učenici mogu riješiti u GeoGebri gdje mogu provjeriti svoje dijagrame: <https://www.geogebra.org/m/hpwazvz7>