

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

MATERIJALI ZA NASTAVNU SEKVENCU O ENERGIJI

NASTAVNA PRIPREMA 2: RAD - NAČIN PRIJENOSA 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.

- Razlikuje fizikalni pojam rada od pojma rada iz svakodnevnog života
- Tumači rad kao način prijenosa energije
- Primjenjuje matematički opis rada i vezu s promjenom energije
- Opisuje pozitivan i negativan rad
- Prikazuje rad u stupčastom dijagramu energija
- Zaključuje kvalitativno o vezi rada i kinetičke energije

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.

TIJEK SATA

Uvodni dio

UP: Vidjeli smo da tijela mogu imati razne vrste energija. U mehanici će nas najviše zanimati mehanička energija tijela: kinetička, elastična i gravitacijska. Kako možemo mijenjati te energije tijela? Na primjer, što trebate napraviti da date kinetičku energiju autu koji se pokvario na cesti i stao, elastičnu energiju opruzi ili gravitacijsku energiju lopti koja je na podu?

Učenici daju svoje ideje – u svakome od slučajeva potrebno je djelovati vanjskom silom: pogurati auto, rastegnuti oprugu ili podignuti loptu.

Zanimat će nas kako tim vanjskim djelovanjem možemo mijenjati energiju tijelu. Za početak ćemo razmotriti promjenu kinetičke energije.

Izvedemo jednostavan pokus: Kolica početno miruju na stolu. Pogurnemo kolica i ona se počnu gibati.

Što opažate? Što se dogodilo s kinetičkom energijom kolica?

Učenici opažaju da su se kolica nakon mirovanja počela gibati. Njihova je kinetička energija bila početno jednaka nuli, ali su na kraju kolica imala neku kinetičku energiju različitu od nule.

Odakle su kolica dobila kinetičku energiju i na koji način? Kratko opišite pokus i zaključak.

Učenici opisuju pokus i zaključuju da je energija morala doći od osobe koja je pogurala kolica. Osoba je djelovala silom da bi prenijela energiju kolicima. (Pročita se nekoliko zapisa.)

Što se dogodilo s energijom osobe u tom procesu, a što s energijom kolica?

Energija osobe se smanjila, a energija kolica povećala za jednak iznos.

Zaključujemo da se energija može prenijeti s jednog tijela na drugo. Ali, je li dovoljno samo to da sila djeluje na tijelo da bi se dogodio prijenos energije? Da se kolica pri tome nisu pomaknula (zamislimo, na primjer, da umjesto kolica guramo zid, koji se ne pomiče), bi li došlo do prijenosa energije?

Učenici zaključuju da ne bi bilo prijenosa energije bez pomaka tijela, jer kolica ili zid i dalje ne bi imali nikakvu kinetičku energiju.

Djelovanje sile je potrebno, ali nije dostatno, da bi se prenijela energija između tijela. Mora doći i do pomaka tijela uslijed djelovanja sile. Ako pri djelovanju sile na tijelo dođe do njegovog pomaka (pri čemu je pomak na pravcu djelovanja sile ili barem jedne njene komponente), kažemo da smo nad tijelom obavili rad.

Zapišite svojim riječima što bi bio rad.

Pročita se nekoliko zapisa i prodiskutira. Zaključuje se da je rad način prijenosa energije između tijela, koji se odvija pri djelovanju sile na tijelo i pomaku tijela zbog tog djelovanja.

U fizici postoje i drugi načini prijenosa energije između tijela (npr. izmjena topline ili zračenje), o kojima ćete kasnije učiti, ali u mehanici će rad biti jedini način prijenosa energije.

Kako biste matematički opisali vezu rada i energije? Zapišite. Rad na tijelo označimo s W , a energiju tog tijela nakon što je obavljen rad s E_2 , a prije nego što je bio obavljen rad s E_1 .

Učenici zaključuju i zapisuju samostalno da je obavljeni rad jednak promjeni energije tijela:

$$W = \Delta E_{\text{tijela}} = E_2 - E_1$$

Je li rad obavljen nad nekim tijelom ili nije možemo stoga zaključiti po tome je li se promijenila energija tog tijela ili ne. To će nam biti glavni kriterij obavljanja rada.

Iznos rada možemo odrediti i formulom:

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

O čemu taj izraz govori?

Učenici zaključuju da što većom silom djelujemo i što je veći pomak tijela, to će biti veći obavljeni rad nad tijelom.

Ako se gibanje odvija duž pravca i ne mijenja smjer, rad se može izraziti i kao umnožak sile i puta (što vam je poznato iz OŠ), jer je tada $\Delta x = s$:

$$W = F \cdot s.$$

Možemo li ove formule uvijek primijeniti? Ako se gibanje odvija po nekoj zakrivljenoj putanji, formula $W = F \cdot \Delta x$, kao ni $W = F \cdot s$, nije primjenjiva, jer sila mijenja smjer. Ako sila nije stalnoga iznosa, ove formule također nisu primjenjive, a ako vektor pomaka tijela i vektor sile nisu na istome pravcu, nego pod kutom θ , a sila je stalnog iznosa, tada ove formule možemo upotrijebiti, ali radu doprinosi samo komponenta sile na pravcu pomaka, pa je $W = F \Delta x \cos \theta$.

No, formulu $W = \Delta E_{\text{tijela}}$ možemo uvijek primijeniti i na nju ćemo se jako oslanjati u daljnjem razmatranju.

Koja bi bila mjerna jedinica za rad? Kako biste je protumačili?

Učenici zaključuju da rad ima istu mjernu jedinicu kao i energija, džul (J). Iz prethodnih relacija vidimo da je

$$1 \text{ J} = 1 \text{ N} \cdot 1 \text{ m} = 1 \text{ Nm}$$

To znači da se rad od 1 J obavi kad na tijelo djelujemo silom od 1 N pri pomaku tijela od 1 m.

Središnji dio

IP: Kada na tijelo obavljamo pozitivan, a kada negativan rad? Kada je rad na tijelo jednak nuli?

Istražimo to pomoću pokusa s kolicima.

Pokus 1: Kolica ubrzamo iz mirovanja djelovanjem sile ruke.

Pokus 2: Kolica koja se gibaju zaustavljamo djelovanjem sile ruke.

Pokus 3: Na kolica koja miruju djelujemo silom te ona ostanu mirovati.

Zanimat će nas kako se u svakome od slučajeva odnose vektori sile i pomaka, te što se događa s energijom kolica. Rezultate upišite u tablicu:

Što se događa s energijom tijela?	Pokus 1	Pokus 2	Pokus 3
	Energija tijela se povećava. $W > 0, \Delta E > 0$	Energija tijela se smanjuje. $W < 0, \Delta E < 0$	Energija tijela se ne mijenja. $W = 0, \Delta E = 0,$ $E = \text{konst}$
Kako se odnose vektor sile na tijelo i vektor pomaka tijela?	Sila i pomak su u istom smjeru (ili istog smjera i orijentacije). → sila → pomak	Sila i pomak su u suprotnome smjeru (ili istog smjera i suprotne orijentacije). ← sila → pomak	Sila djeluje, ali nema pomaka. ili Sila i pomak su međusobno okomiti. ↓ sila → pomak

Predznak rada	Pozitivan rad	Negativan rad	Rad jednak nuli
---------------	---------------	---------------	-----------------

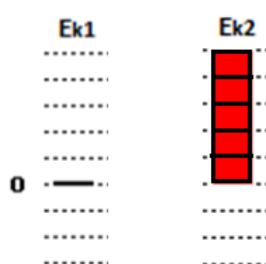
Ove slučajeve možemo prikazati i stupčastim dijagramom energije. No, kako je kod rada uvijek bitno na koje se tijelo obavlja, morat ćemo to precizirati.

Tijelo koje promatramo: kolica

Početni trenutak: kolica miruju

Konačni trenutak: kolica se gibaju

Početni i konačni trenutak možemo opisati energijskim dijagramima kao i ranije. Što uočavate?



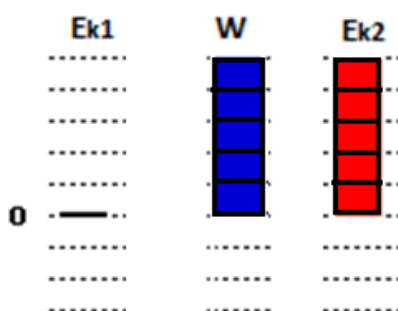
Učenici uočavaju da broj kućica nije jednak u oba trenutka.

Kako to popraviti?

Učenici zaključuju da, kako znamo da energiju nismo mogli niotkuda stvoriti, u dijagramu trebamo nekako prikazati i obavljeni rad nad kolicima.

Gdje smjestiti rad u dijagramu?

Rad ne pripada ni prvom ni drugom trenutku, jer je to proces koji se odvija između njih, pa ga moramo smjestiti između tih trenutaka.



Kako dijagram protumačiti? Energiji u početnom trenutku moramo pribrojiti obavljeni rad da dobijemo energiju u konačnom trenutku. Kako biste to matematički zapisali?

$$E_{k1} + W = E_{k2}$$

Iz ove relacije vidimo da je $W = E_{k2} - E_{k1} = \Delta E$, što nam je već otprije poznata relacija.

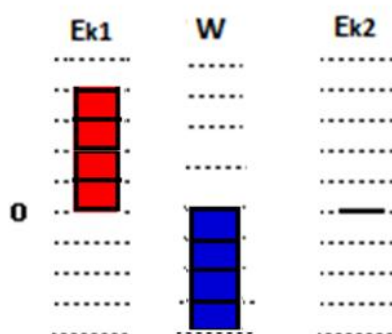
Pokušajte prikazati stupčastim dijagramom drugu situaciju, u kojoj smo kolica zaustavili djelovanjem sile.

Učenici u grupama crtaju stupčasti dijagram.

Tijelo koje promatramo: kolica

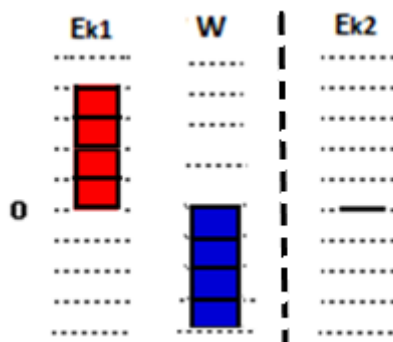
Početni trenutak: kolica se gibaju

Konačni trenutak: kolica su se zaustavila



I ovdje bi vrijedila relacija $E_{k1} + W = E_{k2}$, samo bi vrijednost rada bila negativna. Negativan rad znači da oduzimamo energiju tijelu.

Budući da će nam dijagram energija služiti za pisanje jednadžbe, pravilo će biti: početna energija + rad = konačna energija. Da to bolje upamtite, u dijagram smo stavili crtkanu vertikalnu liniju, koja pomaže da zapamtimo da zbroj kućica s njene lijeve i desne strane mora biti jednak.



Završni dio

Koliki rad obavljate na knjigu dok je držite nepomično na ispruženoj ruci? Možete li to dugo raditi?

Učenici kroz diskusiju zaključuju da je obavljeni rad na knjigu jednak nuli, jer nema promjene energije knjige dok je držimo, ali nam je naporno duže vrijeme držati knjigu na ruci.

Napor i umor koji osjećamo posljedica su toga što naši mišići pretvaraju kemijsku energiju kako bi se stezali i rastezali i time proizveli silu na knjigu, ali ništa od te energije ne prelazi na knjigu, stoga je obavljeni rad na knjigu jednak nuli.

U svakodnevnom životu često koristimo pojam rada, ali uočite da on nema jednako značenje kao u fizici. U svakodnevnom se životu svaki osjećaj napora povezuje s radom. No, osjećaj napora ili umora nije dobar kriterij je li obavljen rad u fizikalnom smislu.

Konceptualna pitanja

1. Koja tvrdnja je točna za pojam rada u fizici?
 - A) Rad se obavlja kad god neko tijelo djeluje silom na drugo tijelo.
 - B) Rad je jednak energiji koju jedno tijelo prenese drugom pri njihovom međudjelovanju.
 - C) Rad se obavlja pri svakom naporu, fizičkom ili mentalnom (poput učenja).

2. Ako se tijelo giba i ima kinetičku energiju 20 J, a mi ga zaustavimo, koliki je rad izvršen nad tijelom?
 - A) 0 J, jer se rad obavlja samo pri ubrzavanju tijela.
 - B) 20 J, jer je za rad bitan apsolutni iznos razlike energija.
 - C) -20 J, jer je konačna kinetička energija tijela manja od početne.

Domaću zadaću učenici mogu riješiti u GeoGebri gdje mogu provjeriti svoje dijagrame:

<https://www.geogebra.org/m/sgvkrgrdr>