

PREGLED I SISTEMATIZACIJA CJELINE O ENERGIJI

Energija – skalarna (brojčana) fizička veličina koja opisuje stanje tijela, mjeri se u džulima (J)

Energiju možemo prepoznati kao **mjeru sposobnosti tijela da izazove fizičke promjene** (promjene stanja drugih tijela). Postoje različiti **oblici energije**.

Kinetička energija: $E_k = mv^2/2$

Gravitacijska potencijalna energija: $E_{gp} = mgh$

Elastična potencijalna energija: $E_{ep} = kx^2/2$

Mehanička energija je zbroj kinetičke, gravitacijske potencijalne i elastične potencijalne energije.

Kinetičku energiju imaju tijela koja se **gibaju**.

Gravitacijska i elastična energija su vrste **potencijalne energije**. Potencijalna energija je drugi način opisa međudjelovanja, te je zato uvijek **svojstvo dva ili više tijela** koja međudjeluju (npr. gravitacijska energija je **zajedničko svojstvo tijela koje podignemo na neku visinu i Zemlje**, zbog gravitacijskog privlačenja između njih).

Unutarnja energija je zbroj svih kinetičkih energija nasumičnog gibanja čestica od kojih se neko tijelo sastoji i potencijalnih energija tih čestica zbog njihovih međudjelovanja.

Promjenu (povećanje) unutarnje energije u situacijama kad djeluje sila trenja F_{tr} ili sila otpora sredstva (koja je promjenjiva, pa je aproksimiramo srednjom silom otpora sredstva dok se tijelo pomiče za Δx), možemo izračunati kao: $\Delta U = F_{tr} \Delta x$ ili $\bar{F}_{ot} \cdot \Delta x$. Ta se promjena odnosi **na oba tijela zajedno** između kojih djeluje trenje (npr. knjigu i stol po kojem ona klizi) ili tijelo na koje djeluje sila otpora sredstva i okolno sredstvo. Općenito ne znamo koliko od ukupne promjene unutarnje energije otpada na pojedino tijelo.

Sustav je naziv za **odabrana tijela** čiju energiju odlučujemo promatrati u nekom primjeru.

Sustav je **izoliran**, ako ni energija ni tvar ne ulaze, niti izlaze iz njega.

U mehanici je jedini način da energija uđe u sustav ili izađe iz njega obavljanje rada. **Rad je način prijenosa energije između tijela**, koji uključuje djelovanje sile i pomak tijela na pravcu djelovanja sile. Zato će **sustav** u mehanici biti izoliran ako je **ukupna vanjska sila na njega jednaka nuli** (nema rada).

Kriterij za to je li obavljen rad nad tijelom je odgovor na pitanje **je li se promijenila energija tijela:** $W = \Delta E$ (obavljeni rad jednak je promjeni energije tijela). To je najvažnija relacija vezana uz rad.

Rad možemo izračunati i kao $W = F \Delta x$. Ovu formulu smijemo primijeniti samo kad je **sila stalna** i djeluje **na pravcu pomaka** tijela, a gibanje se odvija pravocrtno i bez promjene smjera. (Moguće je tada koristiti i $W = Fs$, jer su iznosi pomaka i puta jednaki pri takvim gibanjima). Rad se mjeri u džulima, isto kao i energija. Ako se vektor sile nalazi pod kutom θ u odnosu na vektor pomaka tijela, u izraz za rad uvrštava se samo komponenta na pravcu pomaka ($F \cos \theta$), pa izraz za rad postaje $W = F \Delta x \cos \theta$.

Ako **sila nije stalna**, ne koristimo formulu, nego rad određujemo kao **površinu ispod $F - \Delta x$ grafa**.

Odabiremo nultu razinu gravitacijske energije od koje ćemo mjeriti i visinu h u primjeru. To ne mora uvijek biti na tlu, nego odabrano tako da nam dijagram bude što jednostavniji.

Razmatramo koje **energije** sustav ima **u promatranim trenucima**, te **je li obavljen rad i nacrtamo dijagram** sa stupcima s proizvoljnim brojem kućica, ali tako da zbroj kućica lijevo i desno od vertikalne isprekidane crte postavljene iza rada bude jednak i odražava time očuvanje energije: $E_{uk1} + W = E_{uk2}$.

3. **Matematički opisati, riješiti i promisliti rješenje. Napišemo jednadžbu** na temelju dijagrama (samo članove koji postoje u danom primjeru):

$$E_{k1} + E_{gp1} + E_{ep1} + W = E_{k2} + E_{gp2} + E_{ep2} + \Delta U$$

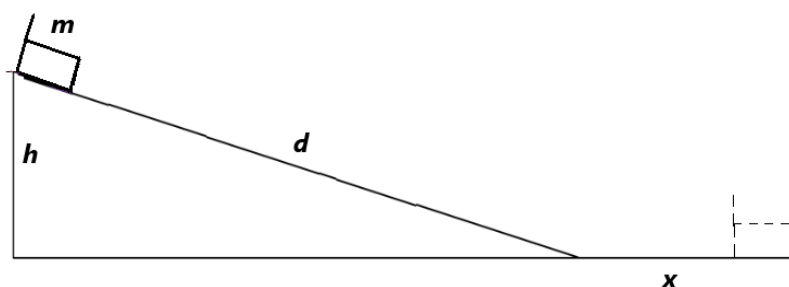
Članove potom **zamijenimo odgovarajućim formulama** za pojedine energije.

Riješimo jednadžbu (pazimo da se sve mjerne jedinice pretvore u osnovne prije uvrštavanja) i **promislimo** o smislenosti dobivenog rješenja i njegovim jedinicama.

Primjer rješenja složenijeg zadatka pomoću ZOE

Sanjke mase 50 kg spuste se iz mirovanja s brežuljka visine 3 m, a duljine 4 m, i zaustave na horizontalnom dijelu u podnožju brežuljka. Tijekom spuštanja niz brežuljak na sanjke djeluje sila trenja iznosa 66 N, a na horizontalnom dijelu iznosa 100 N. Otpor zraka je zanemariv. Na kojoj će se udaljenosti od podnožja brežuljka sanjke zaustaviti?

1. Skiciraj i označi



$$m = 50 \text{ kg}$$

$$h = 3 \text{ m}$$

$$d = 4 \text{ m}$$

$$F_{trd} = 66 \text{ N}$$

$$F_{trx} = 100 \text{ N}$$

$$x = ?$$

Tražimo nepoznatu horizontalnu udaljenost zaustavljanja, koju smo označili s x . Silu trenja na nizbrdici duljine d označili smo s F_{trd} , a silu trenja na horizontalnom dijelu x s F_{trx} . Mogli smo ih označiti i drugačije, npr. F_{tr1} i F_{tr2} , ali je bitno da ih razlikujemo.

2. Fizikalno opiši i prikaži

Uočavamo da je za fizikalni opis ovog gibanja pogodan ZOE, jer je jednostavniji od primjene Newtonovih zakona na kosini.

Sustav: sanjke, obje podloge (nagnuta i horizontalna), Zemlja

Nema nijednog tijela koje izvana djeluje silom na sustav ili obavlja rad, pa je odabrani sustav izoliran. Podloge smo morali uključiti u sustav radi postojanja trenja između njih i sanjki. Zemlju smo uključili radi gravitacijskog međudjelovanja sa sanjkama.

Odabiremo pogodne trenutke za određivanje energija.

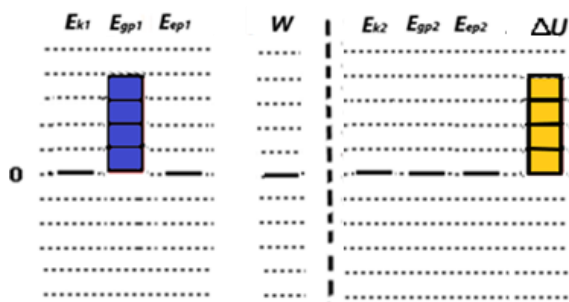
t_1 : sanjke miruju na vrhu brežuljka na visini h

t_2 : sanjke miruju na udaljenosti x od podnožja brežuljka

Nije potrebno razmatrati situaciju u dva koraka (što učenici često rade), prvo spuštanje niz brežuljak, a onda horizontalno gibanje, nego je dovoljno gledati samo početnu i konačnu situaciju. Razdvajanje bi imalo smisla da je jedno od pitanja u zadatku bilo odrediti neku veličinu između tih trenutaka (npr. odrediti brzinu sanjki u podnožju brežuljka), no to ovdje nije slučaj.

Nultu razinu gravitacijske energije možemo odabrati u podnožju brežuljka. Tako će nam u t_2 iznos E_{gp2} biti jednak nuli.

U početnom trenutku sustav ima samo gravitacijsku energiju, a u konačnom nema više nikakvu mehaničku energiju, ali se povećala unutarnja energija sanjki i obiju podloga zbog trenja. Prikazujemo to stupčastim dijagramom energija.



3. Matematički opiši, riješi i promisli

Prema dijagramu napišemo jednadžbu, tako da je ukupna početna energija sustava plus rad jednaka ukupnoj konačnoj energiji. Od svih mogućih članova ostaju samo dva:

$$E_{gp1} = \Delta U$$

Povećanje unutarnje energije sustava sastojat će se od povećanja te energije na brežuljku i povećanja na horizontalnoj podlozi.

$$mgh = F_{trd} \cdot d + F_{trx} \cdot x$$

Kako su sve veličine izražene u osnovnim jedinicama, potrebno ih je samo uvrstiti i izračunati traženu veličinu x :

$$50 \text{ kg} \cdot 10 \text{ ms}^{-2} \cdot 3 \text{ m} = 66 \text{ N} \cdot 4 \text{ m} + 100 \text{ N} \cdot x$$

$$x = 12,4 \text{ m}$$

Ili:

$$x = (mgh - F_{trd} \cdot d) / F_{trx}$$

$$x = (50 \text{ kg} \cdot 10 \text{ ms}^{-2} \cdot 3 \text{ m} - 66 \text{ N} \cdot 4 \text{ m}) / 100 \text{ N}$$

$$x = 12,4 \text{ m}$$

Razmislimo o dobivenom rezultatu. Izražen je u prikladnim mjernim jedinicama duljine, što je dobro. Što se iznosa tiče, izgleda moguće da sanjke, koje se spuste s brežuljka, otklize u podnožju desetak metara (da smo dobili npr. rezultat 1240 m, trebalo bi se zamisliti nad njegovom točnošću i pregledati postupak radi vjerojatnih grešaka).