

Uvođenje i primjena
konceptata rada i
energije te zakona
očuvanja energije u
nastavi fizike u osnovnoj
školi

Izv. prof. dr. sc. Maja Planinić
Fizički odsjek, Prirodoslovno-matematički fakultet, Zagreb

Što je energija?

- ne možemo definirati
- **u svakodnevnom životu:** energija se doživljava kao nešto što koristimo i **trošimo** (svojevrsno gorivo) – dominantna je **ideja trošenja**, krize energije
- **u znanosti:** energija je apstraktna veličina koja opisuje stanje tijela i može se kvantificirati – **dominantna je ideja očuvanja** energije
- Energija **nije** pokretač, niti mehanizam procesa, ali je nužna da bi se procesi odvijali.
- Energija **nije** sposobnost tijela da izvrši rad – neke energije ne možemo pretvoriti u rad
- Opisno u OŠ: **Energija je mjera sposobnosti tijela da izazove fizičke promjene (promjene stanja).**
- Indikatori promjene stanja: promjena stanja gibanja, oblika, sastava, građe, temperature tijela....

Feynman o energiji

„Postoji određena veličina, koju zovemo energijom, koja se ne mijenja u mnogostrukim promjenama kroz koje priroda prolazi. ... Nije to opis mehanizma ili nečeg konkretnog, samo čudna činjenica da možemo izračunati neki broj, pa kad završimo s promatranjem prirode koja izvodi svoje trikove i izračunamo taj broj ponovno, on je isti.”

*(The Feynman Lectures on Physics,
https://www.feynmanlectures.caltech.edu/I_04.html)*

Tko sve
ima
energiju?

- Najočiti primjer: tijela koja se **gibaju** imaju energiju
- Ona mogu promijeniti stanja drugih tijela – npr. pokrenuti neki drugi predmet na gibanje
- Energija gibanja = kinetička energija

https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/0/04/Newton%27s_Cradle_2_ball_cropped.gif/220px-Newton%27s_Cradle_2_ball_cropped.gif

Potencijalna energija

- Imaju li dva električki nabijena balona, dva magneta ili lopta i Zemlja neku energiju zbog svog međudjelovanja, čak i kad se ne gibaju?
- Kažemo da imaju **potencijalnu energiju** (električnu, magnetsku, gravitacijsku, ...)
- Razlog: prepuštena svom međudjelovanju (kad prerežemo niti balona, pustimo magnete ili loptu) ta će tijela **dobiti** kinetičku energiju
- Potencijalna energija = moguća kinetička energija
- Energiju, koju **dva ili više tijela koja međudjeluju** imaju zbog svojeg međusobnog položaja, zvat ćemo **potencijalnom energijom**.
- Oprez: **Ne nazivati potencijalnu energiju energijom mirovanja** (tijela mogu imati potencijalnu energiju i dok se gibaju, a energija mirovanja je poseban pojam)!

Istražujemo
koja sve tijela
imaju
energiju i
katalogiziramo
ih

- Predmeti koji se gibaju imaju **kinetičku** energiju.
- Rastegnuti ili stisnuti elastični predmeti imaju **elastičnu** energiju.
- Predmeti podignuti na neku visinu od tla, na koje djeluje sila teža, imaju **gravitacijsku** energiju.
- Zagrijani predmeti imaju **termičku (toplinsku)** energiju.
- Predmeti koji svijetle emitiraju **svjetlosnu** energiju.
- Različita goriva (hrana, benzin, nafta, plin...) imaju **kemijsku** energiju.
- Baterija ili akumulator imaju **kemijsku** energiju, koju pretvaraju u **električnu** energiju.
- Gradska električna mreža isporučuje **električnu** energiju.

Vrste energije

U osnovi ih ima tri:

- **kinetička** (energija gibanja)
- **potencijalna** (raznih podvrsta, koje su posljedice različitih međudjelovanja – gravitacijska, električna, magnetska, nuklearna, elastična, kemijska...)
- **energija mirovanja** (posljedica toga što tijelo ima masu mirovanja, $E = m_0c^2$) – ne spominje se u OŠ

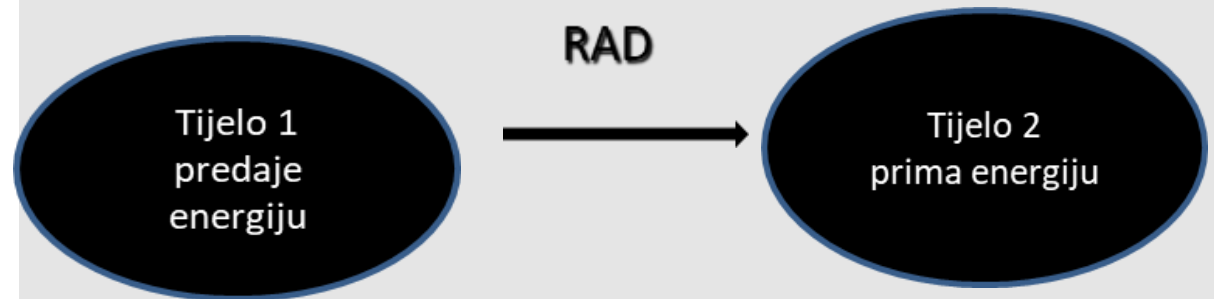
Kako se prenosi energija između tijela?

- **Pokus:** pogurnemo kolica koja početno miruju i ona se počnu gibati - odakle je došla njihova kinetička energija?
- **Rad:** način **prijenosa energije** između tijela, koji uključuje djelovanje sile duž nekog puta
- Nije dovoljno da djeluje sila da bi se izvršio rad nad tijelom, mora doći i do **pomaka** tijela zbog djelovanja sile u istom smjeru.
- Ako je izvršen rad nad tijelom, morala se **promijeniti** njegova energija.

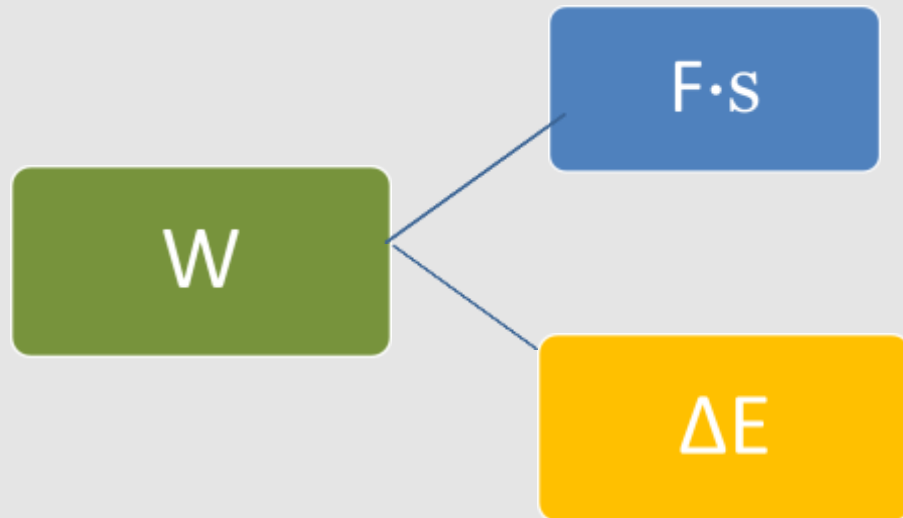
Rad

- **Način prijenosa energije između tijela, koji uključuje djelovanje sile duž nekog puta**

$$W = \Delta E_2 = -\Delta E_1$$



Dvije važne veze



Prva se donekle uspostavi, učenici zapamte formulu, no druga - puno važnija - nije dovoljno naglašena.

Poteškoće vezane uz rad

Osoba drži uteg nepomično u ruci neko vrijeme.

Zašto je rad izvršen na utegu jednak nuli?

**Prigovor učenika: Osoba se umorila,
kako je izvršeni rad jednak nuli?**

Paradoks?

- **Energijski kriterij** za to je li izvršen rad na tijelo: Je li se promijenila energija tijela? Jesmo li mu prenijeli energiju djelovanjem sile?
- $W_{na\ uteg} = \Delta E_{utega} = 0\ J$
- **Ne povezivati izvršeni rad s osjećajem napora ili umora!**
- Osjećaj napora povezan je s kontrakcijom mišića, koja je nužna kako bi čovjek djelovao silom. Možemo se umoriti (jer za kontrakciju mišića treba energija), ali ne prenijeti ništa energije na drugo tijelo (ne izvršiti rad na drugom tijelu).

Gravitacijska potencijalna energija

- Istražujemo kvalitativno ovisnost **promjene** gravitacijske energije o G i h

$$\Delta E_g = mgh$$

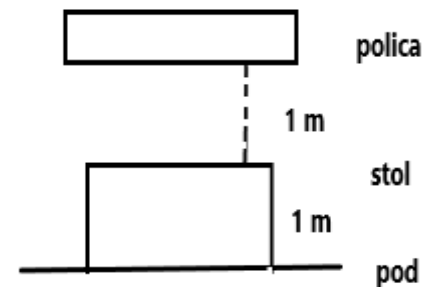
- Da bismo mogli napisati izraz za E_g moramo **odabrati nultu razinu** E_g .
- U OŠ ćemo najčešće odabrati nultu razinu na površini Zemlje i tada je na visini h :

$$E_g = mgh$$

- Različit odabir nulte razine dat će nam različite vrijednosti E_g za isti položaj tijela. Problem?

Zašto
možemo
proizvoljno
odabrati
nultu
razinu E_g ?

- Knjigu mase 2 kg podignemo sa stola visine 1 m na policu visine 2 m. Koliku će gravitacijsku potencijalnu energiju imati knjiga (+Z) u početnom i konačnom položaju? Kolika će biti promjena E_g ?
- Riješite zadatak za dva izbora nulte razine:
A) Nulta razina je na podu
B) Nulta razina je na stolu



- A) $E_{poč} = 20 \text{ J}$, $E_{kon} = 40 \text{ J}$, $\Delta E = 20 \text{ J}$
B) $E_{poč} = 0 \text{ J}$, $E_{kon} = 20 \text{ J}$, $\Delta E = 20 \text{ J}$

Zašto možemo proizvoljno odabrati nultu razinu gravitacijske energije?

Promjena gravitacijske potencijalne energije ne ovisi o izboru njene nulte razine.

Zakon očuvanja energije

- Fundamentalni zakon fizike
- **Iskaz za OŠ: Energija se ne može stvoriti niti uništiti, nego samo pretvoriti iz jednog oblika u drugi ili prenositi s jednog tijela na drugo.**

Ako je energija očuvana, zašto postoji kriza energije?

- Kriza se odnosi na koncentrirane izvore energije, poput fosilnih goriva, ne na energiju kao takvu.
- Svakoga sata Sunce isporuči Zemlji više energije nego li je ukupna godišnja svjetska potreba čovječanstva – ali, ta je energija rasuta i nije uvijek i svugdje jednako dostupna.

Obnovljivi izvori energije

- Sunčeva energija
- Energija vode i vjetra
- Geotermalna energija
- Energija plime i oseke

Neobnovljivi izvori energije

- Fosilna goriva (nafta, ugljen, zemni plin)
- Uranij (nuklearna energija)

Kako pristupiti energiji u 7. razredu?

- Pogledati koji sve objekti imaju energiju i kako to znamo, **uvesti osnovne vrste energije**
- Potom uvesti rad kao **način prijenosa energije** među tijelima
- Uvesti matematički opis gravitacijske energije i proizvoljan odabir njene nulte razine
- Opisati **prijenose i pretvorbe** energije u jednostavnijim primjerima
- Naglasiti **očuvanje energije** (ZOE) kao najvažniji aspekt koncepta energije (premda ga ne možemo kvantitativno provjeriti u OŠ) i prikazati ga pomoću stupčastih dijagrama energije

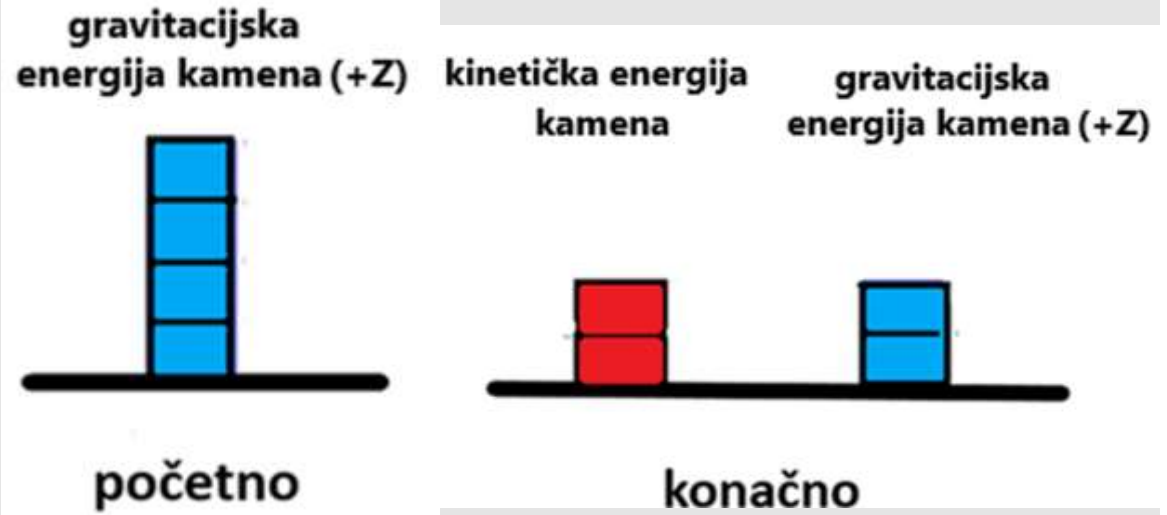
Gdje je energija?

- U raznim primjerima možemo potražiti gdje je energija
- Iako ne možemo kvantitativno provjeriti da je očuvana, možemo ideju očuvanja razvijati kroz prikaz stupčastim dijagramima

Primjer 1: Padanje kamena

Usporedite energije kad je kamen ispušten iz ruku i kad je na pola puta do poda (otpor zraka zanemarujemo). Nulta razina E_g je na tlu.

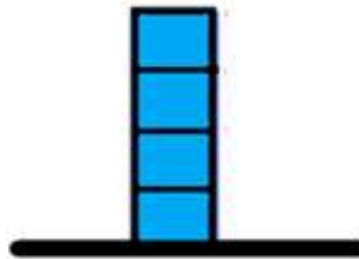
Stupčastim dijagramom možemo ukazati na očuvanje energije: broj „kućica“ početno i konačno mora biti jednak.



Primjer 2: Kamen tik prije udarca o tlo

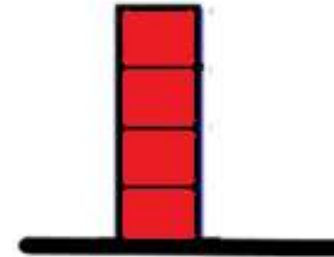
- Kamen ispušten s neke visine nalazi se nakon pada tik pred udarcem o tlo. Zanimarite otpor zraka.
- Nulta razina gravitacijske energije je na tlu.

gravitacijska
energija kamena (+Z)



početno

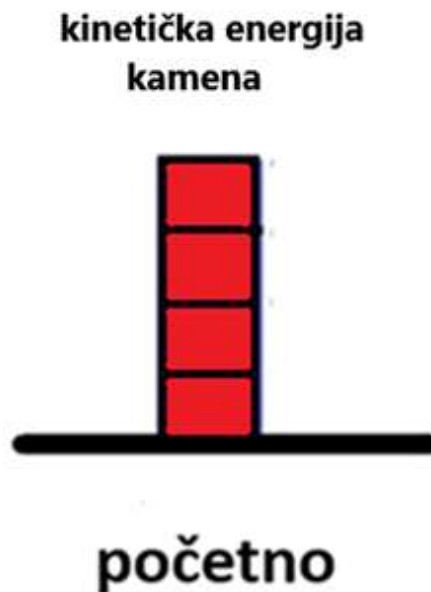
kinetička energija
kamena



konačno

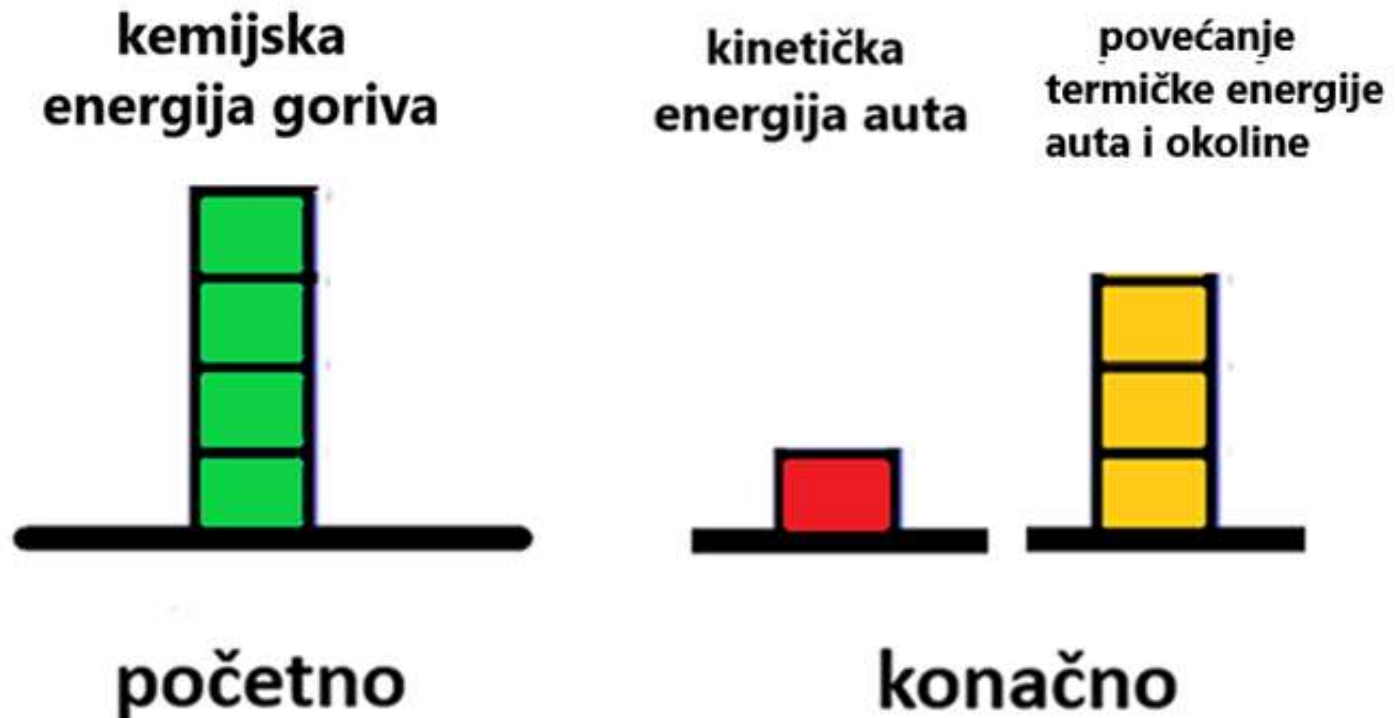
Primjer 3: Kamen se smiri na tlu nakon pada

- Kad se kamen smiri na tlu, na kraju su mu i kinetička i gravitacijska energija jednake nuli. Kamo je “nestala” energija?
- Napomena: **Nakon uvođenja pojma unutarnje energije, povećanje termičke energije ćemo zamijeniti povećanjem unutarnje energije.**



Primjer 4. Benzinski automobil ubrzava iz mirovanja

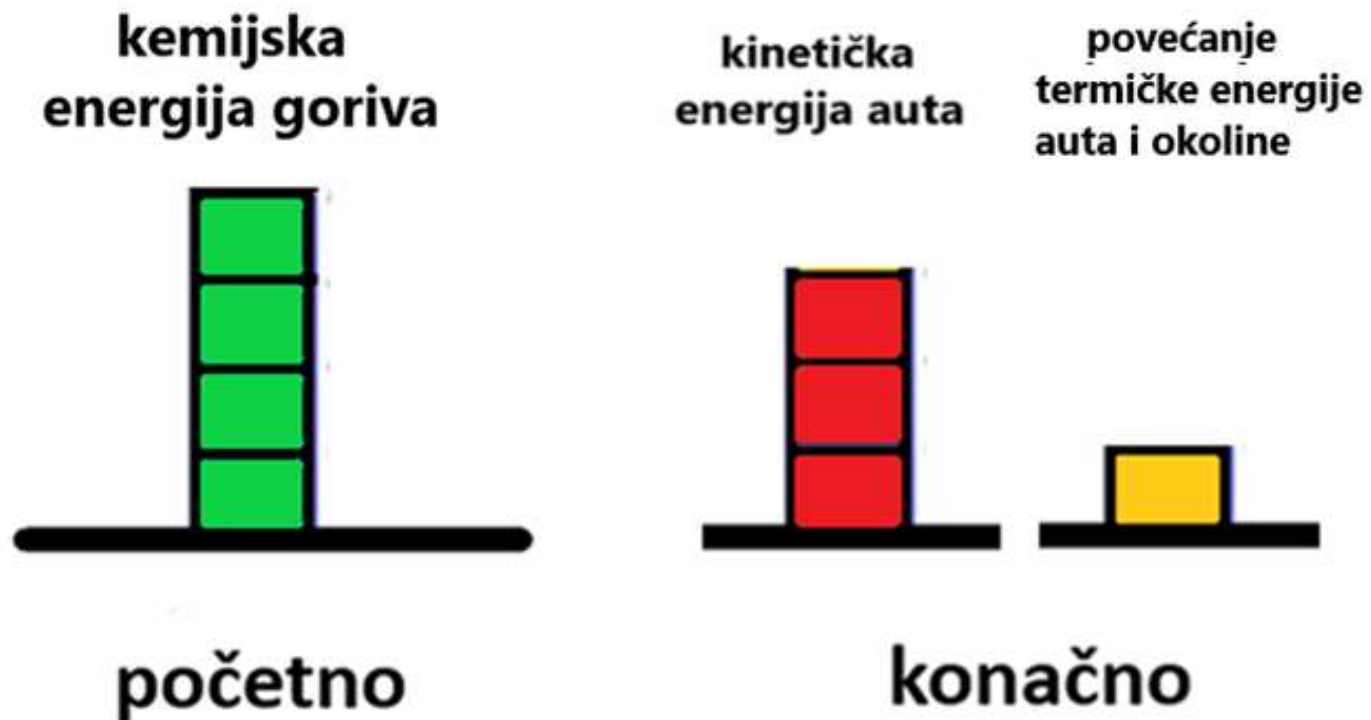
Cesta je horizontalna, nulta razina gravitacijske energije je na cesti.



Napomena: Prikazana je samo kemijska energija goriva koje je utrošeno tijekom ubrzavanja.

Primjer 5. Električni automobil ubrzava iz mirovanja

Cesta je horizontalna, nulta razina gravitacijske energije je na cesti.



Napomena: Prikazana je samo kemijska energija goriva koje je utrošeno tijekom ubrzavanja.

Primjer 6. Automobil koji se gibao stane

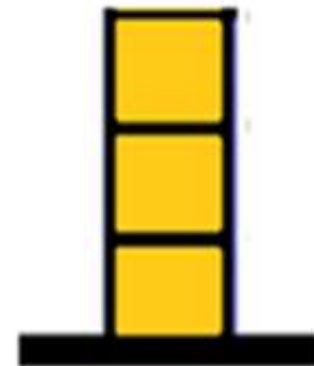
Cesta je horizontalna, nulta razina gravitacijske energije je na cesti.

**kinetička
energija auta**



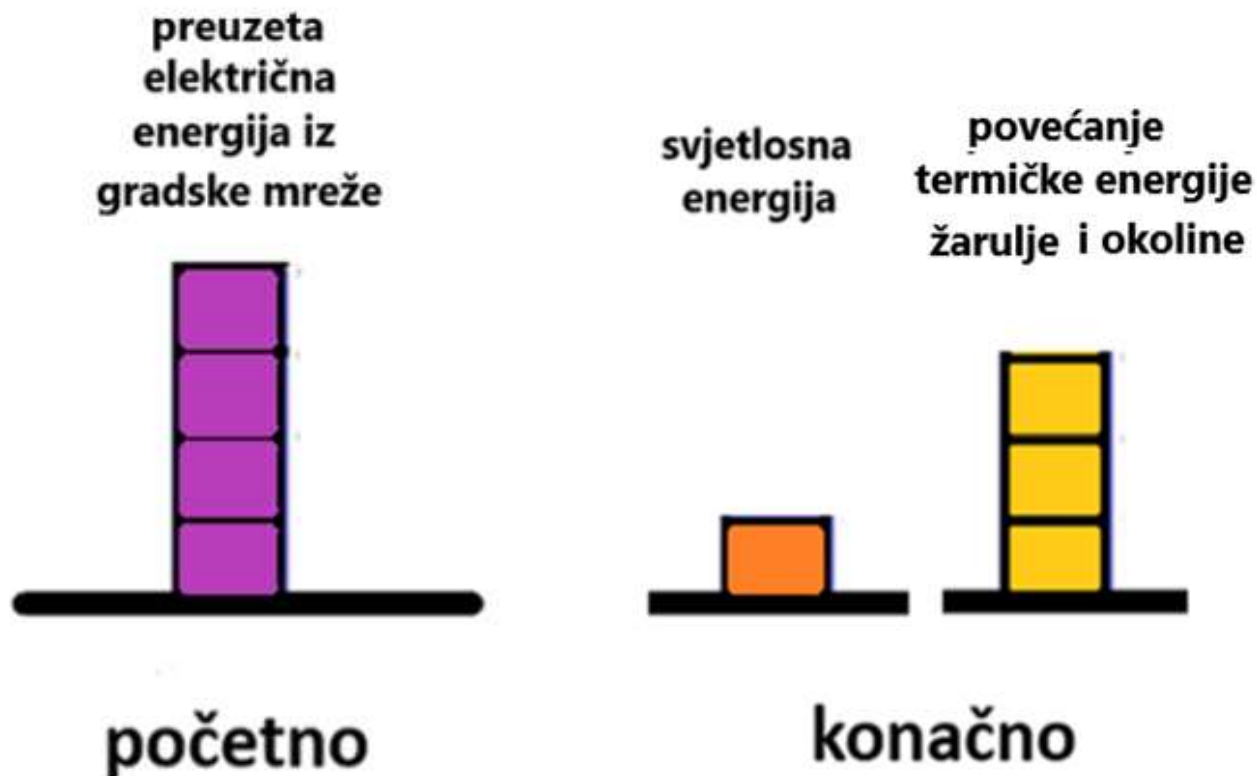
početno

**povećanje
termičke energije
auta i okoline**



konačno

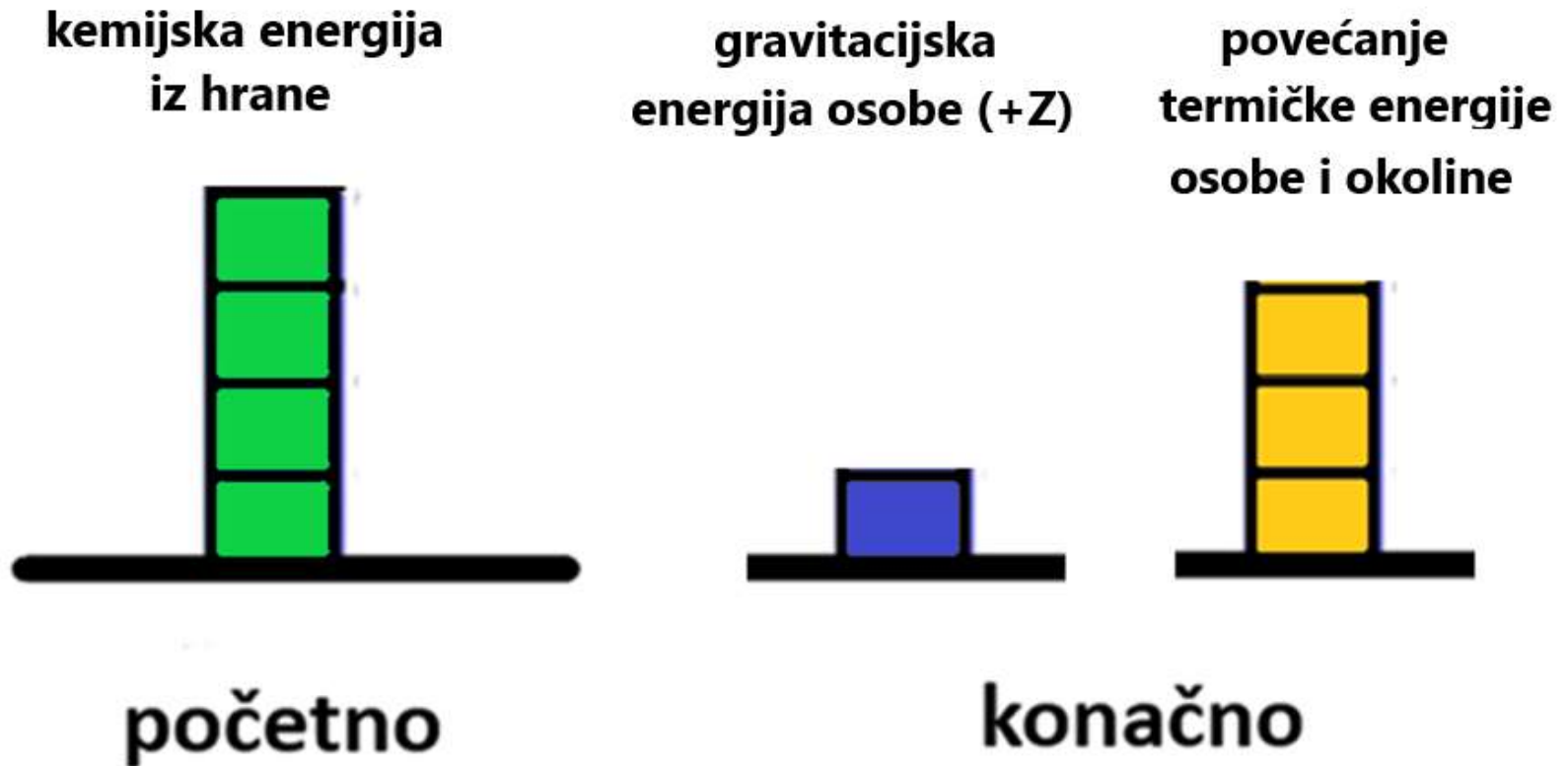
Primjer 7: Klasična žarulja priključena na utičnicu svijetli.



Prikaz se odnosi na dijelove pripadnih energija, koje se pretvaraju tijekom opisanoga procesa.

Primjer 8: Osoba se popne na Sljeme

Nulta razina gravitacijske energije je u podnožju Medvednice.



Prikaz se odnosi na dijelove pripadnih energija, koje se pretvaraju tijekom opisanoga procesa.

Energijske vrijednosti hrane

- U usporedbi s energijskim vrijednostima hrane, sve naše promjene mehaničke energije u svakodnevnim aktivnostima su male.
- Dnevne energijske potrebe odrasle osobe = ca. 8.5 milijuna džula (8500 kJ)
- Promjena gravitacijske energije pri penjanju na Sljeme učenika od 50 kg: 500 kJ
- 100 g čokolade ima ca. 2000 kJ = 2 milijuna džula
- Većina energije koju unesemo odlazi **na održavanje metabolizma**

Unutarnja energija

- **Unutarnja energija** je zbroj kinetičkih energija nasumičnog gibanja svih čestica od kojih se sastoji tijelo i potencijalnih energija zbog njihovih međudjelovanja.
- Unutarnjoj energiji **ne pripada** kinetička energija usmjerenog gibanja cijelog tijela, kao ni njegova gravitacijska potencijalna energija.
- Termička energija = kinetički dio unutarnje energije
- razlikovati termičku energiju, koja opisuje stanje, od **topline** koja opisuje **proces** prijenosa energije zbog razlika u temperaturi između dva tijela

Snaga

- Kod mnogih nas uređaja zanima njihova brzina pretvaranja energije, u neki oblik energije koji nam je koristan
- Novi koncept: **snaga** (brzina pretvaranja energije)

$$P = \Delta E / \Delta t$$

- Interpretirajte značenje snage električnog uređaja od $1000 \text{ W} = 1000 \text{ J/s}$.
- Ako se energija pretvara u mehanički rad $\Delta E = W$, pa je $P = W / \Delta t$ (ili W/t , ako se interval vremena mjeri od 0 s)
- Uočiti: $P = W/t$ je **poseban slučaj**, općenito $P = \Delta E / \Delta t$

Zaključak

- Energija je iznimno važan, ali i zahtjevan koncept.
- U središtu je zakon očuvanja energije – svojevrsno „knjigovodstvo” energije.
- Vodeće pitanje u analizi procesa je **gdje je energija.**
- **Rad se uvodi nakon uvođenja vrsta energije kao način prijenosa energije između tijela.**
- U OŠ se ZOE ne obrađuje kvantitativno, nego se postavljaju konceptualni temelji njegovom razumijevanju, a **stupčasti dijagrami energije** pomažu usvajanju i vizualizaciji ZOE.
- Povezivanje sa svakodnevnim životom je od velike važnosti!

Literatura

Hecht, E. (2019). Understanding energy as a subtle concept: A model for teaching and learning energy, *Am. J. Phys.* 87, 495.

Van Heuvelen, A. & Zou, X. (2001). Multiple representations of work-energy processes, *Am. J. Phys.* 69, 184.

Etkina, E., Gentile, M. & van Heuvelen, A. (2014). *College Physics*, Pearson, SAD.