

# Energija

Duje Jerić- Miloš

18. ožujka 2025.

# Energija

- ▶ Sposobnost tijela da obavi rad?

# Energija

- ▶ Sposobnost tijela da obavi rad? Što ovo točno znači?  
Sposobnost? - ovo je neprecizno!

# Energija

- ▶ Sposobnost tijela da obavi rad? Što ovo točno znači?  
Sposobnost? - ovo je neprecizno!
- ▶ Ideja: energija tijela je "resurs" koji tijelo dobije ili troši kada neka sila obavlja rad na njemu.

# Energija

- ▶ Sposobnost tijela da obavi rad? Što ovo točno znači?  
Sposobnost? - ovo je neprecizno!
- ▶ Ideja: energija tijela je "resurs" koji tijelo dobije ili troši kada neka sila obavlja rad na njemu.
- ▶ Tijelo (ili sustav) ima neku energiju.

# Energija

- ▶ Sposobnost tijela da obavi rad? Što ovo točno znači?  
Sposobnost? - ovo je neprecizno!
- ▶ Ideja: energija tijela je "resurs" koji tijelo dobije ili troši kada neka sila obavlja rad na njemu.
- ▶ Tijelo (ili sustav) ima neku energiju. Određena sila djeluje na to tijelo i obavi rad  $\implies$

# Energija

- ▶ Sposobnost tijela da obavi rad? Što ovo točno znači?  
Sposobnost? - ovo je neprecizno!
- ▶ Ideja: energija tijela je "resurs" koji tijelo dobije ili troši kada neka sila obavlja rad na njemu.
- ▶ Tijelo (ili sustav) ima neku energiju. Određena sila djeluje na to tijelo i obavi rad  $\implies$  energija tijela se promijeni za obavljeni rad.

# Energija

- ▶ Sposobnost tijela da obavi rad? Što ovo točno znači?  
Sposobnost? - ovo je neprecizno!
- ▶ Ideja: energija tijela je "resurs" koji tijelo dobije ili troši kada neka sila obavlja rad na njemu.
- ▶ Tijelo (ili sustav) ima neku energiju. Određena sila djeluje na to tijelo i obavi rad  $\implies$  energija tijela se promijeni za obavljeni rad.
- ▶ Primjerice, tijelo ima energiju  $+5\text{J}$ . Obavimo na njemu rad od  $+10\text{J}$ , onda tijelo ima energiju



# Energija

- ▶ Sposobnost tijela da obavi rad? Što ovo točno znači?  
Sposobnost? - ovo je neprecizno!
- ▶ Ideja: energija tijela je "resurs" koji tijelo dobije ili troši kada neka sila obavlja rad na njemu.
- ▶ Tijelo (ili sustav) ima neku energiju. Određena sila djeluje na to tijelo i obavi rad  $\implies$  energija tijela se promijeni za obavljeni rad.
- ▶ Primjerice, tijelo ima energiju  $+5\text{J}$ . Obavimo na njemu rad od  $+10\text{J}$ , onda tijelo ima energiju  $+15\text{J}$ .

# Energija

- ▶ Sposobnost tijela da obavi rad? Što ovo točno znači?  
Sposobnost? - ovo je neprecizno!
- ▶ Ideja: energija tijela je "resurs" koji tijelo dobije ili troši kada neka sila obavlja rad na njemu.
- ▶ Tijelo (ili sustav) ima neku energiju. Određena sila djeluje na to tijelo i obavi rad  $\Rightarrow$  energija tijela se promijeni za obavljeni rad.
- ▶ Primjerice, tijelo ima energiju  $+5\text{J}$ . Obavimo na njemu rad od  $+10\text{J}$ , onda tijelo ima energiju  $+15\text{J}$ .
- ▶ Rad daje samo promjenu energije. Kako ćemo znati koliko točno energije tijelo ima?

# Energija

- ▶ Sposobnost tijela da obavi rad? Što ovo točno znači? Sposobnost? - ovo je neprecizno!
- ▶ Ideja: energija tijela je "resurs" koji tijelo dobije ili troši kada neka sila obavlja rad na njemu.
- ▶ Tijelo (ili sustav) ima neku energiju. Određena sila djeluje na to tijelo i obavi rad  $\implies$  energija tijela se promijeni za obavljeni rad.
- ▶ Primjerice, tijelo ima energiju  $+5\text{J}$ . Obavimo na njemu rad od  $+10\text{J}$ , onda tijelo ima energiju  $+15\text{J}$ .
- ▶ Rad daje samo promjenu energije. Kako ćemo znati koliko točno energije tijelo ima? Moramo odrediti (tj. dogovoriti se) kada će energija tijela biti 0!

# Gravitacijska potencijalna energija

- ▶ Mjerimo visinu nekog tijela (s obzirom na nešto - npr. pod).

# Gravitacijska potencijalna energija

- ▶ Mjerimo visinu nekog tijela (s obzirom na nešto - npr. pod).
- ▶ Kada se tijelo nalazi na visini  $h$  (eng. *height*) ima neku **gravitacijsku potencijalnu energiju**  $E_p$ .

# Gravitacijska potencijalna energija

- ▶ Mjerimo visinu nekog tijela (s obzirom na nešto - npr. pod).
- ▶ Kada se tijelo nalazi na visini  $h$  (eng. *height*) ima neku **gravitacijsku potencijalnu energiju**  $E_p$ .
- ▶ Dogovorimo se da na visini 0, gravitacijska potencijalna energija tijela bude 0.

# Gravitacijska potencijalna energija

- ▶ Mjerimo visinu nekog tijela (s obzirom na nešto - npr. pod).
- ▶ Kada se tijelo nalazi na visini  $h$  (eng. *height*) ima neku **gravitacijsku potencijalnu energiju**  $E_p$ .
- ▶ Dogovorimo se da na visini 0, gravitacijska potencijalna energija tijela bude 0.
- ▶ Kada je tijelo na visini  $h$ , gravitacijska potencijalna energija je **rad koji treba uložiti da se suprotstavimo gravitaciji te podignemo tijelo s visine 0 na visinu  $h$ .**

# Gravitacijska potencijalna energija

- ▶ Mjerimo visinu nekog tijela (s obzirom na nešto - npr. pod).
- ▶ Kada se tijelo nalazi na visini  $h$  (eng. *height*) ima neku **gravitacijsku potencijalnu energiju**  $E_p$ .
- ▶ Dogovorimo se da na visini 0, gravitacijska potencijalna energija tijela bude 0.
- ▶ Kada je tijelo na visini  $h$ , gravitacijska potencijalna energija je **rad koji treba uložiti da se suprotstavimo gravitaciji te podignemo tijelo s visine 0 na visinu  $h$ .**
- ▶ To je ujedno i rad koji gravitacija obavi kada tijelo padne s visine  $h$  na visinu 0.



# Gravitacijska potencijalna energija

- ▶ Blizu površine planeta, sila teža  $F_g = mg$  je konstantna, a prijeđeni put je  $h$ .

# Gravitacijska potencijalna energija

- ▶ Blizu površine planeta, sila teža  $F_g = mg$  je konstantna, a prijeđeni put je  $h$ .
- ▶ Obavljeni rad je pozitivan (sila je u smjeru pomaka) i iznosi

$$E_p = F_g \cdot h = mgh.$$

# Gravitacijska potencijalna energija

- ▶ Blizu površine planeta, sila teža  $F_g = mg$  je konstantna, a prijeđeni put je  $h$ .
- ▶ Obavljeni rad je pozitivan (sila je u smjeru pomaka) i iznosi

$$E_p = F_g \cdot h = mgh.$$

- ▶ Kada tijelo s visine  $h_1$  pada na visinu  $h_2$ , rad sile teže jednak je promjeni gravitacijske potencijalne energije:

$$W = F_g \cdot d = F_g \cdot (h_1 - h_2) = mg(h_1 - h_2) = mgh_1 - mgh_2$$

# Kinetička energija

- ▶ Mjerimo brzinu nekog tijela (s obzirom na nešto - npr. nas ili pod).

# Kinetička energija

- ▶ Mjerimo brzinu nekog tijela (s obzirom na nešto - npr. nas ili pod).
- ▶ Kada se tijelo giba nekom brzinom  $v$ , onda ono ima **kinetičku energiju**  $E_k$ .

# Kinetička energija

- ▶ Mjerimo brzinu nekog tijela (s obzirom na nešto - npr. nas ili pod).
- ▶ Kada se tijelo giba nekom brzinom  $v$ , onda ono ima **kinetičku energiju**  $E_k$ .
- ▶ Dogovorimo se da, kada je brzina 0, kinetička energija tijela je 0.

# Kinetička energija

- ▶ Mjerimo brzinu nekog tijela (s obzirom na nešto - npr. nas ili pod).
- ▶ Kada se tijelo giba nekom brzinom  $v$ , onda ono ima **kinetičku energiju**  $E_k$ .
- ▶ Dogovorimo se da, kada je brzina 0, kinetička energija tijela je 0.
- ▶ Kinetička energija tijela mase  $m$  koje se giba brzinom  $v$  je **rad koji rezultantna sila obavi kada ubrza tijelo iz stanja mirovanja do brzine  $v$ .**

# Kinetička energija

- ▶ Mjerimo brzinu nekog tijela (s obzirom na nešto - npr. nas ili pod).
- ▶ Kada se tijelo giba nekom brzinom  $v$ , onda ono ima **kinetičku energiju**  $E_k$ .
- ▶ Dogovorimo se da, kada je brzina 0, kinetička energija tijela je 0.
- ▶ Kinetička energija tijela mase  $m$  koje se giba brzinom  $v$  je **rad koji rezultantna sila obavi kada ubrza tijelo iz stanja mirovanja do brzine  $v$ .**
- ▶ Malo teži matematički izvod pokaže da  $E_k = \frac{1}{2}mv^2$ .



## Dodatak: Potencijalna energija općenito

- ▶ Elastična potencijalna energija je rad koji treba obaviti da bismo oprugu iz labavog stanja rastegnuli za neku duljinu  $x$ .

## Dodatak: Potencijalna energija općenito

- ▶ Elastična potencijalna energija je rad koji treba obaviti da bismo oprugu iz labavog stanja rastegnuli za neku duljinu  $x$ .
- ▶ Ako je  $k$  konstanta opruge, onda se može pokazati da elastična potencijalna energija iznosi  $\frac{1}{2}kx^2$ .

## Dodatak: Potencijalna energija općenito

- ▶ Elastična potencijalna energija je rad koji treba obaviti da bismo oprugu iz labavog stanja rastegnuli za neku duljinu  $x$ .
- ▶ Ako je  $k$  konstanta opruge, onda se može pokazati da elastična potencijalna energija iznosi  $\frac{1}{2}kx^2$ .
- ▶ Sila je **konzervativna** ako je njen rad ne ovisi o putanji, već samo o početnom i konačnom položaju tijela.

## Dodatak: Potencijalna energija općenito

- ▶ Elastična potencijalna energija je rad koji treba obaviti da bismo oprugu iz labavog stanja rastegnuli za neku duljinu  $x$ .
- ▶ Ako je  $k$  konstanta opruge, onda se može pokazati da elastična potencijalna energija iznosi  $\frac{1}{2}kx^2$ .
- ▶ Sila je **konzervativna** ako je njen rad ne ovisi o putanji, već samo o početnom i konačnom položaju tijela.
- ▶ Odaberimo neku točku  $p$  i neka je  $U_a$  rad koji sila obavi kada iz  $p$  pomiče tijelo do  $a$ .  $U$  zovemo **potencijalna energija** (mjerena iz  $p$ ).

## Dodatak: Potencijalna energija općenito

- ▶ Elastična potencijalna energija je rad koji treba obaviti da bismo oprugu iz labavog stanja rastegnuli za neku duljinu  $x$ .
- ▶ Ako je  $k$  konstanta opruge, onda se može pokazati da elastična potencijalna energija iznosi  $\frac{1}{2}kx^2$ .
- ▶ Sila je **konzervativna** ako je njen rad ne ovisi o putanji, već samo o početnom i konačnom položaju tijela.
- ▶ Odaberimo neku točku  $p$  i neka je  $U_a$  rad koji sila obavi kada iz  $p$  pomiče tijelo do  $a$ .  $U$  zovemo **potencijalna energija** (mjerena iz  $p$ ).
- ▶ Rad sile od  $a$  do  $b$  jednak je  $W = U_b - U_a$ . Zašto? Od  $a$  do  $b$  možemo ići sljedećom putanjom:  $a \rightarrow p \rightarrow b$ .

## Dodatak: Potencijalna energija općenito

- ▶ Rad konzervativne sile po zatvorenoj putanji je 0. Zašto? Ako su početna i konačna točka  $a$ , onda je rad  $U_a - U_a = 0$ .

## Dodatak: Potencijalna energija općenito

- ▶ Rad konzervativne sile po zatvorenoj putanji je 0. Zašto? Ako su početna i konačna točka  $a$ , onda je rad  $U_a - U_a = 0$ .
- ▶ Ovo znači da nam na jednom dijelu puta sila pomaže (gleda u smjeru pomaka), na drugom odmaže (gleda u suprotnom smjeru od pomaka).

## Dodatak: Potencijalna energija općenito

- ▶ Rad konzervativne sile po zatvorenoj putanji je 0. Zašto? Ako su početna i konačna točka  $a$ , onda je rad  $U_a - U_a = 0$ .
- ▶ Ovo znači da nam na jednom dijelu puta sila pomaže (gleda u smjeru pomaka), na drugom odmaže (gleda u suprotnom smjeru od pomaka).
- ▶ Je li gravitacija konzervativna. Da, kada bodybuilder diže uteg, sila teža mu odmaže, ali kada spušta uteg mu pomaže.



## Dodatak: Potencijalna energija općenito

- ▶ Rad konzervativne sile po zatvorenoj putanji je 0. Zašto? Ako su početna i konačna točka  $a$ , onda je rad  $U_a - U_a = 0$ .
- ▶ Ovo znači da nam na jednom dijelu puta sila pomaže (gleda u smjeru pomaka), na drugom odmaže (gleda u suprotnom smjeru od pomaka).
- ▶ Je li gravitacija konzervativna. Da, kada bodybuilder diže uteg, sila teža mu odmaže, ali kada spušta uteg mu pomaže.
- ▶ Je li elastična sila konzervativna? Da, kada strijelac napinje luk, elastična sila odmaže, ali kada odapne luk, elastična sila pomaže.

## Dodatak: Potencijalna energija općenito

- ▶ Rad konzervativne sile po zatvorenoj putanji je 0. Zašto? Ako su početna i konačna točka  $a$ , onda je rad  $U_a - U_a = 0$ .
- ▶ Ovo znači da nam na jednom dijelu puta sila pomaže (gleda u smjeru pomaka), na drugom odmaže (gleda u suprotnom smjeru od pomaka).
- ▶ Je li gravitacija konzervativna. Da, kada bodybuilder diže uteg, sila teža mu odmaže, ali kada spušta uteg mu pomaže.
- ▶ Je li elastična sila konzervativna? Da, kada strijelac napinje luk, elastična sila odmaže, ali kada odapne luk, elastična sila pomaže.
- ▶ Je li trenje konzervativna sila? NE! trenje se uvijek odupire gibanju (uvijek je u suprotnom smjeru od pomaka).

## Dodatak: Potencijalna energija općenito

- ▶ Rad konzervativne sile po zatvorenoj putanji je 0. Zašto? Ako su početna i konačna točka  $a$ , onda je rad  $U_a - U_a = 0$ .
- ▶ Ovo znači da nam na jednom dijelu puta sila pomaže (gleda u smjeru pomaka), na drugom odmaže (gleda u suprotnom smjeru od pomaka).
- ▶ Je li gravitacija konzervativna. Da, kada bodybuilder diže uteg, sila teža mu odmaže, ali kada spušta uteg mu pomaže.
- ▶ Je li elastična sila konzervativna? Da, kada strijelac napinje luk, elastična sila odmaže, ali kada odapne luk, elastična sila pomaže.
- ▶ Je li trenje konzervativna sila? NE! trenje se uvijek odupire gibanju (uvijek je u suprotnom smjeru od pomaka).
- ▶ Rad sile trenja očito ovisi o putanji (duža putanja  $\implies$  veći rad).

## Dodatak: Potencijalna energija općenito

- ▶ Dvije čestice mogu međudjelovati konzervativnom silom.

## Dodatak: Potencijalna energija općenito

- ▶ Dvije čestice mogu međudjelovati konzervativnom silom.
- ▶ Fiksirajmo položaj prve čestice. Kažemo da je sila konzervativna ako je sila kojom prva čestica djeluje na drugu konzervativna (rad ne ovisi o putu).

## Dodatak: Potencijalna energija općenito

- ▶ Dvije čestice mogu međudjelovati konzervativnom silom.
- ▶ Fiksirajmo položaj prve čestice. Kažemo da je sila konzervativna ako je sila kojom prva čestica djeluje na drugu konzervativna (rad ne ovisi o putu).
- ▶ Za svaki položaj prve čestice  $x_1$  dobijemo potencijalnu energiju druge čestice  $U(x_2)$  koja ovisi samo o njenom položaju  $x_2$ .

## Dodatak: Potencijalna energija općenito

- ▶ Dvije čestice mogu međudjelovati konzervativnom silom.
- ▶ Fiksirajmo položaj prve čestice. Kažemo da je sila konzervativna ako je sila kojom prva čestica djeluje na drugu konzervativna (rad ne ovisi o putu).
- ▶ Za svaki položaj prve čestice  $x_1$  dobijemo potencijalnu energiju druge čestice  $U(x_2)$  koja ovisi samo o njenom položaju  $x_2$ .
- ▶ Dakle, imamo potencijalnu energiju  $U(x_1, x_2)$  koja samo ovisi o položajima dviju čestica.

## Dodatak: Potencijalna energija općenito

- ▶ Dvije čestice mogu međudjelovati konzervativnom silom.
- ▶ Fiksirajmo položaj prve čestice. Kažemo da je sila konzervativna ako je sila kojom prva čestica djeluje na drugu konzervativna (rad ne ovisi o putu).
- ▶ Za svaki položaj prve čestice  $x_1$  dobijemo potencijalnu energiju druge čestice  $U(x_2)$  koja ovisi samo o njenom položaju  $x_2$ .
- ▶ Dakle, imamo potencijalnu energiju  $U(x_1, x_2)$  koja samo ovisi o položajima dviju čestica.
- ▶ Isto vrijedi za veći broj čestica (dovoljno je promatrati parove čestica).



## Zaključimo (prepišite)

- ▶ Kada djelujemo na neko tijelo silom i obavimo rad, tijelu se mijenja energija (za iznos obavljenog rada).

## Zaključimo (prepišite)

- ▶ Kada djelujemo na neko tijelo silom i obavimo rad, tijelu se mijenja energija (za iznos obavljenog rada).
- ▶ Gravitacijska potencijalna energija je rad potreban da tijelo s visine 0 dovedemo na visinu  $h$ :

$$E_p = F_g \cdot h = mgh$$

## Zaključimo (prepišite)

- ▶ Kada djelujemo na neko tijelo silom i obavimo rad, tijelu se mijenja energija (za iznos obavljenog rada).
- ▶ Gravitacijska potencijalna energija je rad potreban da tijelo s visine 0 dovedemo na visinu  $h$ :

$$E_p = F_g \cdot h = mgh$$

- ▶ Kinetička energija je rad potreban da tijelo iz stanja mirovanja dovedemo do brzine  $v$ . Može se pokazati da  $E_k = \frac{1}{2}mv^2$ .

## Zaključimo (prepišite)

- ▶ Kada djelujemo na neko tijelo silom i obavimo rad, tijelu se mijenja energija (za iznos obavljenog rada).
- ▶ Gravitacijska potencijalna energija je rad potreban da tijelo s visine 0 dovedemo na visinu  $h$ :

$$E_p = F_g \cdot h = mgh$$

- ▶ Kinetička energija je rad potreban da tijelo iz stanja mirovanja dovedemo do brzine  $v$ . Može se pokazati da  $E_k = \frac{1}{2}mv^2$ .
- ▶ Iznos energije ovisi o promatraču. Iz perspektive promatrača na stanici, vlak se giba pa ima kinetičku energiju, ali iz perspektive putnika u vlaku (koji se giba zajedno s vlakom), vlak nema kinetičku energiju.

## Zaključimo (prepišite)

- ▶ Kada djelujemo na neko tijelo silom i obavimo rad, tijelu se mijenja energija (za iznos obavljenog rada).
- ▶ Gravitacijska potencijalna energija je rad potreban da tijelo s visine 0 dovedemo na visinu  $h$ :

$$E_p = F_g \cdot h = mgh$$

- ▶ Kinetička energija je rad potreban da tijelo iz stanja mirovanja dovedemo do brzine  $v$ . Može se pokazati da  $E_k = \frac{1}{2}mv^2$ .
- ▶ Iznos energije ovisi o promatraču. Iz perspektive promatrača na stanici, vlak se giba pa ima kinetičku energiju, ali iz perspektive putnika u vlaku (koji se giba zajedno s vlakom), vlak nema kinetičku energiju.
- ▶ Kada rad sile na tijelo ovisi isključivo o njegovom početnom i konačnom položaju (a ne putanji), tijelo ima neku *potencijalnu energiju* - npr. gravitacija, opruga, elektrostatika...