



Termodinamika

**Rad** je djelovanje sile duž puta. Oznaka za rad je slovo **W**, a osnovna mjerna jedinica džul, oznaka **J**. Kada su sila i put paralelni, rad se izračunava matematičkim izrazom:

$$W = F \cdot s.$$

Koliko je puta veći iznos sile kojom se djeluje na tijelo duž puta, toliko je puta veći rad. Koliko je puta veća duljina puta duž kojeg djeluje sila, toliko je puta veći rad. Ako je sila koja djeluje na tijelo okomita na put, onda je rad te sile jednak nuli.

#### Primjer 27.

Kolikom silom treba djelovati Marko po putu duljine 200 cm kako bi obavio rad od 20 J?

$$\begin{array}{lll} W = 20 \text{ J} & W = F \cdot s & F = \frac{20 \text{ J}}{2 \text{ m}} \\ s = 200 \text{ cm} = 2 \text{ m} & F = \frac{W}{s} & F = 10 \text{ N} \end{array}$$

#### Primjer 28.

Dizalica jednoliko podiže teret mase 15 kg s tla na treći kat nebodera koji se nalazi na visini 13.2 m. Koliki rad obavi dizalica?

Teret se giba jednoliko pa je iznos sile dizanja tereta jednak iznosu sile teže na teret:  
 $F_{diz} = F_g = m \cdot g.$

$$\begin{array}{lll} m = 15 \text{ kg} & W_{diz} = F_{diz} \cdot s & W_{diz} = 15 \text{ kg} \cdot 10 \frac{\text{N}}{\text{kg}} \cdot 13.2 \text{ m} \\ s = 13.5 \text{ m} & W_{diz} = m \cdot g \cdot s & W_{diz} = 1980 \text{ J} \end{array}$$

**Primjer 29.**

Božo jednoliko vuče drveni sanduk po vodoravnoj betonskoj podlozi duljine 10 m pritom obavljajući rad od 310 J. Odredimo masu drvenog sanduka ako koeficijent trenja između sanduka i betona iznosi 0.62.

Sanduk se giba jednoliko, pa je iznos sile vučenja sanduka jednak iznosu sile trenja:

$$F_v = F_{tr} = \mu \cdot m \cdot g.$$

$$s = 10 \text{ m}$$

$$W_v = 310 \text{ J}$$

$$\mu = 0.62$$

$$W_v = F_v \cdot s$$

$$W_v = \mu \cdot m \cdot g \cdot s$$

$$m = \frac{W_v}{\mu \cdot g \cdot s}$$

$$m = \frac{310 \text{ J}}{0.62 \cdot 10 \frac{\text{N}}{\text{kg}} \cdot 10 \text{ m}}$$

$$m = 5 \text{ kg}$$

**ZADATCI 19.**

- Oznaka za fizičku veličinu rada jest:
  - $W$
  - $R$
  - $P$
  - $E$ .
- Čemu je jednak obavljeni rad?
  - zbroju sile i puta
  - kvocijentu sile i puta
  - umnošku sile i puta.
- Koliki rad obavi čovjek djelujući silom od 20 N na tijelo duž puta 10 m?
- Majka jednoliko gura dječja kolica niz pločnik duljine 500 dm djelujući silom od 12 N. Koliki je rad guranja obavljen?

5. Izračunaj rad koji obavi Marko jednoliko podižući knjigu mase 0.5 kg s tla na stol visine 80 cm.
6. Dizalica podiže paletu s teretom mase 0.15 t. Koliki rad obavi dizalica podižući teret na visinu 15 m?
7. Pri premještanju vaze s poda na ormarić visine 14 dm Lucija obavi rad od 238 J. Kolika je masa, a kolika težina vaze?
8. Dizač utega jednoliko podiže četiri utega na šipki ukupne težine 1000 N.
- Odredi visinu na koju su podignuti utezi ako je obavljen rad od 1800 J.
  - Kolika je masa jednog utega ako šipka ima masu 10 kg?

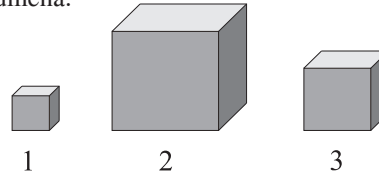
9. Na slici su prikazane aluminijske kocke različitog volumena.

I. Kako se odnose težine prikazanih kocaka?

a)  $G_1 > G_2 > G_3$

b)  $G_2 > G_3 > G_1$

c)  $G_3 > G_1 > G_2$ .



II. Ako se kocke podižu na istu visinu, najmanji rad obavljen je nad:

a) kockom 1

b) kockom 2

c) kockom 3.

III. Ako se nad kockama obavi jednak rad, tada se visine na koje su podignute kocke odnose kao:

a)  $h_1 < h_2 < h_3$

b)  $h_3 < h_2 < h_1$

c)  $h_2 < h_3 < h_1$ .

10. Gurajući kolica u trgovini, čovjek obavlja rad pritom savladavajući:

a) elastičnu silu

b) silu teže

c) silu trenja

d) pritisnu silu.

11. Marija jednoliko gura kutiju punu igračaka po parketu svoje sobe. Koliki je rad guranja ako je kutija težine 43 N, a put duljine 4 m? Faktor trenja između kutije i parketa iznosi 0.3.

12. U izlogu zlatarnice nalazi se zlatni valjak površine dna  $25 \text{ cm}^2$  i visine 4 cm. Gustoća zlata iznosi  $19.3 \text{ g/cm}^3$ .

a) Odredi masu valjka koji se nalazi u izlogu.

b) Zbog promjene izgleda izloga zlatar je pomaknuo valjak s jednog na drugi kraj izloga. Koliki je faktor trenja između valjka i podloge ako zlatar valjak jednoliko vuče silom od 10 N?

c) Koliko je dugačak izlog ako je zlatar prilikom vučenja obavio rad od 35 J?

13. Ema na 1 m visine podiže drvenu dasku dimenzija  $40\text{ cm} \times 2\text{ dm} \times 2\text{ cm}$ . Gustoća drveta iznosi  $750\text{ kg/m}^3$ .
- Kolika je masa drvene daske?
  - Kolikom silom Zemlja djeluje na dasku u Eminim rukama?
  - Koliki rad obavi Ema prilikom podizanja daske?
14. Dva željezna sanduka A i B jednakih su masa. Dizalica sanduk A podigne na osmi kat nedovršenog nebodera, a sanduk B na četvrti kat. Rad koji dizalica obavi podižući sanduk B:
- jednak je radu koji dizalica obavi podižući sanduk A
  - dvostruko je manji od rada koji dizalica obavi podižući sanduk A
  - dvostruko je veći od rada koji dizalica obavi podižući sanduk A.
15. Dva željezna sanduka A i B dizalica podiže na treći kat nedovršenog nebodera. Sanduk A je trostruko manje mase nego sanduk B. Koliki rad obavi dizalica pri podizanju oba sanduka?
- Dizalica obavi jednak rad u oba slučaja.
  - Dizalica obavi veći rad u slučaju kada podiže sanduk A.
  - Dizalica obavi veći rad u slučaju kada podiže sanduk B.

16. U kojim od navedenih primjera Božo ne obavlja rad?
- a) Nad ormarom gurajući ga s jednog na drugi kraj hodnika.
  - b) Nad utezima prilikom podizanja s poda.
  - c) Nad torbom koju nosi u ruci dok hoda prema uredu.
  - d) Nad bušilicom kojom radnik buši asfalt.
  - e) Nad policom na koju stavlja knjigu.
17. Podižući magnet u visinu, čovjek obavlja rad pritom savladavajući:
- a) silu trenja
  - b) silu težu
  - c) magnetsku silu
  - d) elastičnu silu.
18. Koja je od napisanih tvrdnji istinita?
- a) Rad je proporcionalan sili koja djeluje na tijelo, a obrnuto proporcionalan putu koje tijelo prijeđe.
  - b) Rad je obrnuto proporcionalan sili koja djeluje na tijelo, a proporcionalan putu koje tijelo prijeđe.
  - c) Rad je proporcionalan i sili koja djeluje na tijelo i putu koje tijelo prijeđe.
  - d) Rad je obrnuto proporcionalan i sili koja djeluje na tijelo i putu koje tijelo prijeđe.
19. Dječak jednoliko vuče torbu prvo po pločicama, a zatim po asfaltu. Kakav je odnos rada koji dječak pritom obavi ako je u jednom i drugom slučaju put po kojem vuče torbu jednak?
- a) Rad je veći u slučaju kada dječak vuče torbu po pločicama.
  - b) Rad je veći u slučaju kada dječak vuče torbu po asfaltu.
  - c) Rad je jednak u oba slučaju.
  - d) Rad je jednak nuli u oba slučaja.
20. Crpka izvlači vodu iz jezera u plastični spremnik oblika kvadra dimenzija  $6\text{ m} \times 5\text{ m} \times 8\text{ m}$ .
- a) Koliko litara vode može zaprimiti navedeni spremnik?
  - b) Kolika je masa vode u punom spremniku? (Masu spremnika zanemari u ovom slučaju)
  - c) Kolika je težina vode ako je spremnik do polovice visine napunjen vodom?
  - d) Spremnik se nalazi na visini od 25 m. Koliki rad obavi crpka pri punjenju cijelog spremnika?

Sva tijela, bez obzira na stanje gibanja, imaju energiju. **Energija** je sposobnost tijela za obavljanje rada. Oznaka za energiju je  $E$ , a osnovna mjerna jedinica **džul** (oznaka J).

Postoje razni izvori energije, a najpoznatija podjela jest na **obnovljive** (npr. vjetar, Sunce, voda, geotermalni izvori...) i **neobnovljive izvore energije** (npr. nafta, ugljen, prirodni plin).

**Oblici energije:** kinetička, gravitacijska potencijalna, elastična potencijalna, toplina, nuklearna, električna, kemijska, solarna, geotermalna, energija vjetra...



Slika 20.1. Različiti izvori i oblici energije



**Kinetička energija** je energija koju tijelo ima zbog svojeg gibanja. Oznaka je  $E_K$ . Kinetička energija ovisi o masi i brzini tijela. Za kinetičke energije dvaju tijela vrijedi:

- od dvaju tijela koja se gibaju jednakim brzinama, veću kinetičku energiju ima tijelo veće mase
- od dvaju tijela jednakih masa, veću kinetičku energiju ima tijelo koje se giba većom brzinom.

Prilikom ubrzavanja nekog tijela, povećava mu se i kinetička energija, npr. kod ubrzavanja automobila na autocesti, slobodnog pada... Kod usporavanja tijela, kinetička energija mu se smanjuje (npr. kočenje i zaustavljanje automobila...). Kinetička energija tijela koje se giba može biti jednaka cijelo vrijeme ako se tijelo giba stalnom brzinom.

### Primjer 30.

Na slici su prikazane rukometna lopta, teniska lopta i kugla za kuglanje koje se gibaju jednakim brzinama. Koje su od napisanih tvrdnji istinite?



- Najveću kinetičku energiju ima teniska lopta.
- Najmanju kinetičku energiju ima rukometna lopta.
- Kugla za kuglanje i rukometna lopta imaju jednake kinetičke energije.
- Najveću kinetičku energiju ima kugla za kuglanje.
- Teniska i rukometna lopta imaju jednake kinetičke energije.
- Najmanju kinetičku energiju ima teniska lopta.
- Najveću kinetičku energiju ima rukometna lopta.

Istinite tvrdnje su d) i f).

Kinetička energija tijela ovisi o masi tijela i brzini kojom se giba.

S obzirom na to da se lopte gibaju jednakim brzinama, najveću kinetičku energiju ima tijelo najveće mase (i obratno, najmanju kinetičku energiju ima tijelo najmanje mase).

**Potencijalna energija** je energija koja ovisi o položaju tijela o prostoru ili o izobličenju tijela. Razlikuju se gravitacijska potencijalna energija i elastična potencijalna energija.

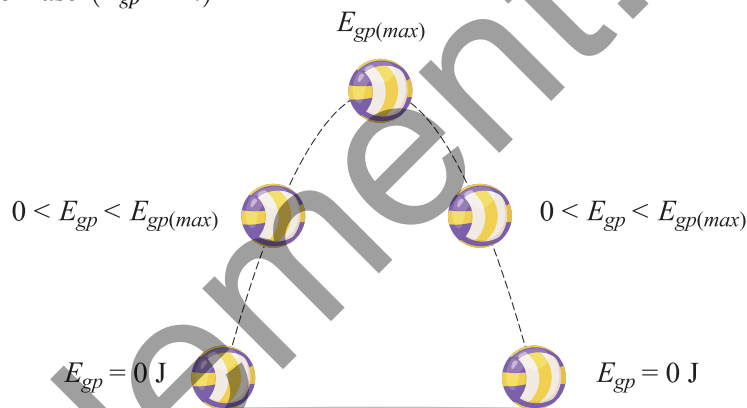
**Gravitacijska potencijalna energija** je energija koju tijelo ima zbog položaja u prostoru u kojem djeluje sila teža. Oznaka je  $E_{gp}$ . Gravitacijska potencijalna energija ovisi o masi tijela i visini na kojoj se tijelo nalazi što se matematički zapisuje:

$$E_{gp} = m \cdot g \cdot h,$$

gdje je  $E_{gp}$  gravitacijska potencijalna energija,  $m$  masa tijela,  $h$  visina na kojoj se tijelo nalazi,  $g$  konstanta akceleracije sile teže na Zemlji. ( $g = 9.81 \text{ N/kg} \approx 10 \text{ N/kg}$ )

Za gravitacijske potencijalne energije dvaju tijela vrijedi:

- od dvaju tijela jednakih masa, veću gravitacijsku potencijalnu energiju ima tijelo koje se nalazi na većoj visini ( $E_{gp} \sim h$ );
- od dvaju tijela koja se nalaze na istoj visini, veću gravitacijsku potencijalnu energiju ima tijelo veće mase ( $E_{gp} \sim m$ ).



**Slika 20.2.** Ovisnost gravitacijske potencijalne energije o promjeni položaja u prostoru na primjeru bacanja lopte u zrak

### Primjer 31.

Tomislav je udžbenik iz fizike mase 290 g odložio na ormar visine 20 dm. Ako za nultu razinu gravitacijske potencijalne energije odaberemo tlo, kolika je gravitacijska potencijalna energija udžbenika na ormaru?

$$m = 290 \text{ g} = 0.29 \text{ kg}$$

$$h = 20 \text{ dm} = 2 \text{ m}$$

$$E_{gp} = m \cdot g \cdot h$$

$$E_{gp} = 0.29 \text{ kg} \cdot 10 \frac{\text{N}}{\text{kg}} \cdot 2 \text{ m}$$

$$E_{gp} = 5.8 \text{ J}$$