

# **FIZIKA 7**

Damir Čović

## SVOJSTVA TIJELA

### Duljina

Duljina je osnovna fizikalna veličina. Oznaka duljine je l ili L.  
Mjerna jedinica za duljinu je metar, oznaka je m.

l[m]

Postoje veće i manje jedinice od metra:

1km=1000m
1hm=100m
1dm=0,1m
1cm=0,01m
1mm=0,001m

Što je mjerenje?

Mjerenje je uspoređivanje s mjernom jedinicom.

Možemo izmjeriti duljinu dužine  $\overline{AB}$ .

Dužina je dio pravca koji je omeđen s dvije točke.

Kad nešto mjerimo moramo voditi računa o pouzdanim znamenkama.  
Pouzdanost znamenke=odčitane znamenke + procijenjena znamenka

### Ploština

Označimo je s velikim slovom S, za pravokutnik jedanka je umnošku duljine l i širine b.  
Ploština pravokutnika je umnožak dviju duljina jer i širina je duljina.

$$S=l \cdot b \text{ [m} \cdot \text{m} = \text{m}^2\text{]}$$

Ploština ili površina je izvedena fizikalna veličina. Mjerna jedinica za ploštinu je četvorni metar ili kvadratni metar, a izvedena je iz mjerne jedinice za duljinu.

Pretvaranje osnovne mjerne jedinice za ploštinu:

$$1\text{m}^2=100\text{dm}^2=10000\text{cm}^2=1000000\text{mm}^2$$

## Obujam

Obujam ili volumen je kao i ploština izvedena fizikalna veličina. Izvodimo ga iz duljine. Oznaka za obujam je veliko slovo V.

Mjerna jedinica za obujam je kubni metar,  $m^3$ .

Kvadar ima tri dimenzije koje se zovu duljina l, širina b i visina h. Širina i visina su također duljine, ali ih tako zovemo jer se uzima u obzir prostornost i specifičnost dimenzija tijela, u ovom slučaju kvadra.

$$V=l \cdot b \cdot h [m \cdot m \cdot m = m^3]$$

Pretvaranje osnovne mjerne jedinice za obujam:

$$1m^3=1000dm^3=1000000cm^3=1000000000mm^3$$

Važan je i mjerni odnos:  $1dm^3=1L$  (1 L  $\Rightarrow$  1 litra)

Mjerne jedinice za obujam nepravilnih tijela su:

$$1L=10dL=100cL=1000mL$$

$$1hL=100L$$

Obujam nepravilnih tijela mjeri se pomoću menzure. Menzura je staklena cjevčica s mjernom ljestvicom, najčešće u mL.

Važan je mjerni odnos:  $1cm^3=1mL$

Ovim uokvirenim mjernim odnosima povezujemo obujam nepravilnih tijela s obujmom pravilnih tijela.

## Masa

Masa je osnovna fizikalna veličina. Označavamo je malim slovom m.

Mjerna jedinica za masu je kilogram, oznaka kg.

m[kg]

Manje i veće mjerne jedinice od kilograma su:

$$1kg=100dag=1000g$$

$$1t=1000kg$$

## Tromost

Masa je bitno svojstvo tijela. Sva tijela imaju masu. Masa tijela ne mijenja se sa promjenom mjesta.

Svojstvo tijela da se odupire promjeni gibanja ili mirovanja zove se tromost ili inercija tijela.

Masa je mjera tromosti tijela. Tijelo veće mase je tromije, teže ga je pokrenuti ili zaustaviti.

Masa je uzrok tromosti tijela.

Tijelo veće mase Zemlja jače privlači nego tijelo manje mase.

Masa tijela ne ovisi od obujma, malena tijela mogu imati veću masu od velikih.

## Gustoća ( $\rho$ )

Gustoća  $\rho$  - čita se "ro" je izvedena fizikalna veličina.

Gustoća je omjer (količnik) između mase i obujma.

$$\rho = \frac{m}{V} \left[ \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right]$$

m - masa u kg

V - obujam u  $\text{m}^3$

Mjerna jedinica za gustoću je kilogram po kubnom metru ili gram po kubnom centimetru. Vrijede odnosi:

$$\frac{\text{kg}}{\text{m}^3} = 0,001 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3} \quad , \quad \frac{\text{g}}{\text{cm}^3} = 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

## Građa tvari

400 godina prije rođenja Krista, Demokrit je došao na ideju da se tvari sastoje od čestica. Čestice su veoma sitna tijela kojima možemo zanemariti masu.

Tvari se sastoje od sitnih čestica koje mogu biti različitih veličina. Mješanjem tvari sitnije čestice ispunjavaju međuprostore krupnijih čestica.

Tvari se sastoje od čestica koje se međusobno privlače i drže tvar na okupu.

Molekule su najsitnije čestice neke tvari. Imamo npr. molekulu vode, benzina....

Molekule se sastoje iz još sitnijih čestica koje se zovu atomi. Svaki kemijski element ima svoj atom. Imamo npr. atom vodika, atom kisika, željeza....

Atomi međusobno povezani čine molekule, tvari. Od relativno malog broja atoma (vidi periodni sistem elemenata) napravljeno je ogromno mnoštvo različitih tvari.

Postoje još sitnije čestice od kojih su napravljeni atomi. To su čestice koje se zovu proton, neutron i elektron.

## SILA I MEĐUDJELOVANJE

### Sila (F)

Galileo Galilej (1564-1642) uveo je pojam sile. Sila je osjećaj naprezanja mišića. Isaac Newton (1642-1737) produbio je pojam sile. Gravitacijska sila privlači sva tijela. Osuđen je od Inkvizicije zbog zastupanja Kopernikovih ideja.

Definicija sile:

Sila je fizikalna veličina koja karakterizira razne učinke uzajamnog međudjelovanja tijela.

Oznaka sile je  $\vec{F}$ , a mjerna jedinica je njutn (N)

$\vec{F}$  [N]

Sila je vektorska veličina, to se ističe strelicom iznad velikog slova F. Vektor je u veličina koja ima : smjer, iznos, hvatište.

Skalar je veličina koja nema smjer, ima samo iznos. Npr. duljina, masa, gustoća su skalari.

Silu mjerimo dinamometrom. Dinamometar se sastoji iz elastične opruge. Što je sila veća opruga se više produlji. Produljenje opruge je proporcionalno povećanju sile. Dva puta veća sila daje dva puta veće produljenje.

Silu ne vidimo. Vidimo samo učinke sile. Prema učinku se naziva sila. Imamo razne sile, npr.: sila teža (gravitacijska sila), elastična sila (sila opruge), sila trenja, magnetska sila, električna sila, potisna sila, ....

### Težina (G)

Težina je sila kojom Zemlja privlači tijela.

Oznaka težine je  $\vec{G}$  (obično se strelica izostavlja, težina je kao i svaka sila vektor).

Mjerna jedinica je njutn (N). Težinu mjerimo dinamometrom.

Težina i masa su povezane formulom:

$$G=mg \text{ [N]}$$

m- masa (u kg)

g - koeficijent težine koji ovisi o nebeskom tijelu (ima jedinicu N/kg):

-za Zemlju	$g=9,81 \approx 10 \text{ N/kg}$
-za Mjesec	$g=1,63 \text{ N/kg}$
-za Mars	$g=3,21 \text{ N/kg}$
-za Veneru	$g=8,5 \text{ N/kg}$
-za Saturn	$g=11 \text{ N/kg}$
-za Merkur	$g=3,6 \text{ N/kg}$
-za Jupiter	$g=26 \text{ N/kg}$

## Trenje ( $F_T$ )

Trenje je sila koja koči gibanje tijela.

Oznaka sile trenja je  $\vec{F}_T$ , a mjerna jedinica je njutn (N).

Sila trenja je suprotna sili koja pokreće tijelo. Možemo je izmjeriti dinamometrom.

Još je Leonardo da Vinci (1452-1519) uočio da za neko tijelo:

- trenje ne ovisi o veličini njegove dodirne površine,
- trenje ovisi o pritisnoj sili ( $F_P$ ),
- trenje ovisi o kakvoći dodirnih površina ( $\mu$ ).

Na temelju navedenoga možemo postaviti formulu koja opisuje trenje. Trenje je jednako umnošku veličina o kojima ovisi, koeficijenta trenja i pritisne sile.

$$F_T = \mu F_P$$

$\mu$  - koeficijent trenja

$$F_P = G$$

$F_P$  - pritisna sila

$$F_T = \mu G$$

G - težina

Pritisna sila  $F_P$  djeluje okomito na podlogu. Budući da ćemo uglavnom razmatrati slučajeve kada tijelo ide po horizontalnoj podlozi uzimamo da je pritisna sila jednaka težini tijela G.

$\mu$  - koeficijent trenja ili faktor trenja ovisi o vrsti materijala, hrapavosti..., ali io tome radi li se o trenju mirovanja ili trenju gibanja (trenje mirovanja je približno 25% veće od trenja gibanja). Trenje gibanja se dijeli na trenje klizanja i trenje kotrljanja. Neke vrijednost trenja gibanja su:

za klizanje drva po drvu	$\mu=0,2-0,7$ (20-70%)
za klizanje gume po asfaltu	$\mu=0,8$
za klizanje čelika po čeliku	$\mu=0,1$
za klizanje saonica po snijegu	$\mu=0,05$ (5%)
za klizanje čelika po ledu	$\mu=0,025$
za kotrljanje gume po asfaltu	$\mu=0,01$ (1%)

## Međunarodni sustav jedinica (SI)

Prihvaćen je 1960. godine. Dovoljna je kratica SI.

Mjerne jedinice mogu biti: -osnovne  
-izvedene  
-iznimno dopuštene

Postoji 7 osnovnih fizikalnih veličina na kojima se temelji SI sustav. To su: duljina, masa, vrijeme, temperatura, električna struja, jakost svjetlosti i množina.

U fizici i matematici često koristimo višekratnike - decimalne jedinice, npr.  $1000=10^3$  ...

Višekratnici su povezani s predmecima kao što su:

M - mega	( $10^6$ )
k - kilo	( $10^3$ )
h - hekto	( $10^2$ )
da- deka	( 10 )
d - deci	( $10^{-1}$ )
c - centi	( $10^{-2}$ )
m -mili( $10^{-3}$ )	
$\mu$ - mikro	( $10^{-6}$ )

Još se koriste i ovi predmeci:

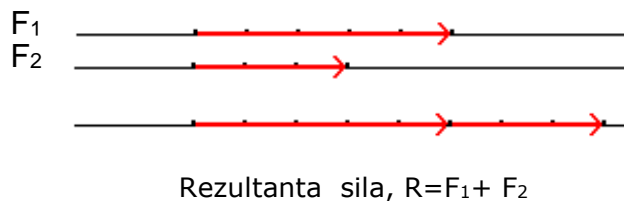
G - giga	( $10^9$ )
T - tera	( $10^{12}$ )
n - nano	( $10^{-9}$ )
p - piko	( $10^{-12}$ )

## Slaganje sila

Sila je vektor. Vektore možemo grafički prikazati na nekom pravcu. Iznos sile može se prikazati u određenom mjerilu, npr.  $1\text{N}=1\text{cm}$  ili  $10\text{N}=1\text{cm}$  i slično.



Ako dvije sile djeluju u istom smjeru možemo ih zbrojiti. Dobijemo rezultantu sila.



Ako dvije sile djeluju u istom smjeru rezultantu dobijemo oduzimanjem manje sile od veće. Rezultanta ima smjer veće sile,  $R=F_1- F_2$ , ako je veća sila  $F_1$ .

Ako dvije sile djeluju pod nekim kutem do rezultante dolazimo grafički, u mjerilu nacrtamo sile pod zadanim kutem, potom izmjerimo rezultantu i pretvorimo po izabranom mjerilu u njutne.



## Poluga, moment sile

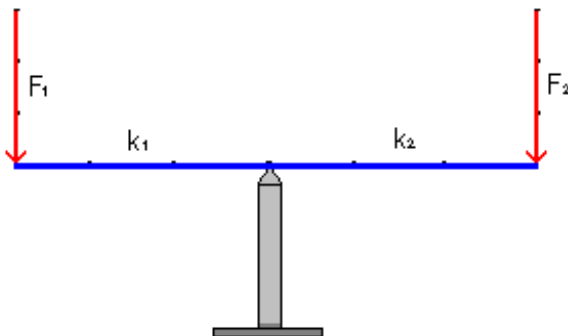
Starogrčkom izumitelju Arhimedu (187-212 godine p.n.e.) pripisuje se prvi jasno formuliran fizikalni zakon, a to je zakon poluge.

Zakon poluge izražen formulom glasi:

$$F_1 \cdot k_1 = F_2 \cdot k_2$$

gdje je:  $F_1$  - sila na jednom kraku poluge  
 $k_1$  - duljina kraka poluge na koji djeluje sila  $F_1$  (krak sile  $F_1$ )  
 $F_2$  - sila na drugom kraku poluge  
 $k_2$  - duljina kraka poluge na koji djeluje sila  $F_2$  (krak sile  $F_2$ )

Pojasnimo ovaj zakon crtežom:



Na svakom kraju poluge djeluje sila. Sile su jednake i suprotnog smjera. Slovom  $k$  označili smo duljinu kraka poluge. Da bi poluga bila u ravnoteži tada krakovi poluge moraju biti jednaki.

Moment sile jednak je umnošku sile i kraka. To je fizikalna veličina koja se odnosi na zakretno djelovanje sile. Označava se velikim slovom  $M$ .

$$M = F \cdot k \text{ [N}\cdot\text{m]}$$

Mjerna jedinica za moment sile je Nm i čita se njutnmetar.

Što je krak sile veći to je i moment sile (zakretni moment) veći. zahvaljujući toj činjenici možemo pomoću male sile i velikog kraka podići teret velike mase.

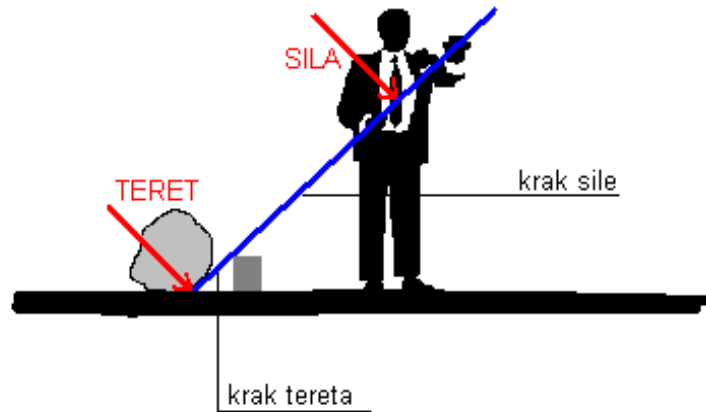
Uvjet ravnoteže može se iskazati pomoću momenata:

$$M_1 = M_2$$

Gdje je:  $M_1 = F_1 \cdot k_1$   
 $M_2 = F_2 \cdot k_2$

Moment sile je također vektorska veličina. Moment može biti u smjeru kazaljke na satu ili suprotan od smjera kazaljke na satu. Poluga ima raširenu primjenu.

Za podizanje kamena upotrijebiti ćemo polugu - motku. Jedan kraj poluge ugurati ćemo ispod velikog kamena i staviti ćemo potporanj. Kad drugi kraj poluge pritisnemo silom mišića moći ćemo podići kamen. To je moguće zato jer je krak tereta znatno kraći od kraka sile. Poluga je jednostavno oruđe koje nam pomaže da s manjom silom svladamo veću silu.



Razlikujemo krak tereta i krak sile.

## Težište

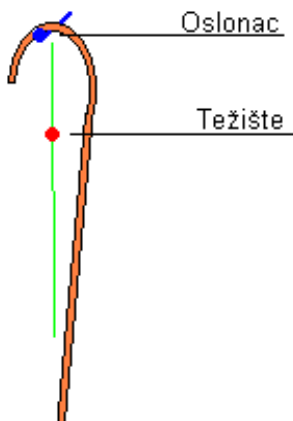
Težište kruga nalazi se u središtu kruga. Težište pravokutnika nalazi se u presjecištu njegovih dijagonala. Težište trokuta je u presjecištu njegovih težišnica, Težišnica je dužina koja spaja vrh trokuta s polovištem njemu suprotne stranice.

Težište složenog pravilnog tijela ili nepravilnog tijela može biti i izvan tijela. Postoje razni načini nalaženja težišta tijela.

Bitno je svakom tijelu naći težište jer u težištu tijela se nalazi hvatište sile. Hvatište težine je u težištu tijela.

Kad je tijelo poduprto u težištu ono miruje. Kažemo da je tijelo u ravnoteži.

Tijelo može mirovati i kada nije poduprto u težištu. Primjer je štap koji visi na čavlu. Bitno je razlikovati oslonac od težišta.



Ako štap zanjišemo, štap će se vratiti u prvobitni položaj, što nije slučaj kada štap držimo na prstu.

Bitno je razlikovati tri tipa ravnoteže:

- stabilna, kada je težište ispod oslonca.
- labilna, kada je težište iznad oslonca (npr. čovjek kada stoji),
- indiferentna ravnoteža, poklapaju se točke težišta i oslonca (npr. to je slučaj s kotačem i s polugom)

Neki zanimljivi primjeri korištenja težišta su: čovjek koji hoda po žici, skok uvis, formula I.

## Tlak (p)

Tlak je izvedena fizikalna veličina koja se iskazuje kao omjer (količnik) između sile i ploštine. Sila uvijek djeluje okomito na ploštinu.

$$P = \frac{F}{S} \left[ \frac{\text{N}}{\text{m}^2} = \text{Pa} \right]$$

P je oznaka za tlak, a mjerna jedinica je pascal Pa, u čast znamenitog francuskog fizičara Blaise Pascala (1623-1662).

F je pritisna sila u njutnima N

S je ploština na koju djeluje sila u prostornim metrima  $\text{m}^2$

Jedan paskal je vrlo mala veličina što za svakodnevni život nije podesno, znamo da je  $1\text{N}/\text{m}^2 = 1\text{Pa}$ , a to odgovara masi od 10dag koj pritišće površinu od  $1\text{m}^2$ . Zato se koristi veća vrijednosti od 1Pa kao što je kilopascal kPa. Npr. tlak krvi u žilama čovjeka iznosi 10 do 20 kPa (to odgovara pritisku mase krvi od 1g po površini krvnih žila od  $\text{mm}^2$ ).

Postoji još jedna jedinica za tlak, to je bar.

$$1\text{bar} = 100000\text{Pa} = 10^5\text{Pa} = 1000\text{hPa}$$

U meteorologiji su uobičajene ove mjerne jedinice:

$$1\text{mbar} = 0,001\text{bar} = 100\text{Pa} = 1\text{hPa}$$

Znači da je:

$$1\text{mbar} = 1\text{hPa}$$

Često se mjerne sprave za mjerenje tlaka zove po toj jedinici barometar. Pravilan naziv je tlakomjer. Ponekad se koristi i naziv manometar.

Atmosferski tlak obično iznosi npr. na razini mora 1013hPa (hektopaskala), a to odgovara približno 1bar. To si možemo približiti kao pritisak mase zraka od 1kg na površinu od  $1\text{cm}^2$ , ili kao pritisak mase zraka od 10g na površinu od  $1\text{mm}^2$ .

Tlak zraka u automobilskim gumama iznosi obično od 1 do 2 bara. Tako lako možemo da vidimo koliko je veći od atmosferskog tlaka zraka.

Veoma je bitno uočiti da tlak ovisi o veličini ploštine na koju djeluje sila. Važno je i znati pretvarati mjerne jedinice.

## ENERGIJA

### Energija (E)

Naziv energija potječe od engleskog fizičara Thomas Younga (1773-1829) koji je taj pojam uveo 1807. godine.

Pojam energije u današnjem smislu definirao je englez Clerk Maxwell (1831-1879)

**Energija je fizikalna veličina koja opisuje stanje tijela, sustava više tijela ili čestica u smislu vršenja rada.**

Energiju označavamo velikim slovom E, a mjerna jedinica za energiju je džul (J).

E[J]

Jedinica za energiju dobila je naziv po englezu James Prescott Joule-u (1818-1889).

Energiju ne možemo vidjeti (kao ni silu), vidimo samo njezine učinke. Energija ima razne oblike:

- mehanička: -energija gibanja
- gravitacijska energija
- elastična energija
- .....

- kemijska
- električna
- svjetlosna
- toplinska (unutarnja)
- nuklearna (atomska)
- .....

Svi oblici energija svode se na: -  $E_p$  -potencijalnu energiju i  
-  $E_k$  -kinetičku energiju

Potencijalnu energiju ima tijelo ili čestica zbog svojeg položaja, a kinetičku energiju ima tijelo ili čestica zbog svojeg gibanja.

Energija ne može nestati, ona može samo promijeniti oblik. To je zakon očuvanja energije. Taj zakon kaže da je zbroj kinetičke i potencijalne energije stalan.

$$E = E_k + E_p$$

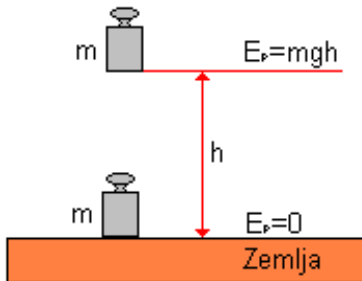
Ukupna energija E nekog tijela se ne mijenja, mijenja se samo udio kinetičke i potencijalne energije. To se može analizirati na jednostavnom njehalu.

Važno je još reći da je energija skalarna veličina. Ona ima samo iznos.

## Potencijalna energija

Kad govorimo o potencijalnoj energiji postoje određene razlike kad se misli na mehaničku potencijalnu energiju ili električnu potencijalnu energiju ili na kemijsku potencijalnu energiju....

Mehaničku potencijalnu energiju najlakše si predočavamo kao energiju položaja. Npr. uteg na površini Zemlje i uteg na nekoj visini  $h$  imati će različitu mehaničku potencijalnu energiju.



Potencijalna energija odredi se po formuli:

$$E_p = m \cdot g \cdot h \text{ [J]}$$

$m$  - masa u kg

$g$  - koeficijent težine koji ovisi o nebeskom tijelu (za Zemlju  $g \approx 10 \text{ N/kg}$ )

$h$  - visina u m

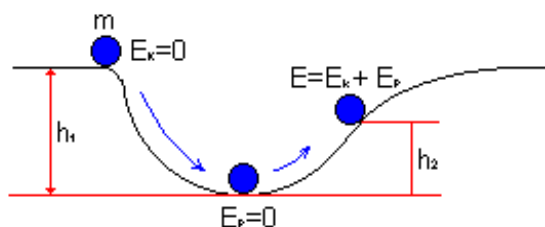
$$E_p = G \cdot h \text{ [J]}$$

$G$  - težina tijela u N

Ukoliko se uteg pusti da slobodno pada s neke visine  $h$  on će se početi gibati, potencijalna energija se pretvara u kinetičku energiju, kako se potencijalna energija smanjuje tako kinetička energija raste. Na dnu usljed udara kinetička energija prelazi u toplinsku energiju.

## Kinetička energija

Kinetičku energiju ima tijelo u gibanju.



Kada je neka kuglica određene mase  $m$  na visini  $h_1$  ona ima potencijalnu energiju  $E_p = mgh_1$ , njezina kinetička energija  $E_k = 0$  jer miruje, ukupna energija jednaka je potencijalnoj energiji,  $E = E_p$ . Kada se kuglica pokrene njezina potencijalna energija se počne smanjivati, a kinetička energija raste pa na dnu, u najnižoj točki, ona ima najveću kinetičku energiju. Tada je ukupna energija jednaka kinetičkoj energiji. Kuglica se i dalje diže na račun kinetičke energije. Ipak kuglica neće dostići prethodnu visinu jer imamo i trenje koje koči njezino gibanje, pa će se nakon nekog vremena kuglica zaustaviti u stabilnom stanju, to je stanje minimalne energije.

## Rad (W)

Rad i energija su dva pojma koji imaju veliku važnost u industrijskom društvu. Rad i energija su usko povezani. Energija se pretvara u rad i obratno rad se pretvara u energiju.

**Rad je djelovanje sile na nekom putu.**

Rad označavamo s velikim slovom  $W$ , mjerna jedinica za rad je kao i za energiju, džul (J).

Formulu za rad dobijemo ako pomnožimo silu i put.

$$W = F \cdot s \text{ [J]}$$

$F$  je sila u N  
 $s$  je put u m

Možemo kazati da pretvorbu energije iz jednog oblika u drugi iskazujemo radom.

## Snaga (P)

Snaga je rad izvršen u nekom vremenu.

Snagu označavamo velikim slovom P.

Mjerna jedinica je vat (W), u čast James Watta (1736-1819) - prvi parni stroj.

Formula za snagu:

$$P = \frac{W}{t} \left[ \frac{J}{s} = W \right]$$

W je rad u J

t je vrijeme u sekundama s

Važno je razlikovati fizikalnu veličinu za rad W od mjerne jedinice za snagu W. Kako bi se izbjegla zabuna u knjigama se fizikalne veličine pišu kosim slovima.

Iz praktičnih razloga koristimo veće mjerne jedinice od vata:

$$1\text{KW} = 1000\text{W} = 10^3\text{W}$$

$$1\text{MW} = 1000000\text{W} = 10^6\text{W}$$

$$1\text{GW} = 1000000000\text{W} = 10^9\text{W}$$

Ako iskoristimo formulu za rad formula za snagu može poprimiti slijedeći oblik:

$$P = \frac{F \cdot s}{t} \left[ \frac{N \cdot m}{s} = \frac{J}{s} = W \right]$$

Konačno za kraj, iako se u VII razredu ne uči brzina, kažimo da je brzina  $v = \frac{s}{t} \left[ \frac{m}{s} \right]$  put

prevaljen u jedinici vremena. Kada se brzina uvrsti u prethodnu formulu dobije se još jedna korisna formula:

Formula za snagu:

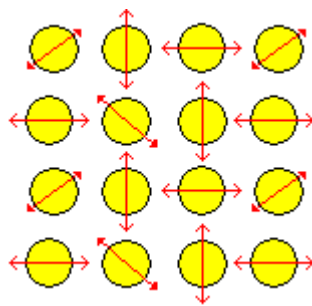
$$P = F \cdot v \left[ N \cdot \frac{m}{s} = W \right]$$



## TOPLINA

### Unutarnja energija tijela

Sva čvrsta tijela sastoje se od čestica. Te čestice zovu se molekule, a one se sastoje iz atoma. U čvrstom stanju čestice se nalaze na određenim udaljenostima jedna od druge i u stalnom su međudjelovanju jer između čestica postoje privlačne i odbojne sile (Ruđer Bošković, 1711-1787). Osim što su čestice međusobno raspoređene na određenim udaljenostima one stalno titraju na svojem mjestu. Čestice titraju u svim smjerovima podjednako - kaotično.



Čim čestica ima neki položaj u prostoru ona ima i potencijalnu energiju, kao i svako čvrsto tijelo u prirodnom prostoru. Ako čestica titra, znači da se giba u prostoru pa ima i kinetičku energiju. Unutarnju energiju tijela čini zbroj kinetičkih i potencijalnih energija svih čestica nekog čvrstog tijela. Unutarnju energiju ima svako tijelo i onda kada potpuno miruje, ali i onda kada se mehanički giba. Unutarnju energiju imaju i sva tekuća i plinovita tijela. Unutarnja energija može se promijeniti na dva načina. Možemo česticama tijela promijeniti kinetičku energiju tako da se čestice gibaju brže i jače (ili sporije i slabije), ali i tako da promijenimo njihovu potencijalnu energiju, tj. da smanjimo međusobnu udaljenost čestica. Te promjene unutarnje energije ćemo postići zagrijavanjem tijela na suncu, vatri, i sli., ali i udaranjem po tijelu.

### Toplina, $Q$ [J]

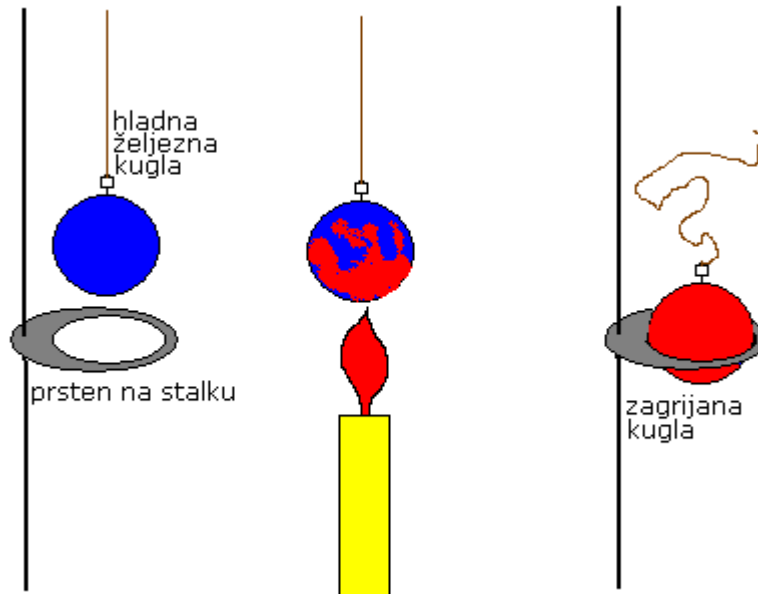
Toplina je jedan oblik energije. **Toplina je ona energija koju je tijelo dobilo zagrijavanjem ili predalo hlađenjem.** Ako tijelu dodajemo ili oduzimamo toplinu mijenjamo njegovu unutarnju energiju.

Toplinu obilježavamo s velikim slovom  $Q$ , a mjerna jedinica za toplinu je džul [J]. Džul je ujedno i mjerna jedinica za unutarnju energiju.

često se zamjenjuju fizikalne veličine toplina i temperatura. Ponekad se te dvije veličine poistovjećuju. Temperatura je mjera zagrijanosti nekog tijela. Temperaturu se obično označava s malim slovom  $t$ , a mjeri se u stupnjevima celzijusa, °C. Kad se toplina dovodi nekom tijelu povećava mu se unutarnja energija, poraste mu temperatura. Zrak je tijelo (ima masu) koje se zagrijava dobivajući toplinu sa Sunca, time se povećava titranje

čestica zraka pa se povećava unutarnja energija zraka (to je pretvorba jednoga oblika energije u drugi oblik energije), povisi se temperatura zraka.

## Pokus

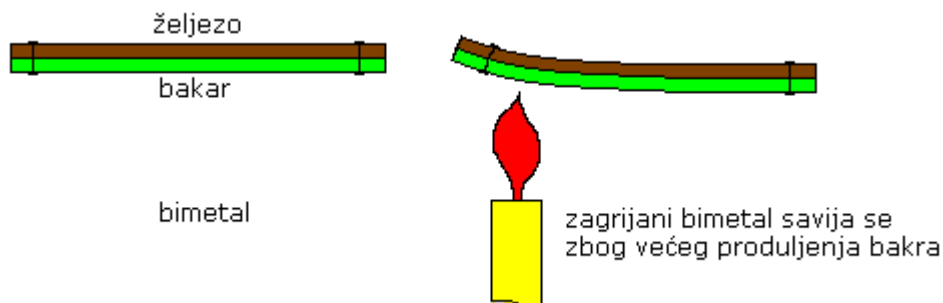


Hladna željezna kugla prolazi kroz prsten na stalku. Poslije zagrijavanja kugla poveća svoj obujam, proširi se i ne prolazi kroz prsten na stalku. Ista pojava se može zapaziti i kod žica dalekovoda, tračnica, čeličnih mostova...

U željeznoj kugli je došlo do promjene unutarnje energije, a kao posljedica toga je ne samo povišenje temperature već i povećanje obujma kugle. To se dešava kod svih materijala (staklo, beton, plastika..)

Ukoliko je neko tijelo izrazito dugačko, a tanko, npr. žica dalekovoda, onda nam nije bitan obujam tijela nego produljenje tijela, jer ono je izrazito. Produljenje je razmjerno temperaturi. Bitno je znati koliko je produljenje pojedinog materijala duljine 1 m kad mu se povisi temperatura za 1 °C. Taj podatak obično pročitamo iz tablica. Npr. bakrena žica duljine 1 m produlji se za 0,017 mm kada joj se temperatura povisi za 1 °C.

Razni regulatori temperature koriste u svojem radu bimetal. Bimetal se sastoji od dva različita metala koja su čvrsto spojena u jedno nedjeljivo tijelo. Kad se to tijelo zagrijava jedan od tih metala se više produljuje od drugoga i savija tijelo u jednu stranu, kod hlađenja tijelo se savija u drugu stranu.



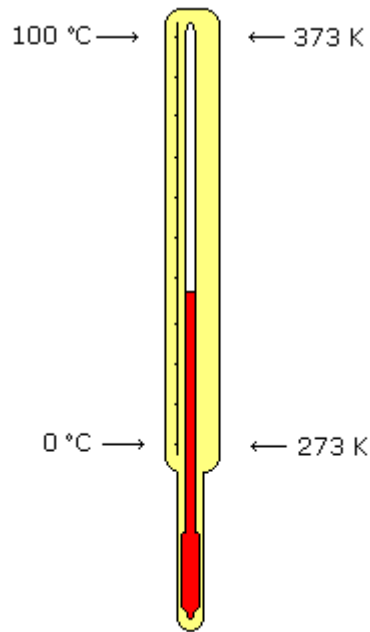
## Mjerenje temperature

Temperaturu mjerimo termometrom. Najčešće imamo termometre od stakla koji su ispunjeni tekućinom kao što je živa ili alkohol. Živa je jedini metal koji je u tekućem stanju prisobnoj temperaturi (20 °C). postoje i termometri s bimetalom, digitalni ....

Švedski fizičar Andres Celcius (1701-1744) napravio je ljestvicu za mjerenje temperature i to tako da je razmak između položaja žive pri temperaturi ledišta i vrelišta vode podijelio na sto jednakih dijelova. Po njemu se naziva jedinica za temperaturu, °C.

Lord Thompson William Kelvin (1824-1907), škotski fizičar, napravio je temperaturnu ljestvicu sa znatno većim rasponom mjerenja temperatura. Kelvinova ljestvica počinje s **apsolutnom nulom**. Na toj temperaturi prestaje svako gibanje - titranje molekula, tijelo ima najmanju moguću unutarnju energiju. Temperaturu izraženu u stupnjevima Kelvina označavamo s velikim slovom T. Apsolutnoj nuli,  $T=0$  K, odgovara  $t= -273$  °C.

$$-273 \text{ °C} = 0 \text{ K}$$



Jednostavno preračunavanje °C u K

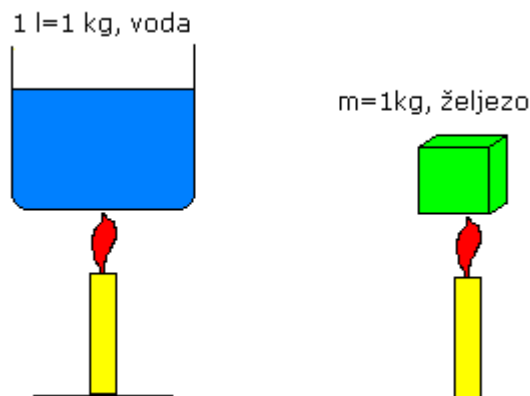
$$T = t + 273$$

Za preračunavanje K u °C

$$t = T - 273$$

### Količina topline

Zamislimo jedan **pokus**, imamo jednu posudu u kojoj se nalazi 1 litra vode, imamo i jednu željeznu kocku čija je masa jednaka masi vode (1kg) Zagrijavamo te dvije jednake mase. Zanima nas koliko je topline potrebno dovesti svakoj od te dvije mase kako bi im se temperatura povisila za 1 °C ?



Preciznim mjerenjem u laboratoriju fizičari su izmjerili da je za to potrebno u slučaju vode 4200 J topline, a u slučaju željeza 420 J topline. Razlika nije zanemariva. Vodi je potrebno dovesti 10 puta više topline kako bi joj se unutarnja energija povećala jednako kao i željezu, što će dovesti do jednakog povišenja temperature za 1 °C. Jasno je da će se pri jednakom plamenu svijećé željezo zagrijavati 10 puta kraće od vode kako bi postigli jednako povišenje temperature. Ova pojava bitno utječe na klimu jer se more grije i hladi sporo dok se kopno grije i hladi brzo.

Ovako izmjerene vrijednosti zovemo specifični toplinski kapacitet tvari i označavamo ga sa malim slovom  $c$ . Postoje tablice iz kojih možemo očitati za svaku pojedinu tvar njezin specifični toplinski kapacitet. Npr. za neke tvari:

$$c_{\text{vode}} = 4,2 \frac{\text{J}}{\text{g K}} = 4200 \frac{\text{J}}{\text{kg K}}$$

$$c_{\text{kamena}} = 0,84 \frac{\text{J}}{\text{g K}} = 840 \frac{\text{J}}{\text{kg K}}$$

$$c_{\text{bakra}} = 0,36 \frac{\text{J}}{\text{g K}} = 360 \frac{\text{J}}{\text{kg K}}$$

Ako želimo znati koliko je topline  $Q$  je potrebno dovesti nekom tijelu (poznatog specifičnog toplinskog kapaciteta  $c$ ) određene mase  $m$ , da ga zagrijemo od temperature  $t_1$  na neku temperaturu  $t_2$  koristimo formulu:

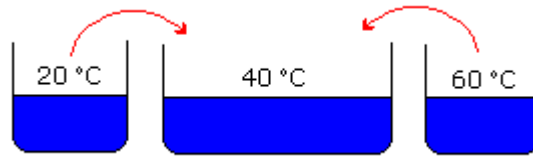
$$Q = m c \Delta t \text{ [J]}$$

Razlika temperature,  $\Delta t = t_2 - t_1$

## Promjena topline

### Pokus

Imamo dvije posude s jednakom količinom vode. U jedno je posudi voda zagrijana na temperaturu od 20 °C, a u drugoj je zagrijana na temperaturu od 60 °C. Koliku temperaturu će imati pomiješana voda?



Pomiješana voda ima neku srednju temperaturu, jer koliko je topline jedno tijelo predalo toliko je topline drugo tijelo primilo. Ovo pravilo zove se i Rihmanovo pravilo, ili pravilo toplinske ravnoteže, a vrijedi uz uvjet da prilikom miješanja nema gubitaka topline u okolni prostor.

Neka je  $Q_1$  toplina koju je hladnija voda primila od toplije  
 Neka je  $Q_2$  toplina koju je toplija voda predala hladnijoj

Vrijedi:  $Q_1 = Q_2$

Znamo da je:  $Q = m c \Delta t$

Slijedi:  $Q_1 = m_1 c_1 (\tau - t_1)$   
 $Q_2 = m_2 c_2 (t_2 - \tau)$

Kad izjednačimo ova dva izraza dobijemo temperaturu smjese  $\tau$  :

$$\tau = \frac{m_2 t_2 + m_1 t_1}{m_1 + m_2}$$

Vidimo da su u dobivenoj formuli uzete različite mase koje miješamo, a miješa se se samo ista tekućina. Formula za miješanje različitih tekućina je nešto složenija.