

1

Uvod u strojarstvo

Ključni pojmovi

mehanika
mehanika krutih tijela
statika
kinematika
dinamika
znanost o čvrstoći
mehanika fluida

Ciljevi

- Upoznati se s povijesnim razvojem mehanike
- Znati podijeliti tehničku mehaniku prema područjima izučavanja

Mehanika (grč. Μηχανική) je grana fizike koja istražuje zakonitosti mirovanja*¹ i gibanja*² tijela.



Slika 1.1. Egipatska piramida



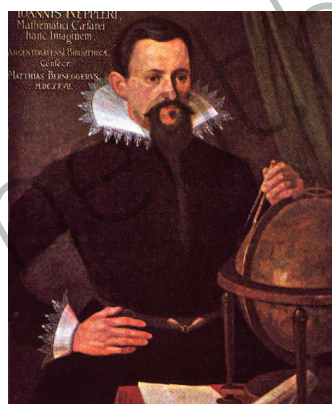
Slika 1.2. Suvremena piramida u Parizu

Rana povijest ovog područja znanosti se preklapa s ranom poviješću razvoja tehnike i astronomije.

Gradeći piramide (slika 1.1.), stari su Egipćani primjenjivali načelo kosine. Koristeći to načelo, podizali su velike i teške kamene blokove na znatnu visinu. Načelo kosine spada u područje mehanike koje se naziva statika. Zapis o načelu poluge, koji se pripisuje grčkom filozofu Arhimedu (287. - 212. pr.Kr.), prvi su pisani dokument iz tog područja. Kako bi se izgradila elegantna piramida ispred muzeja Louvre u Parizu (slika 1.2.), bila su potrebna dva tisućljeća istraživanja zakona statike, ali su rezultati bili vrijedni truda.



Slika 1.3. Astečki kalendar

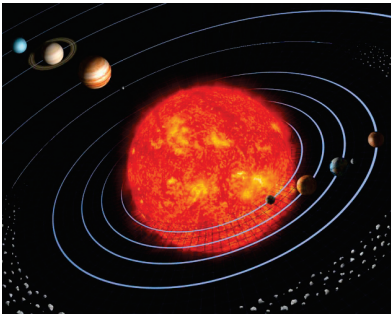


Slika 1.4. Johannes Kepler

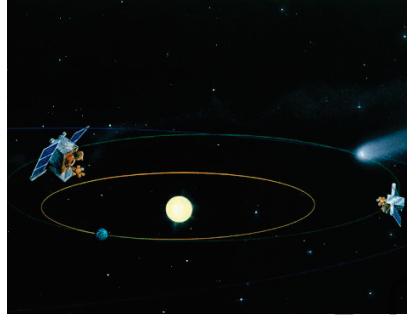
Kako bi stvorili kalendar, stari su narodi pažljivo motrili gibanje nebeskih tijela. Ne ulazeći u zakonitosti tih gibanja, koristili su ih bez dubljeg razumijevanja. Kalendar kojeg su načinili Asteci svjedočanstvo je takvog djelovanja (slika 1.3.) Johannes Kepler (1571. - 1630.) je postavio tri zakona gibanja planeta (slika 1.4.). Jedan od rezultata njegovih istraživanja je dokaz kako se planeti gibaju po eliptičnim, a ne po kružnim putanjama (slika 1.5.). Tako Kepler daje prvi znanstveni doprinos kinematici, području mehanike koje se bavi gibanjem tijela bez obzira na njegov uzrok. Keplerovim zakonima se i danas koriste stručnjaci za proračune putanja svemirskih letjelica (slika 1.6. i 1.7.).

*¹ Nasuprot gibanju, mirovanje je, takvo stanje u kojem tijelo ne mijenja svoj položaj u odnosu na nepomičnu okolinu.

*² Gibanje je promjena položaja tijela u odnosu na nepomičnu okolinu.



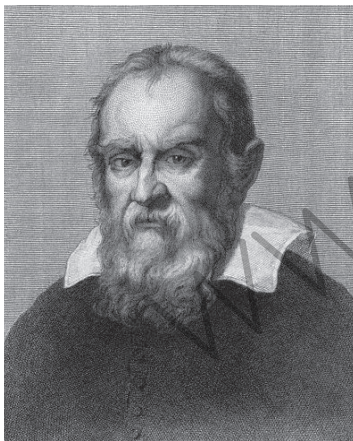
Slika 1.5. Sunčev sustav



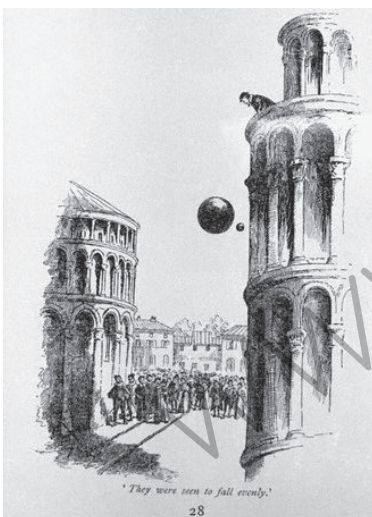
Slika 1.6. Eliptična putanja planeta



Slika 1.7. Svemirska letjelica



Slika 1.8. Galileo Galilei

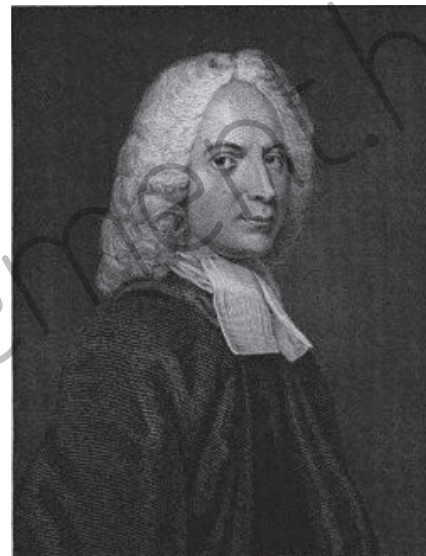


Slika 1.9.

Slobodni pad kugli različite težine i veličine

Prvo istraživanje problema dinamike se pripisuje Galileu (1564. -1642.), na slici 1.8. Glasovit je njegov pokus s dvjema kuglama različite mase i veličine. Bacivši ih istovremeno s kosog tornja u Pisi, dokazao je kako sva tijela, bez obzira na težinu, padaju jednako (slika 1.9.).

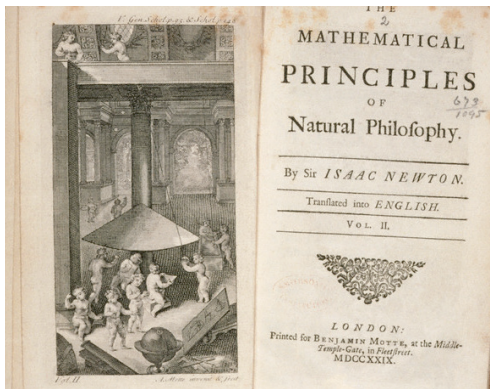
Preciznu formulaciju gibanja tijela pod utjecajem sile dao je Isaac Newton (slika 1.10.) 1687. godine u svom djelu *Principia* (slika 1.11.). Zakoni koje je u tom djelu objavio Newton i danas koriste stručnjaci pri konstrukciji strojeva i naprava koje imaju pokretne dijelove.



Slika 1.10. Sir Isaac Newton

Konstrukcija turbine motora zrakoplova na slici 1.12. bila bi nemoguća bez poznavanja tih zakonitosti.

Od naših znanstvenika svoj su doprinos dinamici dali Ruđer Bošković (1711. - 1788.) i mnogi drugi.



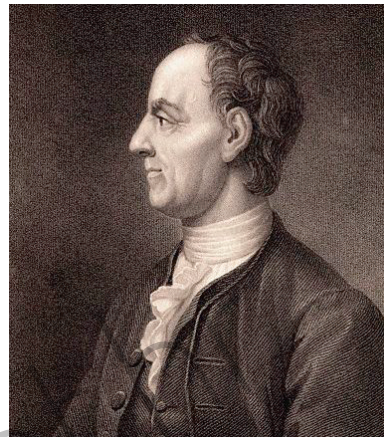
Slika 1.11. Newtonova Principa



Slika 1.12. Turbina motora zrakoplova



Slika 1.13. Ostaci rimskog akvadukta



Slika 1.14. Leonhard Euler

Razgranato stablo mehanike ima mnogo grana. U ovoj se knjizi neće ulaziti u sve njezine podjele, već ćemo se ograničiti samo na podjelu tehničke mehanike. Razlog tome je taj što je njezina primjena u tehnici najveća.

Tehnička mehanika se može podijeliti na slijedeće grane:

Mehaniku krutih^{*1} tijela, koja se dalje dijeli na:

Statiku, koja je proučava ravnotežu sila koje djeluju na tijelo ili sustav tijela.

Kinematiku, koja proučava gibanje tijela neovisno o uzrocima.

Dinamiku, koja proučava gibanje tijela uzrokovanom silom.

Znanost o čvrstoći^{*3}, koja proučava svojstva čvrstih tijela^{*4} pod djelovanjem sila.

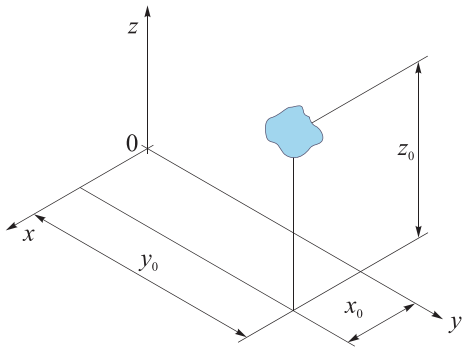
Mehaniku fluida, koja proučava mirovanje i gibanje plinova i tekućina.

^{*1}Kruto tijelo je takvo tijelo koje se pod djelovanjem sila ne deformira^{*2}. Ono u stvarnosti ne postoji, ali se mnogi problemi iz mehanike jednostavnije mogu riješiti svodeći stvarno tijelo na kruto tijelo.

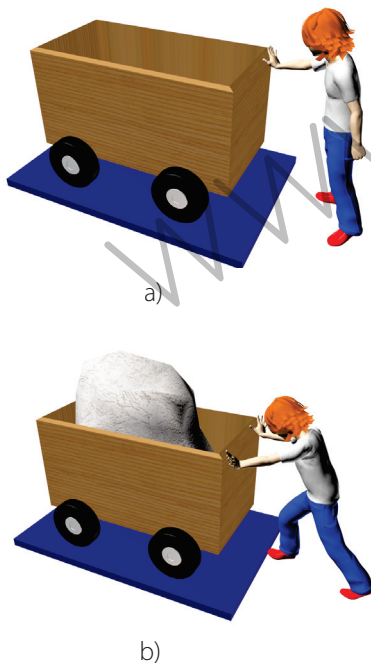
^{*2}Deformacija je promjena oblika i dimenzija tijela pod djelovanjem sila.

^{*3}Znanost o čvrstoći se naziva i mehanika čvrstih tijela.^{*4}

^{*4}Čvrsto tijelo je realno tijelo koje se pod utjecajem sila deformira.



Slika 1.15.
Tijelo u prostoru



Slika 1.16.
Masa kao otpor promjeni brzine:
a) prazno - lako gurati
b) velika masa - teško gurati



Slika 1.17.
Ubrzanje kao posljedica djelovanja sile

Za uspješno napredovanje u izučavanju mehanike, na samom je početku potrebno upoznati neke temeljne pojmove.

1.1. Temeljni pojmovi mehanike

U proučavanju mehanike sljedeći koncepti i definicije čine njezinu osnovu i moraju se razumjeti od samog početka.

Prostor je geometrijsko područje koje zauzimaju tijela čije položaje opisuju linearna i kutna mjerila, ovisno o koordinatnom sustavu (slika 1.15.).

Vrijeme je mjerilo neprekinutog niza događaja i osnovna je veličina u dinamici.

Vrijeme nije izravno uključeno u analizu statičkih problema.

Masa je mjerilo inercije tijela, odnosno njegovog otpora promjeni brzine (slika 1.16.).

Masa utječe na gravitacijsku privlačnost između tijela.

Sila je djelovanje jednog tijela na drugo.

Sila nastoji pomaknuti tijelo u smjeru njezinog djelovanja ili ga u tom smjeru deformirati.

Čestica je tijelo zanemarivih dimenzija.

U matematičkom smislu, čestica je tijelo čije se dimenzije smatraju približno jednakim nuli, tako da ga možemo promatrati kao masu koncentriranu u točki. Tijelo možemo smatrati česticom kada su njegove dimenzije zanemarive u odnosu na opis njegovog položaja, gibanja ili djelovanja sile na njega.

Neki od temeljnih pojmova mehanike kao što su inercija, sila, te akcija i reakcija sile definirani su i upisani zlatnim slovima u zakone koje je prvi ispravno postavio Isaac Newton i pokazao njihovu točnost. Izraženo suvremenim riječima ti zakoni glase:

1. Zakon inercije

Svako tijelo ili čestica ostaje u stanju mirovanja ili jednolikog gibanja po pravcu sve dok vanjska sila ne uzrokuje promjenu tog stanja.

2. Zakon proporcionalnosti sile i ubrzanja

Ubrzanje tijela proporcionalno je sili koja djeluje na tijelo. To ubrzanje ima isto usmjerenje kao i sila koja ga je izazvala (slika 1.17.):

$$\vec{F} = m \cdot \vec{a}.$$

3. Zakon – zakon akcije i reakcije

Sile akcije i reakcije kod tijela koja su u međudjelovanju su jednake po veličini, suprotne po smjeru i nalaze se na istom pravcu.

2

Pogled u matematiku i mjerne jedinice

Ključni pojmovi

sinus kuta
kosinus kuta
tangens kuta
arkus sinus
arkus kosinus
arkus tangens
vektor
zbiranje vektora
rastavljanje vektora
mjerne jedinice

Ciljevi

- Znati izračunati stranice trokuta poznavajući jedan kut i jednu stranicu
- Znati izračunati veličinu kuta iz vrijednosti trigonometrijske funkcije
- Ovladati pojmom vektora
- Znati zbrajati vektore
- Znati rastavljati vektore na komponente
- Upoznati se s mjernim jedinicama



Slika 2.1.
Groma, 1.-2. st. pr. Kr.

Ova groma (slika 2.1.) grube izrade pronađena je pri iskopavanjima u egipatskoj provinciji Fayum, 1899. g. Ovakvi prvi instrumenti su se mogli koristiti samo na ravnim površinama i za određivanje ograničenog broja kutova. Pomoću grome su se udaljeni predmeti označavali prema položaju kamena na vodoravnoj plohi. Smatra se da se groma koristila za određivanje smjera putova pod pravim kutom u 1. i 2. stoljeću prije Krista.



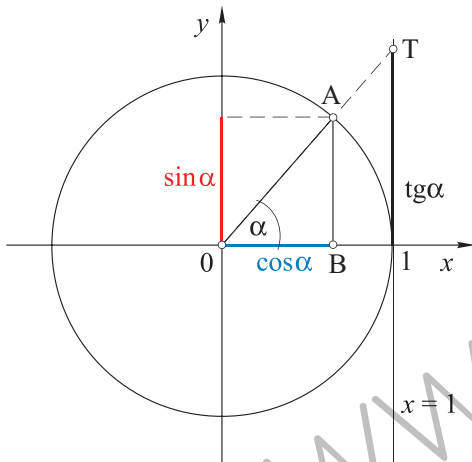
Slika 2.2.
Teodolit, 4,5 inča,
altazimut, sredina 18. st.

Teodoliti, primjerice J. Sissona (slika 2.2.), su instrumenti za horizontalno i vertikalno mjerenje kutova i od 16. st. su se često koristili u geodeziji. Ovaj kasniji model teodolita ima libele s mjehurićem i bolju mogućnost postavljanja nonija. Sisson je 1720. izumio i teleskop.

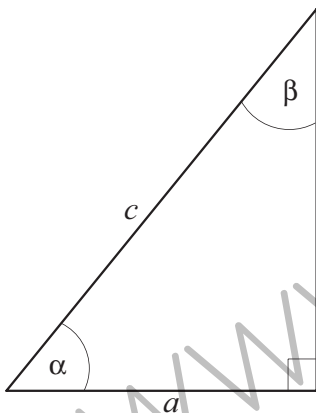


Slika 2.3.
Novčanica od 10 DEM

Na novčanici od 10 njemačkih maraka (DEM), na slici 2.3, prikazan je uređaj za mjerenje kutova, sekstant. Desno od njega je mreža trokuta kakva se koristi u geodeziji. Pojava trokuta i sekstanta na nekadašnjoj najčešćoj novčanici njemačkog novca dokazuje njihovu važnost. Riječ trigonometrija dolazi iz grčkog jezika gdje *gonos* znači kut.



Slika 2.4.
Jedinična kružnica



Slika 2.5.
Trigonometrijske funkcije u pravokutnom trokutu

2.1. Temeljni pojmovi trigonometrije

Osnovne zakonitosti trigonometrijskih funkcija koje će biti korištene u tehničkoj mehanici (sinus kuta, kosinus kuta i tangens kuta) prikazat ćemo na jediničnoj kružnici (slika 2.4.). Jedinična kružnica je ona kružnica čiji je polumjer jednak jediničnoj duljini koordinatnog sustava.

Na slici jedinične kružnice prikazane su tri osi (apscisa ili os kosinusa, ordinata ili os sinusa i pravac $x = 1$ ili os tangensa).

Ako napravimo pravokutni trokut unutar jedinične kružnice, gdje će hipotenuza tog trokuta biti polumjer kružnice, postavljena pod kutom α u odnosu na pozitivno usmjerenu apscisu x , tada će nam tri spomenute osi pokazati vrijednosti navedenih trigonometrijskih funkcija.

Točka A hipotenuze tog trokuta će imati koordinate kosinus α i sinus α . Kosinus α se očitava na apscisi jedinične kružnice, sinus α na ordinati te kružnice, a produženi pravac hipotenuze siječe os tangensa pa ordinata te osi pokazuje tangens kuta α .

Sinus, kosinus i tangens kuta nazivamo trigonometrijskim funkcijama. Predznak trigonometrijske funkcije ovisi o tome u kojem kvadrantu ravnine se nalazi hipotenuza pravokutnog trokuta konstruiranog u jediničnoj kružnici.

Vidljivo je da vrijednosti trigonometrijskih funkcija sinusa i kosinusa moraju biti u intervalu $[-1, 1]$, dok vrijednost funkcije tangens može biti bilo koji realni broj.

S obzirom da smo u jediničnoj kružnici formirali pravokutan trokut, trigonometrijske funkcije možemo definirati preko odnosa stranica pravokutnog trokuta (slika 2.5.).

Sinus kuta

Sinus kuta predstavlja omjer nasuprotne katete i hipotenuze u pravokutnom trokutu:

$$\sin \alpha = \frac{b}{c}, \quad \sin \beta = \frac{a}{c}.$$

Kosinus kuta

Kosinus kuta predstavlja omjer priležeće katete i hipotenuze u pravokutnom trokutu:

$$\cos \alpha = \frac{a}{c}, \quad \cos \beta = \frac{b}{c}.$$

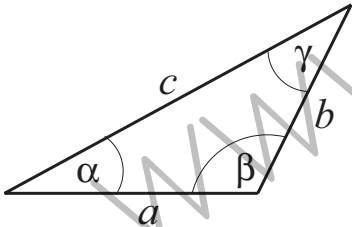
Tangens kuta

Tangens kuta predstavlja omjer nasuprotne i priležeće katete u pravokutnom trokutu:

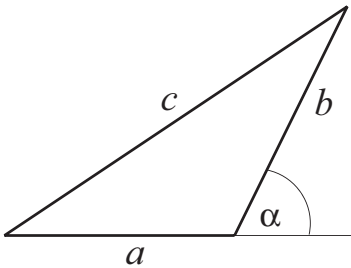
$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{b}{a}, \quad \operatorname{tg} \beta = \frac{a}{b}.$$

Tablica 2.1.
Vrijednosti karakterističnih trigonometrijskih funkcija

	$\alpha = 0^\circ$	$\alpha = 30^\circ$	$\alpha = 45^\circ$	$\alpha = 60^\circ$	$\alpha = 90^\circ$	$\alpha = 180^\circ$	$\alpha = 270^\circ$	$\alpha = 360^\circ$
$\sin \alpha$	0	0,5	0,7071	0,8660	1	0	-1	0
$\cos \alpha$	1	0,8660	0,7071	0,5	0	-1	0	1
$\operatorname{tg} \alpha$	0	0,5774	1	1,7321	$\pm \infty$	0	$\pm \infty$	0



Slika 2.6.
Sinusov poučak



Slika 2.7.
Kosinusov poučak

2.1.1. Arkus funkcije

Arkus funkcije su inverzne funkcije trigonometrijskim funkcijama, a koriste se za izračunavanje kuta iz poznatog iznosa trigonometrijske funkcije:

- arkus sinus kuta ($\arcsin$),
- arkus kosinus kuta ($\arccos$),
- arkus tangens kuta (arctg).

U trigonometriji se još koriste poučak o sinusu i poučak o kosinusu, a kako je njihova primjena u statički krutim tijelima česta, ukratko ćemo ih pokazati.

Zakonomitosti koje su pokazane ovim poučcima vrijede za bilo kakav trokut.

Poučak o sinusu glasi:

Sinusi kutova unutar bilo kakvog trokuta odnose se kao nasuprotne stranice tih kutova (slika 2.6.):

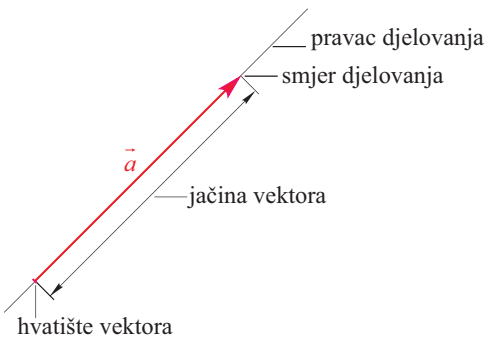
$$\sin \alpha : \sin \beta : \sin \gamma = b : c : a,$$

odnosno

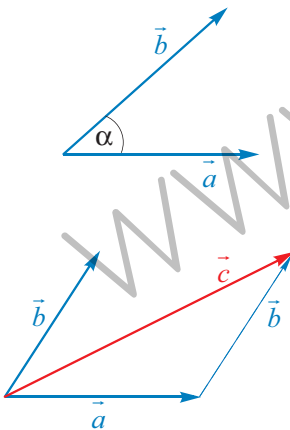
$$\frac{\sin \alpha}{b} = \frac{\sin \beta}{c} = \frac{\sin \gamma}{a}.$$

Poučak o kosinusu (slika 2.7.) ima oblik jednadžbe:

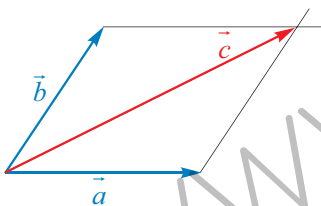
$$c = \sqrt{a^2 + b^2 + 2 \cdot a \cdot b \cdot \cos \alpha}.$$

**Slika 2.8.**

Prikaz vektora

**Slika 2.9.**

Zbrajanje vektora

**Slika 2.10.**

Metoda paralelograma

2.2. Osnove vektorskog računa

Osim skalara koji su potpuno označeni realnim brojem, u prirodi postoje fizikalne veličine kojima je uz brojčane vrijednosti potrebno poznavati i pravac djelovanja, smjer djelovanja i hvatište (slika 2.8.). Takve veličine nazivamo vektorima. Na taj način opisujemo djelovanje sile, momenta sile, brzinu, ubrzanje i sl.

2.2.1. Zbrajanje vektora

Zbrojiti dva vektora $\vec{a}$ i $\vec{b}$ znači na kraj vektora $\vec{a}$ nanositi početak vektora $\vec{b}$. Zbroj tih dvaju vektora je novi vektor $\vec{c}$ koji ima početak u hvatištu vektora $\vec{a}$, a kraj na kraju vektora $\vec{b}$ (slika 2.9.):

$$\vec{c} = \vec{a} + \vec{b}.$$

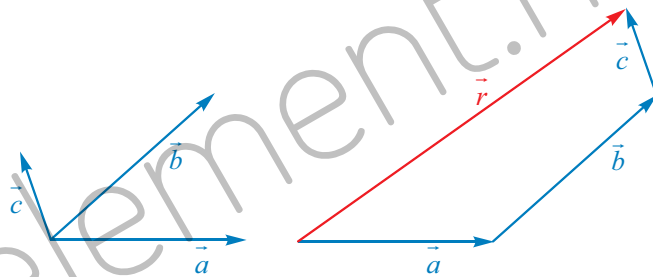
Zbrajati dva vektora možemo grafičkom i analitičkom metodom.

Grafičko zbrajanje je moguće izvesti metodom paralelograma gdje dijagonala tog paralelograma predstavlja rezultat zbrajanja (slika 2.10.).

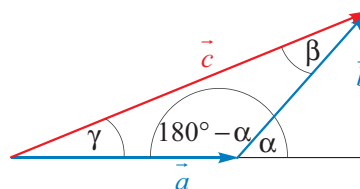
Vektori se mogu grafički zbrajati i poligonom vektora (slika 2.11.). Ova metoda je primjerena kod zbrajanja triju i više vektora.

Analitička metoda zbrajanja predstavlja računsko traženje iznosa rezultata vektorskog zbrajanja i položaja rezultata zbrajanja.

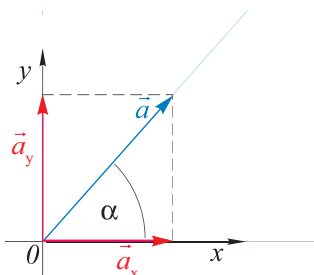
Iznos rezultata zbrajanja dobije se kosinusovim poučkom, dok se položaj rezultata zbrajanja dobije iz sinusovog poučka (slika 2.12.).

**Slika 2.11.**

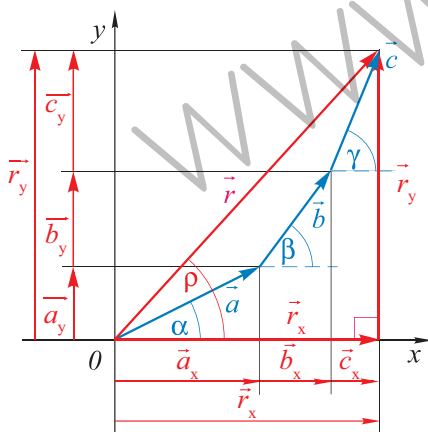
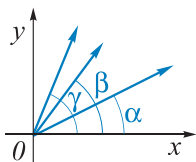
Zbrajanje triju vektora metodom poligona

**Slika 2.12.**

Izračun iznosa i položaja vektora pomoću sinusovog i kosinusovog poučka



Slika 2.13.
Projekcije vektora na os



Slika 2.14.
Analitičko zbrajanje vektora

2.2.2. Projekcije vektora na os

Svaki se vektor u ravnini može prikazati pomoć njegovih projekcija na os x i y (slika 2.13.).

Iznos projekcije vektora na os x :

$$a_x = a \cdot \cos \alpha .$$

Iznos projekcije vektora na os y :

$$a_y = a \cdot \sin \alpha .$$

Rastavljanje vektora na projekcije x i y je izuzetno praktično kod zbrajanja više vektora. Na taj način sve projekcije na os x i sve projekcije na os y svodimo na vektore istog pravca djelovanja te ih možemo algebarski zbrojiti:

$$r_x = a_x + b_x + c_x + \dots n_x,$$

$$r_y = a_y + b_y + c_y + \dots n_y .$$

Kao što je vidljivo iz slike 2.14., algebarski zbroj svih projekcija na os x i algebarski zbroj svih projekcija na os y predstavljaju dvije katete pravokutnog trokuta čija je hipotenuza rezultat zbrajanja svih vektora. Iznos hipotenuze računamo pomoću Pitagorina poučka:

$$r = \sqrt{r_x^2 + r_y^2} .$$

Položaj rezultantnog vektora, odnosno kut pod kojim on leži u odabranom koordinatnom sustavu, računa se arkus tangens funkcijom.

Ovisno o kvadrantu ravnine u kojem se rezultantni vektor nalazi, kut pod kojim on leži u odnosu na pozitivnu os x računa se prema tablici 2.2.

Tablica 2.2.
Izračunavanje kuta rezultantnog vektora

I kvadrant ($r_x > 0, r_y > 0$)	II kvadrant ($r_x < 0, r_y > 0$)	III kvadrant ($r_x < 0, r_y < 0$)	IV kvadrant ($r_x > 0, r_y < 0$)
$\rho = \arctg \frac{r_y}{r_x}$	$\rho = 180^\circ - \arctg \frac{r_y}{ r_x }$	$\rho = 180^\circ + \arctg \left \frac{r_y}{r_x} \right $	$\rho = 360^\circ - \arctg \left \frac{r_y}{r_x} \right $

Mjere



Brončani standardni galon u usporedbi s 1 litrom.

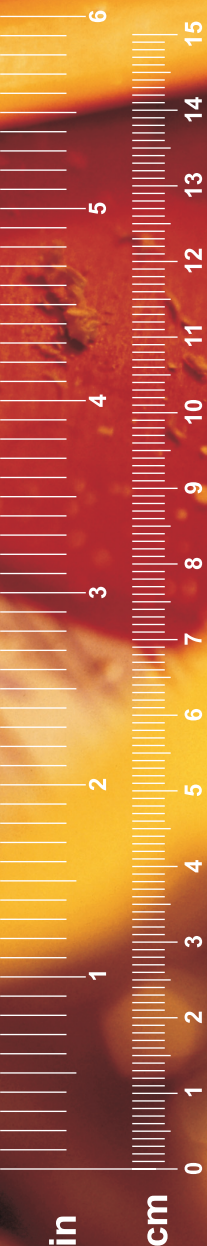


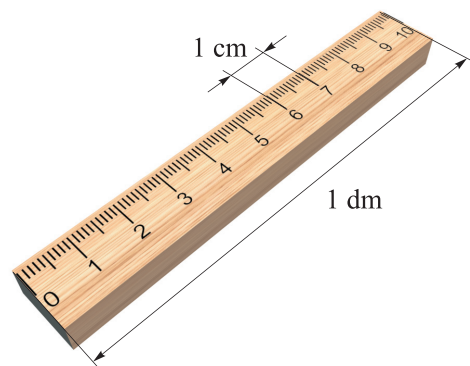
Grupa utega skupljena širom svijeta

1. Sijamski zmaj
2. Uteg od žada, Kina
3. Kameni uteg, Babilon
4. Burmanski slon
5. Ashanti ratnik, zlato
6. Asirski lav
7. Današnji uteg, 1 kg

Nekoliko instrumenata za mjerenje udaljenosti

1. Kineska stopa (Chi'h), 9 in.
2. Egipatska drvena palica podijeljena na 12 "palmi" iz XII. dinastije, oko 2000 pr.Kr.
3. Kopija prametra
4. Brončani standardni yard 1854.





Slika 2. 15.
Naprava za mjerenje duljine



Slika 2. 16.
Pomoću utega određene mase možemo odrediti težinu tijela

2.3. Mjerne jedinice

Jedno od najvažnijih uvodnih znanja je poznavanje mjernih jedinica. Dobiveni rezultat rješavanja nekog problema nema smisla ako uz izračunati mjerni broj nije upisana odgovarajuća mjerna jedinica.

Međunarodni sustav jedinica (*The International System of Units*), skraćeno SI (iz francuskog termina *Système International d’Unités*), je skup jedinica za mjerenje fizikalnih veličina sastavljen po određenom pravilu i prihvaćen u cijelom svijetu. On je moderna verzija metričkoga sustava.

SI sustav poznaje osnovne, dopunske i izvedene jedinice fizičkih veličina.

Osnovne mjerne jedinice su prikazane u tablici 2.3. Sve ostale mjerne jedinice su izvedene iz osnovnih.

Tablica 2.3. Osnovne mjerne jedinice SI sustava

Fizikalna veličina	Naziv jedinice	Oznaka jedinice
duljina	metar	m
masa	kilogram	kg
vrijeme	sekunda	s
termodinamička temperatura	kelvin	K
jakost električne struje	amper	A
količina tvari	mol	mol
svjetlosna jakost	kandela	cd

Od osnovnih mjernih jedinica u mehanici se najčešće koriste jedinice za duljinu, masu i vrijeme. Mjerne jedinice za silu, moment, rad, energiju, snagu, brzinu, ubrzanje i naprezanje izvedene su iz osnovnih (tablica 2.4).

Jedan njutn je sila koja masi od jednog kilograma daje ubrzanje od jednog metra u sekundi na kvadrat.

Jedan njutnmetar je moment kojeg čini sila od jednog njutna na kraku od jednog metra.

Jedan džul je rad koji sila od jednog njutna izvrši na putu od jednog metra.

Jedan vat je snaga potrebna za izvršenje rada od jednog džula za vrijeme od jedne sekunde.

Jedan paskal je naprezanje koje nastaje pri djelovanju sile od jednog njutna na površini jednog metra kvadratnog.

Na slikama 2.15., 2.16., 2.17. i 2.18. prikazane su naprave i uređaji za mjerenje duljine, mase, vremena i temperature.

Tablica 2.4. Neke izvedene mjerne jedinice SI sustava koje se koriste u mehanici

Fizikalna veličina	Naziv jedinice	Oznaka jedinice
sila	njutn	$N = \frac{\text{kg} \cdot \text{m}}{\text{s}^2}$
moment sile	njutnmetar	$N \cdot \text{m} = \frac{\text{kg} \cdot \text{m}^2}{\text{s}^2}$
rad, energija	džul	$J = \frac{\text{kg} \cdot \text{m}^2}{\text{s}^2}$
snaga	vat	$W = \frac{\text{kg} \cdot \text{m}^2}{\text{s}^3}$
brzina	metar u sekundi	$\frac{\text{m}}{\text{s}}$
ubrzanje	metar u sekundi na kvadrat	$\frac{\text{m}}{\text{s}^2}$
naprezanje	paskal	$\text{Pa} = \frac{\text{kg}}{\text{m} \cdot \text{s}^2}$



Slika 2. 17.
Satom se mjeri vrijeme

Izmjeriti neku fizikalnu veličinu znači usporediti dobiveni mjerni broj s unaprijed odabranom mjernom jedinicom za tu fizikalnu veličinu.

2.3.1 Decimalne mjerne jedinice

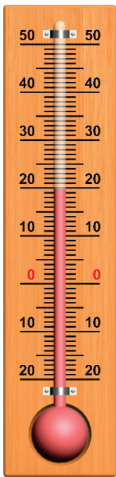
Za pretvaranje mjernih jedinica potrebno je poznavati vrijednosti predmetaka (tablica 2.5.).

Odnosi mjernih jedinica za vrijeme su sljedeći:

- 1 min = 60 s,
- 1 h = 60 min,
- 1 dan = 24 h.

Odnos mjernih jedinica za kut je:

$1^{\circ} = \frac{\pi}{180} \text{ rad}.$



Slika 2.18.
Svojstvo tekućina da mijenjaju svoj volumen s promjenom temperature omogućuje mjerenje temperature

Tablica 2.5. Oznake i vrijednosti decimalnih predmetaka mjernih jedinica

Naziv predmetaka	Oznaka	Vrijednost
deka	da	10 ¹
hekto	h	10 ²
kilo	k	10 ³
mega	M	10 ⁶
giga	G	10 ⁹
tera	T	10 ¹²
deci	d	10 ⁻¹
centi	c	10 ⁻²
mili	m	10 ⁻³
mikro	μ	10 ⁻⁶
nano	n	10 ⁻⁹
piko	p	10 ⁻¹²

Primjeri pretvaranja mjernih jedinica

Kako bi pretvarali mjerne jedinice, moramo poznavati oznake i vrijednosti decimalnih predmetaka mjernih jedinica prikazanim u tablici 2.5.

Odrediti mjerni broj *x* u sljedećim primjerima:

Primjer 1.

400 mm² = *x* m².

1 m = 10³ mm /²

1² m² = (10³)² mm²

1 m² = 10⁶ mm² /: 10⁶

$\frac{1\text{ m}^2}{10^6} = 1\text{ mm}^2$

1 mm² = 10⁻⁶ m² / ·400

400 mm² = 400 · 10⁻⁶ m²

400 mm² = 4 · 10⁻⁴ m²

x = 4 · 10⁻⁴.

Primjer 2.

54 $\frac{\text{km}}{\text{h}}$ = *x* $\frac{\text{m}}{\text{s}}$.

1 km = 1000 m

1 h = 3600 s

54 $\frac{\text{km}}{\text{h}}$ = 54 · $\frac{1000\text{ m}}{3600\text{ s}}$ = 15 $\frac{\text{m}}{\text{s}}$

x = 15.

Primjer 3.

$$80 \frac{\text{kN}}{\text{mm}^2} = x \text{ Pa} .$$

$$1 \text{ Pa} = 1 \frac{\text{N}}{\text{m}^2}$$

$$80 \frac{10^3 \text{ N}}{10^{-6} \text{ m}^2} = 80 \cdot 10^9 \frac{\text{N}}{\text{m}^2}$$

$$80 \frac{\text{kN}}{\text{mm}^2} = 8 \cdot 10^{10} \text{ Pa}$$

$$x = 8 \cdot 10^{10} .$$

Primjer 4.

$$60^\circ = x \text{ rad} .$$

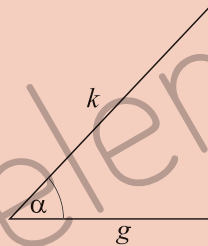
$$60^\circ = 60^\circ \cdot \frac{\pi}{180^\circ}$$

$$60^\circ = \frac{\pi}{3} \text{ rad}$$

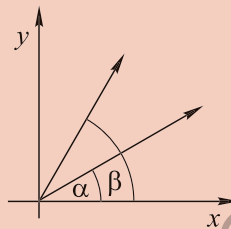
$$x = \frac{\pi}{3} .$$

Pitanja za ponavljanje:.....

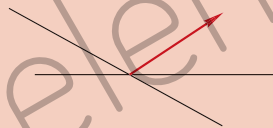
1. Što predstavlja sinus kuta, što kosinus kuta, a što tangens kuta u pravokutnom trokutu?
2. U kojim intervalima se kreću vrijednosti funkcija sinusa, kosinusa i tangensa?
3. Koja od navedenih tvrdnji nije istinita i zašto?
 $\sin \alpha = 0,5678$; $\cos \alpha = -0,2345$; $\sin \alpha = 2,3457$; $\operatorname{tg} \alpha = 32,4578$.
4. Za trokut prikazan slikom napišite čemu su jednake vrijednosti sinusa, kosinusa i tangensa kuta α .



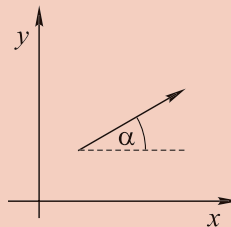
5. Ako je u prethodnom trokutu poznat iznos kuta α i iznos hipotenuze, napišite izraz za izračunavanje veličina pojedinih kateta trokuta.
6. Čime je u potpunosti određen vektor?
7. Skicom prikažite zbrajanje dvaju vektora metodom paralelograma i metodom trokuta.



8. Skicom prikažite rastavljanje zadanog vektora na komponente po pravcima 1 i 2.



9. Skicom prikažite rastavljanje zadanog vektora preko horizontalne i vertikalne komponente.



10. Napišite izraz za izračunavanje iznosa horizontalne i vertikalne komponente ako je poznat iznos zadanog vektora i kut pod kojim je on postavljen u odnosu na pozitivnu horizontalnu os.

Zadaci za ponavljanje:

Odredite mjerni broj x u sljedećim zadacima:

1. $72 \frac{\text{km}}{\text{h}} = x \frac{\text{m}}{\text{s}}$.

2. $500 \text{ cm}^3 = x \text{ m}^3$.

3. $1 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3} = x \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$.

4. $25 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} = x \text{ Pa}$.

5. $25^\circ = x \text{ rad}$.

Rješenja:

1. $x = 20$.

2. $x = 5 \cdot 10^{-4}$.

3. $x = 10^3$.

4. $x = 25 \cdot 10^6$.

5. $x = \frac{5 \cdot \pi}{36}$.