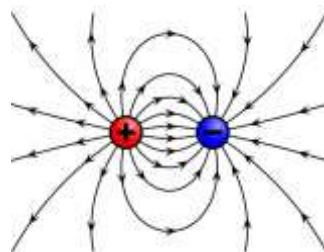
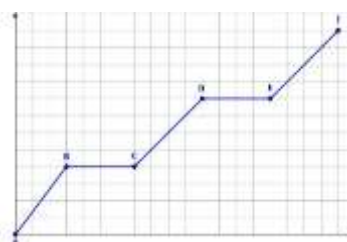
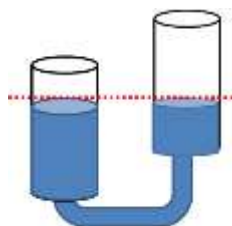
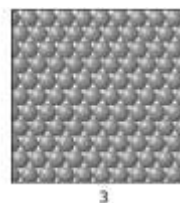
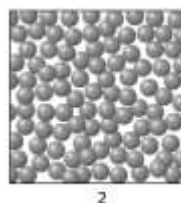
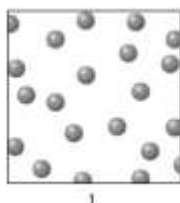
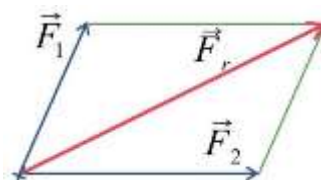


Srednja šola za farmacijo, kozmetiko in zdravstvo
Zdravstvena pot 1, Ljubljana

Učno gradivo za fiziko za oddelke

1. FA, 1. FB, 1. FC, 1. L, 2. ZA, 2. ZB

Fizika 1



Avtorja: Angela Petek, Benjamin Kralj

Ljubljana, 2020

Fizika 1, interno gradivo SŠFKZ

Avtorja: Angela PETEK, Benjamin KRALJ

Slikovno gradivo: lasten vir in prosto dostopni viri

Lektorica: Lidija GOLC

Prelom: Benjamin KRALJ

Naklada: 183 izvodov

Natisnjeno: avgust 2020

Založila: SREDNJA ŠOLA ZA FARMACIJO, KOZMETIKO IN ZDRAVSTVO, Zdravstvena pot 1, Ljubljana

1 KAZALO

1	Kazalo.....	3
2	Uvod.....	4
3	Značilnosti naravoslovnih znanosti	8
4	Fizikalne količine in enote, merjenje.....	10
5	Sila, Newtonovi zakoni in navor	30
6	Zgradba in mehanične lastnosti snovi	49
7	Delo in energija.....	67
8	Temperatura, toplota in notranja energija	75
9	Električni naboj in električno polje	110
10	Električni tok.....	117

2 UVOD

Ker je fizika naravoslovna veda, je lahko za vsakega dijaka zanimiva, saj obrazloži marsikaj znanega in neznanega, kar v življenju doživimo in vidimo. Od dijaka zahteva poznavanje in razumevanje zakonitosti in dejstev, zato je za nekatere težje razumljiva. To premagamo z zlatimi pravili dobrega učenja:

- 45 minut pouka fizike 100 % izkoristim za poslušanje razlage in vprašanja za nerazumljeno snov,
- to pomeni, da imam 0 % ure fizike za klepetanje in učenje drugih predmetov (le-te se naučim doma),
- izdelujem pregledne zapiske,
- pri pouku fizike imam vedno s seboj kalkulator, geotrikotnik, zvezek z zapiski in delovne liste za fiziko,
- doma snov ponovim ob delovnih listih, zapiskih in predpisanem učbeniku, ki ga ni potrebno prinašati v šolo k vsaki uri,
- redno delam domače naloge.

GRŠKA ABECEDA

Alfa	α	A
Beta	β	B
Gama	γ	Γ
Delta	δ	Δ
Epsilon	ε	E
Zeta	ζ	Z
Eta	η	H
Theta	θ	Θ
Jota	ι	I
Kappa	κ	K
Lambda	λ	Λ
Mi	μ	M

Ni	ν	N
Ksi	ξ	Ξ
Omikron	$\omicron$	O
Pi	π	Π
Ro	ρ	P
Sigma	σ	Σ
Tau	τ	T
Ipsilon	υ	Υ
Fi	φ	Φ
Hi	χ	X
Psi	ψ	Ψ
Omega	ω	Ω

2.2 PRAVILA OCENJEVANJA ZNANJA PRI FIZIKI

OBLIKE OCENJEVANJA

- individualno

NAČINI OCENJEVANJA ZNANJA IN POTREBNO ŠTEVILO OCEN V POSAMEZNEM OCENJEVALNEM OBDOBJU

a) Načini ocenjevanja

- pisno,
- ustno.

b) Potrebno število ocen v posameznem ocenjevalnem obdobju:

	Prvo ocenjevalno obdobje	Drugo ocenjevalno obdobje
Pisno	1	2
Ustno	1–krat v šolskem letu	

KRITERIJI IN MERILA OCENJEVANJA ZNANJA

Ocenjevanje se izvaja v skladu s Pravilnikom o ocenjevanju znanja v srednjih šolah. Z merili in načini ocenjevanja znanja bodo dijaki seznanjeni pri uvodnih urah predmeta.

a) Ustno ocenjevanje

	nzd (1)	zd (2)	db (3)	pd (4)	odl (5)
zakoni, pojmi, pojavi, količine, enote	jih ne prepozna in ne zna zapisati	jih prepozna in zapiše s pomočjo učitelja	jih zna in zapiše z delno pomočjo učitelja	jih zna in samostojno zapiše	jih zna in samostojno zapiše
razlaga	je ni	pomanjkljiva	dobra, ob pomoči učitelja	dobra in samostojna z manjšimi popravki	jasna, popolna in samostojna
razumevanje	ga ni	slabo	pomanjkljivo	obvlada povezave	razlikuje vzroke in posledice
primeri	jih ne pozna	pozna le nekaj	našteje več, tudi neustrezne	našteje več ustreznih	našteje tudi izvirne

b) Pisno ocenjevanje

Datumi pisnih nalog so določeni z načrtom ocenjevanja znanja.

Naloge imajo označeno število možnih točk. Ocena se določi glede na odstotek doseženih točk po merilih za pretvorbo točk v oceno:

- odlično: 90 — 100 %
- prav dobro: 75 — 89 %
- dobro: 60 — 74 %
- zadostno: 45 — 59 %
- nezadostno: 0 — 44 %

V izjemnih primerih (npr. napaka v eni od nalog, ene naloge ni znal rešiti nihče, predolga kontrolna naloga ipd.) se število točk za 100 % ustrezno prilagodi. Učitelj mora to obrazložiti dijakom in opombo vpisati v elektronski dnevnik.

Dijaki, ki so pri pisnem ocenjevanju odsotni samo dan ali dva, so takoj naslednjo uro ocenjeni. Dijaki, ki so zaradi bolezni odsotni več časa, se takoj po vrnitvi v šolo z učiteljem dogovorijo o datumu ocenjevanja. Če dogovora ni, lahko učitelj nenapovedano oceni dijaka kadarkoli.

c) Eksperimentalne vaje

Dijaki opravijo 7 ur eksperimentalnih vaj predvidoma deljeni v skupine. Pri teh vajah samostojno, v parih ali skupinah razvijajo in urijo svoje eksperimentalne veščine. Snov eksperimentalnih vaj se lahko ocenjuje skupaj z ostalimi vsebinami ustno (eno od zastavljenih vprašanj je iz vaj) ali/in pisno (ena od nalog se nanaša na vaje) ali/in kot ocenjevalna vaja.

POSEBNOSTI PRI ZAKLJUČEVANJU OCEN OB KONCU ŠOLSKEGA LETA

Pri zaključevanju ocen učitelj ne upošteva samo matematičnega povprečja dijakovih ocen, temveč lahko tudi povprečni odstotek doseženih točk pri ocenah.

POPRAVLJANJE NEGATIVNIH OCEN PO 1. OCENJEVALNEM OBDOBJU

- Popravljanje negativnih ocen je pisno.
- Dijak ima v 30 dneh po zaključku ocenjevalnega obdobja enkrat možnost popravljanja zaključene negativne ocene. Vsi dijaki popravljajo negativno oceno naenkrat. Datum je določen s šolskim koledarjem.

Enaka pravila veljajo tudi za dijake, ki so bili ob zaključku 1. ocenjevalnega obdobja neocenjeni.

IZPITI

Dopolnilni izpit

Dijak, ki je ob koncu pouka neocenjen, opravlja dopolnilni izpit. Dopolnilni izpit opravlja samo iz neocenjenih sklopov programske enote. Dopolnilni izpit opravlja ustno ali pisno.

Pisni izpit traja 45 ali 60 minut, odvisno od obsega snovi, iz katere mora dijak pridobiti oceno. Pisni izpit vključuje računske naloge in vprašanja iz teorije.

Dovoljeni pripomočki so pisalo (kemični svinčnik ali nalivno pero), kalkulator, risalni pribor (geotrikotnik, navadni svinčnik, šestilo) in seznam formul, ki je priloga izpita. Merila in kriteriji ocenjevanja so enaki kot pri rednem pisnem ocenjevanju znanja. Če dijak pri pisnem izpitu ne doseže pozitivne ocene, ima še ustni izpit, s katerim lahko pridobi oceno zadostno (2), če pokaže znanje na nivoju minimalnih standardov.

Ustni izpit traja 20 min. Dijak se pripravlja 15 min. Dijak izbere izpitni listek, ki ga lahko enkrat zamenja.

Popravni izpit

Dijak, ki je ob koncu pouka negativno ocenjen, opravlja popravni izpit. Popravni izpit obsega vso snov tekočega šolskega leta, skladno s katalogom znanj in letno učno pripravo.

Pisni izpit traja 90 minut in vključuje računske naloge in vprašanja iz teorije.

Dovoljeni pripomočki so pisalo (kemični svinčnik ali nalivno pero), kalkulator, risalni pribor (geotrikotnik, navadni svinčnik, šestilo) in seznam formul, ki je priloga izpita. Merila in kriteriji ocenjevanja so enaki kot pri rednem pisnem ocenjevanju znanja. Če dijak pri pisnem izpitu ne doseže pozitivne ocene, ima še ustni izpit, s katerim lahko pridobi oceno zadostno (2), če pokaže znanje na nivoju minimalnih standardov.

Ustni izpit traja 20 min. Dijak se pripravlja 15 min. Dijak izbere izpitni listek, ki ga lahko enkrat zamenja.

DODATNA LITERATURA

- Mohorič, A., & Babič, V. (2012/2013/2014). Fizika 1/2/3. Ljubljana: Mladinska knjiga.
- Kladnik, R. (2013/2015/2015/2013) Fizika za srednješolce. 1, Gibanje, sila, snov/2, Energija/3, Svet elektronov in atomov/+1, Pot k maturi iz fizike. Ljubljana: DZS.
- Strnad, J. (2013/2004): Mala fizika 1/2. Ljubljana: DZS.
- Hribar, M. (2017) Mehanika in toplota. Ljubljana: Modrijan.
- Johnson, K. (2007): Fizika: Preproste razlage fizikalnih pojavov. Ljubljana: Tehniška založba Slovenije.
- Pople, S. (2007): Fizika. Shematski pregledi. Ljubljana: Tehniška založba Slovenije.
- Breuer, H. (1993): Atlas klasične in moderne fizike. Ljubljana: DZS.
- Strnad, J. (2003): Razvoj fizike. Ljubljana: DZS.
- Strnad, J. (2010): Fiziki. Ljubljana: Modrijan.
- V knjižnici (<https://www.cobiss.si>) si lahko poiščeš še druge knjige.

Spletne strani za utrjevanje in preverjanje

- <http://www2.arnes.si/~sspsfran/enote/>
- <http://nauk.si/>
- <http://e-va.e-um.eu/>
- <http://www.e-um.si/>

3 ZNAČILNOSTI NARAVOSLOVNIH ZNANOSTI

Kaj se bomo naučili:

- ✓ poznati in razumeti temeljno vlogo fizike pri raziskovanju in razumevanju naravnih procesov in pojavov ter pomembno vlogo v razvoju vseh tehničnih strok,
- ✓ znati uporabljati in razume strokovne izraze model, matematični zapis, zakon, teorija,
- ✓ poznati in razumeti pomembni kriterij v naravoslovni znanosti, po katerem domneve, ki jih ne moremo ovreči s poskusi, sprejmemo kot zakone narave in jih povežemo v teorije ter da lahko samo en (korektno izveden) poskus ovrže celotno teorijo.

Fizika spada med najbolj eksaktne naravoslovne znanosti. Hkrati fizikalni pojavi, ki jih lahko merimo, predstavljajo danes najnatančnejše in najbolj izdelano področje znanosti. Jezik fizike je matematika. V naravi obstajajo pojavi, ki jih lahko izrazimo s številkami. Takšnemu opisu narave pravimo kvantitativni. Druge znanosti so prešle h kvantitativnemu opisovanju narave šele relativno pozno.

Fizika na žalost med ljudmi ni najbolj priljubljena. Vzrok je predvsem v tem, da od človeka zahteva precejšnjo mero samodiscipline in poglobljenega študija. Hkrati je lahko relativno zapletena in težka. Vendar pa je kot temeljna naravoslovna znanost zelo pomembna. Matematično-fizikalna modeliranja se dandanes pojavljajo povsod: v naravoslovju (biofizika, fizikalna biologija, biokemija, fizikalna kemija, strukturna geologija, meteorologija ...) ter v družboslovnih znanostih (psihologija, sociologija, ekonomija ...). Znanje matematike in fizike zato v moderni in razviti družbi postaja vse bolj zaželeno, koristno in cenjeno.

NARAVOSLOVNA METODA PREUČEVANJA NARAVNIH POJAVOV

1. Opazovanje naravnih pojavov in snovanje modelov, ki najbolje opisujejo posamezne pojave
2. Opisovanje pojavov z matematičnim zapisom
3. Preverjanje teoretičnih napovedi z množico poskusov
4. Strategija, po kateri domneve, ki jih ne ovrže noben preizkus, sprejmemo kot zakone narave in jih povežemo v teorije

KAJ JE IN KAJ NI NARAVOSLOVNA ZNANOST

S sistematičnim raziskovanjem je znanost dosegla ogromne uspehe na področju tehnoloških odkritij (računalniki, telekomunikacije, merilni sistemi, promet, osvajanje vesolja) na področju medicine, varovanja okolja itd.

Hkrati se med ljudmi nevarno širi praznoverje, ki ga razširjajo lažne ali samooklicane znanosti, ki pogosto izkoriščajo nekatera osnovna dognanja znanosti, nato pa končne rezultate prikrojijo tako, da nimajo nič več skupnega s pravim raziskovanjem. Pojavi, ki jih omenjajo, praviloma niso ponovljivi in jih ni mogoče preveriti s poskusi.

Za grobo presojo, kaj so in kaj niso znanstvene trditve, lahko uporabimo naslednje kriterije.

Znanstvena spoznanja so:

- preverljiva,
- razložljiva,
- imajo sposobnost napovedovanja.

Pojavi morajo biti ponovljivi, saj je trditve vedno treba preizkušati s poskusi. Poskusi lahko trditve ovržejo. S poskusi trditve ne moremo dokazati, lahko pa jo preverjamo in podpremo.

Omejitve naravoslovne metode: metode ne moremo uporabiti pri reševanju socialnih, političnih, ekonomskih, etičnih ... problemov.

FIZIKA JE NARAVOSLOVNA VEDA

Področje njenega dela so spremembe, ki se dogajajo v naravi ali naravni pojavi. Naloga fizike je, da naravne pojave opazuje, razlaga, ugotavlja njihove zakonitosti in medsebojne odvisnosti ter jih tudi matematično opisuje. Glede na delovni pristop se deli na teoretično in eksperimentalno.

Teoretična fizika postavlja za razlago naravnih pojavih določene hipoteze in ugotovitve matematično formulira v obliki enačb, ki jih imenujemo zakonitosti ali zakoni.

Eksperimentalna fizika izvaja eksperimente, s katerimi hipoteze potrdi ali ovrže.

Opisovanje naravnih pojavov je lahko kvalitativno (kakovostno) ali kvantitativno (količinsko).

Za opis naravnih pojavov se uporabljajo matematične spremenljivke, ki jih imenujemo fizikalne količine. Te zapisujemo z dogovorjenimi oznakami (npr. masa m , sila F , hitrost v ...).

Vrednost fizikalne količine zapišemo na naslednji način:

Oznaka fizikalne količine = mersko število · merska enota (npr. $F = 250 \text{ N}$)

Mednarodni merski sistem (*Système International* oz. **SI**) je mednarodni merski dogovor, s katerim so določene osnovne fizikalne količine in njihove osnovne enote.

4 FIZIKALNE KOLIČINE IN ENOTE, MERJENJE

Kaj se bomo naučili:

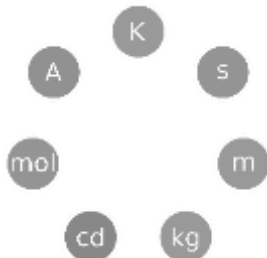
- ✓ navesti in uporabljati osnovne količine SI in njihove enote,
- ✓ izmeriti osnovne fizikalne količine,
- ✓ pretvarjati enote in uporabljati eksponentni način pisave (desetiške potence) pri velikih oziroma majhnih številskih vrednostih,
- ✓ na osnovi več ponovljenih meritev izračunati povprečno vrednost merjene količine in oceniti absolutni in relativni odmik od povprečja,
- ✓ uporabiti pravila za upoštevanje merskih napak pri osnovnih računskih operacijah in zapisu rezultata tako, da natančnost prikaže le s številom mest v decimalnem zapisu (število decimalnih ali število veljavnih mest),
- ✓ izmerjene vrednosti prikazati s tabelami in grafi.

Minimalni standardi. Dijak ...

- ✓ pravilno poimenuje osnovne fizikalne količine in zna navesti njihovo enoto,
- ✓ na podlagi podane zveze med fizikalnimi količinami pravilno izpelje enoto iskane fizikalne količine,
- ✓ obvlada merjenje z osnovnimi merskimi napravami: metrom, štoparico, tehtnico, termometrom in ampermetrom.

4.1 FIZIKALNE KOLIČINE IN ENOTE

Iz osnovnih fizikalnih količin so izpeljane vse druge fizikalne količine.



ime	oznaka	enota	definicija
dolžina	l	m	desetmilijonti del ničelnega poldnevnik od pola do ekvatorja
masa	m	kg	masa 1 l vode pri 4 °C
čas	t	s	86400-ti del povprečnega sončnega dne
temperatura	T	K	stoti del razlike temperature vrelišča in zmrzišča vode pri normalnem zračnem tlaku
električni tok	I	A	velikost električnega toka, ki teče po dveh 1 m dolgih vodnikih, ki sta na razdalji 1 m, povzroča, da med njima deluje magnetna sila $2 \cdot 10^{-7}$ N
svetilnost	Is	cd	1 cm ² površine črnega telesa pri temperaturi taleče platine (1770 °C) ima svetilnost 60 cd
množina snovi	n	mol	množina snovi, ki vsebuje toliko osnovnih delcev, kolikor atomov je v 12 g ogljika ¹² C

Izpeljane fizikalne količine in njihove enote izpeljemo s pomočjo definicij ali fizikalnih zakonov.

ime	oznaka, definicija, enota
hitrost	$v = \frac{\Delta s}{\Delta t} = \frac{1 \text{ m}}{1 \text{ s}} = 1 \frac{\text{m}}{\text{s}}$
pospešek	$a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{1 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{1 \text{ s}} = 1 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$
sila	$F = ma = 1 \text{ kg} \cdot 1 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 1 \frac{\text{kgm}}{\text{s}^2} = 1 \text{ N}$
delo	$A = Fs = 1 \frac{\text{kgm}}{\text{s}^2} \cdot 1 \text{ m} = 1 \frac{\text{kgm}^2}{\text{s}^2} = 1 \text{ J}$
energija	$W = \frac{mv^2}{2} = \frac{1 \text{ kg} (\frac{\text{m}}{\text{s}})^2}{2} = \frac{1 \text{ kgm}^2}{2 \text{ s}^2} = \frac{1}{2} \text{ J}$
gostota	$\rho = \frac{m}{V} = \frac{1 \text{ kg}}{1 \text{ m}^3}$
površina	$S = a^2 = 1 \text{ m}^2; S = ab = 1 \text{ m}^2; S = \pi r^2 = \pi \text{ m}^2$
prostornina	$V = a^3 = 1 \text{ m}^3; V = abc = 1 \text{ m}^3; V = \frac{4\pi r^3}{3} = \frac{4\pi}{3} \text{ m}^3$

Fizikalni zapis vsake fizikalne količine vključuje oznako količine, mersko število (vrednost) ter enoto, na primer:

$$\mathbf{v = 2,40 \cdot 10^2 \text{ m/s}}$$

Vrednost fizikalne količine $\mathbf{v = 2,40 \cdot 10^2 \text{ m/s}}$ sestavljata mersko število $\mathbf{2,40 \cdot 10^2}$ in enota $\mathbf{m/s}$.

Vsaka vrednost fizikalne količine ima svojo natančnost. To izrazimo z zanesljivimi številskimi mesti. Vrednost $\mathbf{v = 2,40 \cdot 10^2 \text{ m/s}}$ ima tri zanesljiva mesta $\mathbf{2,40}$.

eno zanesljivo mesto	dve zanesljivi mesti	tri zanesljiva mesta
1	14	586
0,4	8,4	8,44
$6 \cdot 10^{-5}$	0,054	0,00149
	$9,4 \cdot 10^{-2}$	$49,7 \cdot 10^{-6}$

Pri računanju rezultat zaokrožimo tako, da upoštevamo natančnost podatkov. O smiselnem številu zanesljivih mest v rezultatu odloča najmanj natančen podatek.

Pri **seštevanju** ali **odštevanju** rezultat zaokrožimo na istem mestu, kot je v računu najmanj natančen podatek.

$$12,5 + 0,256 - 4,37 = 8,386 = 8,4$$

Podatki so zaokroženi: 12,5 na desetinki; 0,256 na tisočinki, 4,37 na stotinki; 8,386 na tisočinki. Najmanj natančen podatek je 12,5, zato rezultat zaokrožimo na istem mestu (8,4).

Pri **množenju**, **deljenju**, **potenciranju**, **korenjenju** rezultat zaokrožimo na istem mestu, kot je v računu podatek napisan na najmanjše število mest.

$$12,5 : 0,2566 \cdot 4,3 = 209,4699922 = 2,1 \cdot 10^2$$

Podatki so zaokroženi: 12,5 na tri mesta; 0,2556 na štiri mesta; 4,3 na dve mesti. Podatek z najmanjšim številom mest je 4,3, ki je zapisan na dve mesti, zato rezultat zaokrožimo na dve mesti ($2,1 \cdot 10^2$).

ZAOKROŽEVANJE

Mersko število $2,40 \cdot 10^2$ ima eno celo in dve decimalni mesti, ki jih skupaj štejemo kot številska mesta (tri). Če ima mersko število ničle na začetku (npr.: 0,023), jih ne štejemo kot številska mesta, saj lahko decimalno vejico premaknemo in prilagodimo zapis ($0,023 = 2,3 \cdot 10^{-2}$). Mersko število praviloma zapišemo na eno celo mesto s takšno potenco števila 10, ki jo lahko nadomestimo z znano predpono.

Predpona je ena sama in jo pišemo skupaj z mersko enoto.

predpona	oznaka	desetiška potenca	predpona	oznaka	desetiška potenca
jota			deci		
zeta			centi		
eksa			mili		
peta			mikro		
tera			nano		
giga			piko		
mega			femto		
kilo			ato		
hekto			zepto		
deka			jokto		

4.2 MERJENJE

Merjenje uporabljamo za določevanje lastnosti snovi ali pojavov. Merjenje je tesno povezano z določevanjem spremenljivk v eksperimentalnih in raziskovalnih dejavnostih ter z zbiranjem, beleženjem, predstavitvijo in interpretacijo podatkov o nekem pojavu oz. dogodku.

Izmerjene količine niso poljubno natančne; pravimo, da so obremenjene z *napako*. Ta nastane zaradi nenatančnosti pri merjenju ali omejene veljavnosti fizikalne zveze, iz katere količino izračunamo. Napako moramo pri zapisu količine upoštevati.

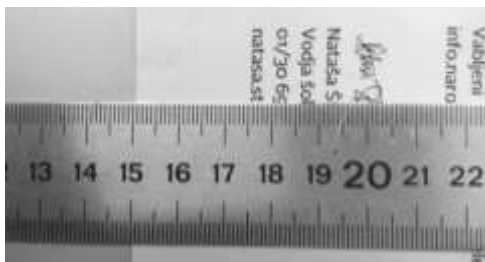
Če merimo dolžino mize s kovinskim trakom, je napaka okoli 1 mm; zato zapis 678,3 mm ni smiseln, zapis 67 cm pa je premalo natančen. Smiseln zapis bi bil 678 mm. To seveda ne pomeni, da bi pri ponovnem merjenju dobili enak rezultat; izmerjena vrednost bi lahko bila tudi 677 mm ali 679 mm ali celo 676 mm ali 680 mm. **Dogovorimo se, da zapišemo še števko (cifro), ki ni povsem zanesljiva** – v našem primeru je to osmica.

Merske napake		
Sistematične napake		Naključne ali statistične napake
- natančnost merske naprave, - natančnost postopka merjenja	vzroki	- natančnost merilca, - neponovljivost meritve
- ne moremo se jim izogniti, lahko pa jih zmanjšamo z uporabo natančnejšega merila, - predznak je vedno isti.	lastnosti	- ne moremo se jim izogniti, lahko pa jo ocenimo z uporabo statističnih postopkov, - predznak je naključen (+ pomeni, da je izmerek prevelik, – pomeni, da je izmerek premajhen), - na vrednost naključne napake lahko vplivamo tako, da meritev čim večkrat ponovimo.

STANDARDNE MERILNE NAPRAVE

Z uporabo **ravnila** lahko običajno merimo razdalje na 1 mm natančno. Natančnost navadnega ravnila torej lahko zapišemo kot $l = 0 \text{ mm} \pm 1 \text{ mm}$.

Primer: Odčitaj začetno l_1 in končno l_2 vrednost meritve ter izračunaj vrednost dolžine l .



$$l_1 = \underline{\hspace{2cm}} \pm \underline{\hspace{2cm}}$$



$$l_2 = \underline{\hspace{2cm}} \pm \underline{\hspace{2cm}}$$

$$l = l_2 - l_1 = \underline{\hspace{4cm}}$$

Kljunasto merilo lahko meri razdalje na 0,05 mm, 0,02 mm ali in celo 0,01 mm natančno. Natančnost kljunastega merila zapišemo kot:

- $d = 0,00 \text{ mm} \pm 0,01 \text{ mm}$
- $d = 0,00 \text{ mm} \pm 0,02 \text{ mm}$
- $d = 0,00 \text{ mm} \pm 0,05 \text{ mm}$

Primer: Odčitaj vrednosti meritev kljunastih meril na fotografijah.



$$d = \underline{\hspace{2cm}} \pm \underline{\hspace{2cm}}$$



$$d = \underline{\hspace{2cm}} \pm \underline{\hspace{2cm}}$$



$$d = \underline{\hspace{2cm}} \pm \underline{\hspace{2cm}}$$

Z uporabo **mikrometrskega vijaka** lahko merimo razdalje na tisočinko milimetra (0,001 mm) natančno. Natančnost mikrometrskega vijaka zapišemo kot:

- $d = 0,000 \text{ mm} \pm 0,001 \text{ mm}$

Primer: Odčitaj vrednosti meritev mikrometrskih vijakov na fotografijah.



$d = \underline{\hspace{1cm}} \pm \underline{\hspace{1cm}}$



$d = \underline{\hspace{1cm}} \pm \underline{\hspace{1cm}}$

Tudi **tehtnice** imajo različno natančnost. Nekatere merijo na gram natančno, druge na desetinko, tretje na stotinko grama. Tehtnice za večje mase imajo lahko še manjšo natančnost.

- $m = 0,00 \text{ g} \pm 0,01 \text{ g}$
- $m = 0,0 \text{ g} \pm 0,1 \text{ g}$
- $m = 0 \text{ g} \pm 1 \text{ g}$

Primer: Odčitaj vrednosti meritev tehtnic na fotografijah.



$m = \underline{\hspace{1cm}} \pm \underline{\hspace{1cm}}$



$m = \underline{\hspace{1cm}} \pm \underline{\hspace{1cm}}$



$m = \underline{\hspace{1cm}} \pm \underline{\hspace{1cm}}$

Štoparice običajno merijo čas na stotinko sekunde natančno 0,01 s.

- $t = 0,00 \text{ s} \pm 0,01 \text{ s}$

Primer: Odčitaj vrednosti meritev štoparic na fotografijah.



$t = \underline{\hspace{1cm}} \pm \underline{\hspace{1cm}}$



$t = \underline{\hspace{1cm}} \pm \underline{\hspace{1cm}}$

SKUPINSKO DELO

1. **Izmerite dolžino in širino šolske klopi z metrom.** Pri zapisu rezultata upoštevajte natančnost metra.

Meritve

$$a = \text{_____} \pm \text{_____} \quad b = \text{_____} \pm \text{_____}$$

Kaj je lahko vzrok napak pri merjenju z metrom?

Kako bi se takim napakam lahko izognili ali jih zmanjšali?

2. **Izmerite dolžino in širino lista A4 z ravnilom.** Pri zapisu rezultata upoštevajte natančnost ravnila.

Meritve

Kaj je lahko vzrok napak pri merjenju z ravnilom?

Kako bi se takim napakam lahko izognili ali jih zmanjšali?

3. Izmerite debelino ploščice s kljunastim merilom. Pri zapisu rezultata upoštevajte natančnost kljunastega merila.

Meritve

Kaj je lahko vzrok napak pri merjenju s kljunastim merilom?

4. Izmerite debelino žice z mikrometrom. Pri zapisu rezultata upoštevajte natančnost mikrometra.

Meritve

Kaj je lahko vzrok napak pri merjenju z mikrometrom?

5. Odčitaj maso izbranega telesa na treh različnih tehtnicah. Pri zapisu rezultata upoštevajte natančnost tehtnice.

Meritve

PRVA TEHTNICA:

DRUGA TEHTNICA:

TRETJA TEHTNICA:

V čem se razlikujejo zapisani rezultati? Zakaj?

6. Izmerite čas padanja radirke z izbrane višine do tal. Pri zapisu rezultata upoštevajte natančnost štoparice.

Meritve

Kaj je lahko vzrok napak pri merjenju s štoparico?

Kako bi lahko take napake zmanjšali?

7. V razredu z digitalnim termometrom izmerite temperaturo zraka. Pri zapisu rezultata upoštevajte natančnost termometra.

Meritve

Kolikšna je natančnost tega merilnika?

8. V razredu z barometrom izmerite zračni tlak. Pri zapisu rezultata upoštevajte natančnost barometra.

Meritve

Kolikšna je natančnost tega merilnika?

STATISTIČNA OBDELAVA MERITEV

i	x_i (enota)	$\bar{x}$ (enota)	Δx_i (enota)	σ ali Δx_{max} (enota)	r_x	r_x (%)
1.						
2.						
3.						
4.						
5.						
6.						

$i = 1, 2, 3, \dots, N$: **zaporedna številka** ponovitve meritve

N : **število vseh ponovitev** meritve

x_i : **zaporedna vrednost merjene količine** (izmerki), npr.: m (masa), ...

$\bar{x}$: **povprečna vrednost meritve**: vrednost, ki je najbolj verjetno enaka pravi vrednosti merjene količine. Izračunamo jo kot vsoto vseh izmerkov deljeno s številom vseh ponovitev meritve: $\bar{x} = \frac{x_1 + \dots + x_N}{N}$. Zaokrožimo jo na najmanjše število decimalk, ki jih imajo podatki.

Δx_i : **absolutna napaka posameznega izmerka** je absolutna vrednost razlike med posameznim izmerkom merjene količine in povprečno vrednostjo meritve: $\Delta x_i = |x_i - \bar{x}|$

σ ali Δx_{max} : **efektivna ali največja absolutna napaka meritve** določa interval v okolici $\bar{x}$, v katerem leži 2/3 vseh izmerkov in pove negotovost rezultata meritve. Efektivno napako lahko izračunamo po formuli ali njeno vrednost ocenimo po 2/3-pravilu: v tabeli prečrtamo 1/3 največjih absolutnih napak in izmed preostalih 2/3 za σ vzamemo največjo. Če je izmerkov malo, pa vzamemo kar največjo absolutno napako izmed vseh. Zaokrožimo jo na 1 številsko mesto.

r_x : **relativna napaka meritve** pove natančnost rezultata meritve in je količnik med efektivno ali največjo absolutno napako in povprečno vrednostjo. Izrazimo jo tudi v %.

Zaokrožimo jo na 2 številski mesti. $r_x = \frac{\sigma}{\bar{x}}$ oziroma $r_x = \frac{\Delta x_{max}}{\bar{x}}$

Zapis rezultata meritve z efektivno ali največjo absolutno napako (izpis iz tabele) pove negotovost rezultata meritve:

$$x = \bar{x} \pm \sigma \quad \text{oziroma} \quad x = \bar{x} \pm \Delta x_{max}$$

Zapis rezultata meritve z relativno napako (izpis iz tabele) pove natančnost rezultata meritve:

$$x = \bar{x}(1 \pm r_x)$$

DEMONSTRACIJSKO IN INDIVIDUALNO DELO

Naloga: Izmeri dolžino in širino pisarniškega lista A4. Izračunaj povprečni vrednosti in zapiši rezultat z upoštevanjem napake. Odgovori na vprašanja.

Pripomočki: Pisarniški list A4, milimetrsko merilo.

Navodilo: Oznake za posamezne količine izberemo in jih jasno zapišemo (glej tabelo za dolžino lista). Širino in dolžino lista izmerimo na šestih različnih mestih.

Merimo tako, kot bi bilo merilo na začetku poškodovano, zato list postavljamo bolj na sredino merila.

Primeri merjenja širine lista A4 na različnih mestih:



Izmerjene vrednosti sproti vnašamo v tabelo. Računov ne pišemo, zapišemo samo uporabljene enačbe.

Oznake posameznih količin:

$a = l_2 - l_1$ dolžina lista

l_1 začetek lista

l_2 konec lista

$\bar{a}$ povprečna dolžina lista

Δaabsolutna napaka meritve

$\Delta a_{\max}$ največja absolutna napaka

r_a relativna napaka

$b = l_2 - l_1$ širina lista

l_1 začetek lista

l_2 konec lista

$\bar{b}$ povprečna dolžina lista

Δb absolutna napaka meritve

$\Delta b_{\max}$ največja absolutna napaka

r_b relativna napaka

Tabela za dolžino lista A4

N	l_1 (mm)	l_2 (mm)	a (mm)	$\bar{a}$ (mm)	Δa (mm)	$\Delta a_{\max}$ (mm)	r_a (%)
1.							
2.							
3.							
4.							
5.							
6.							

Rezultat meritve: a = _____

Tabela za širino lista A4

N	l_1 (mm)	l_2 (mm)	b (mm)	$\bar{b}$ (mm)	Δb (mm)	$\Delta b_{\max}$ (mm)	r_b (%)
1.							
2.							
3.							
4.							
5.							
6.							

Rezultat meritve: b = _____

Odgovori: Dolžina in širina lista standardnega papirja formata A4 sta 297,0 mm × 210,0 mm. Koliko odstotkov odstopa naš merjenec od standarda po dolžini in koliko po širini?

DOLŽINA: $\Delta a = |297,0 \text{ mm} - \text{_____}| =$

$$r_a = \frac{\Delta a}{297,0 \text{ mm}} \cdot 100\% =$$

ŠIRINA: $\Delta b = |210,0 \text{ mm} - \text{_____}| =$

$$r_b = \frac{\Delta b}{210,0 \text{ mm}} \cdot 100\% =$$

4.3 PRIKAZ MERSKIH REZULTATOV

Pri meritvi običajno eno količino spreminjamo (takšni količini pravimo *neodvisna spremenljivka*) in ugotavljamo, kako se pri tem spreminja druga količina (*odvisna spremenljivka*). Rezultate prikažemo tabelarično, grafično in z enačbo.

POTEK MERJENJA

1. pripraviš navpično ali vodoravno tabelo za vnos meritev, ki vsebujejo navedbo neodvisne in odvisne spremenljivke z njunima enotama,
2. meriš in vneseš meritve v tabelo,
3. pripraviš in označiš koordinatni sistem,
4. vneseš točke,
5. med narisanimi točkami potegneš gladko krivuljo,
6. iz narisane krivulje ugotoviš enačbo.

Izjave, s katerimi podamo odvisnost med količinami, imajo lahko različne pomene. Z njimi lahko povemo:

- a) **definicijo količine** (na primer hitrosti $v = \frac{\Delta s}{\Delta t}$); v tem primeru iz znanih količin sestavimo in poimenujemo novo količino; iz definicije lahko običajno razberemo tudi postopek, kako novo količino merimo,
- b) **fenomenološko zvezo**: če pri merjenju na primer ugotovimo, da sta količini s in t premo sorazmerni, zapišemo $s = v \cdot t$, pri čemer je v konstanta, ki jo lahko izluščimo iz merjenja,
- c) **naravni zakon** (na primer: Newtonov zakon $a = F/m$) **ali izrek** (na primer: izrek o ohranitvi kinetične in potencialne energije); v tem primeru z enačbo zapišemo zvezo med količinami, ki jih že poznamo (tj. osnovnimi količinami ali količinami, ki smo jih že prej definirali).

PRIPRAVA KOORDINATNEGA SISTEMA ZA RISANJE GRAFA MERITEV

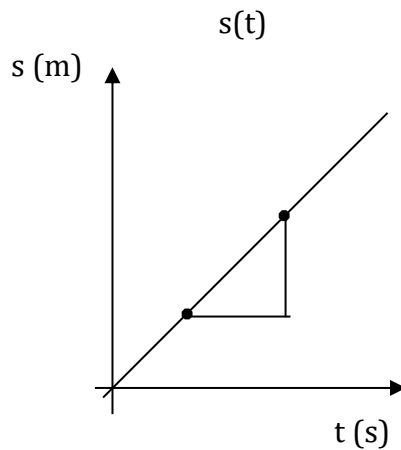
1. glede na razpoložljivi prostor narišeš koordinatni sistem,
2. obe osi označiš z ustreznima količinama in enotama glede na tabelo,
3. glede na izmerjene vrednosti količin in razpoložljivi prostor določiš velikosti razdelkov na obeh oseh (V splošnem sta razdelka na oseh različno dolga in različno vredna. Določena morata biti tako, da lahko v koordinatni sistem vneseš vse izmerke in je razdelitev osi še vedno pregledna.)

Primer 1

Graf $s(t)$

$$s = v t \text{ .. (linearna odvisnost)}$$

t – neodvisna spremenljivka; s – odvisna spremenljivka



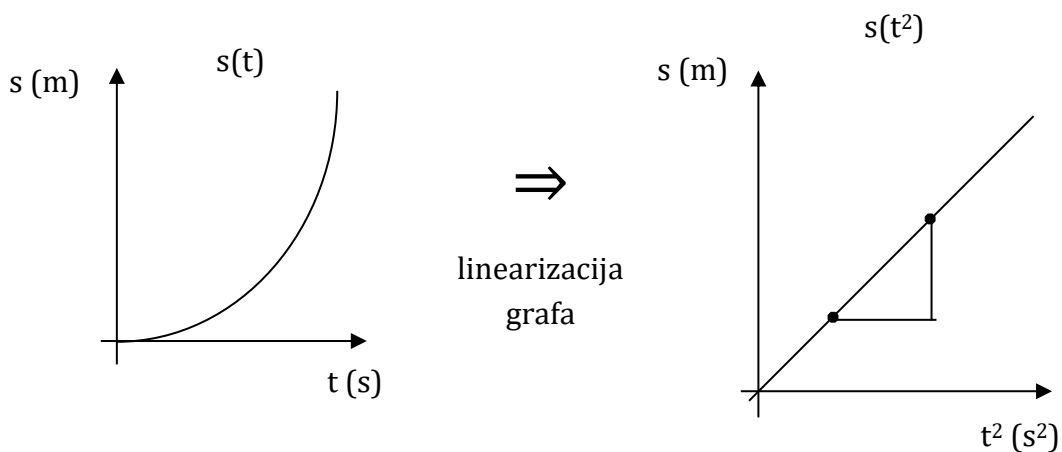
$$\text{Strmina premice predstavlja hitrost: } k = v = \frac{s_2 - s_1}{t_2 - t_1}$$

Primer 2

Graf $s(t)$

$$s = \frac{at^2}{2} \text{ . (nelinearna odvisnost)}$$

t – neodvisna spremenljivka; s – odvisna spremenljivka



Strmina premice je polovica pospeška:

$$k = \frac{a}{2}$$

4.4 PONAVLJANJE IN UTRJEVANJE ZNANJA

VPRAŠANJA

Osnovne in izpeljane fizikalne količine

- Kakšna veda je fizika in kaj je predmet njenega dela?
- Kako se deli fizika glede načina dela?
- Na kakšen način lahko opisujemo naravne pojave?
- Katere fizikalne količine so osnovne in katere izpeljane?
- Naštej vse osnovne fizikalne količine mednarodnega merskega sistema in navedi njihove enote (zapiši ime, oznako in osnovno enoto).
- Kako so na začetku definirali sekundo, meter in kilogram?
- Naštej tri izpeljane fizikalne količine (zapiši ime, oznako in osnovno enoto).
- Kako je definirana gostota? Zapiši z besedami, enačbo in osnovno enoto.
- Zapiši enačbo za ploščine kvadrata, pravokotnika in kroga.
- Zapiši enačbo za volumne kocke, kvadra, krogle in valja.
- S pomočjo definicije izpelji enoto za hitrost, pospešek, silo, delo in energijo.

Zapis fizikalne količine

- Predstavi vse dele zapisa fizikalne količine.
- Kakšen je dogovor za zapis merskega števila v vrednosti fizikalne količine?
- Zakaj se uporablja desetiški zapis merskega števila?
- Koliko predpon je dovoljenih in kako jo pišemo z oznako merske enote?
- Naštej predpone, ki označujejo desetiški ali decimalni faktor enote.
- Dopolni v tabeli manjkajoče vrednosti.

desetiška potenca	predpona	oznaka
10^9		
	mega	
		p
10^{-6}		

Zanesljiva številka mesta in zaokroževanje

- Kakšen je pravilni vrstni red operacij pri računanju z merskimi podatki?
- Kolikšno je smiselno število zanesljivih mest pri seštevanju in odštevanju merskih podatkov? Izračunaj primer.
- Kolikšno je smiselno število zanesljivih mest pri množenju in deljenju, potenciranju in korenjenju merskih podatkov? Izračunaj primer.

Merske napake in merske priprave

- Kako izmerimo osnovne fizikalne količine s standardnimi merilnimi napravami?
- Kako v zapisu fizikalne količine upoštevamo natančnost merilne naprave in postopka merjenja?

- Katere vrste merskih napak poznaš?
- Kaj je vzrok statistične napake in kakšne so njene značilnosti?
- Kaj je vzrok sistematične napake in kakšne so njene značilnosti?

Tabela za merske rezultate

- Kako iz danih merskih rezultatov izračunaš povprečno vrednost izmerjene fizikalne količine?
- Nariši tabelo in v prvi vrstici zapiši oznake vseh količin dane meritve, ki jo statistično obdelamo. Poimenuj te količine.
- Kako izračunaš absolutno napako posameznega izmerka?
- Kako določiš največjo absolutno (efektivno) napako?
- Kako izračunaš relativno napako?
- Kakšna je razlika med največjo absolutno (efektivno) napako in relativno napako?
- Na koliko mest zaokrožimo v tabeli povprečno vrednost, absolutno največjo (efektivno) napako in relativno napako?
- Na kakšen način zapišeš rezultat meritve z največjo absolutno (efektivno) in relativno napako in kaj ti posamezen zapis pove o rezultatu meritve?

Prikaz merskih rezultatov

- S kakšnim namenom opravljamo fizikalne meritve dveh količin?
- Naštej korake pri ugotavljanju medsebojne odvisnosti fizikalnih količin!
- Opiši postopek risanja grafa.
- Nariši graf linearne odvisnosti dveh fizikalnih količin. Opremi obe osi z oznakami za fizikalne količine in smiselno izberi enote na oseh.
- Kako določimo smerni koeficient pri linearni odvisnosti dveh fizikalnih količin?
- Kakšen je pomen smernega koeficienta premice pri dani linearni odvisnosti dveh fizikalnih količin?

NALOGE

Zapisane vrednosti pretvori v osnovno enoto na eno celo mesto s potenco 10.

$$120 \text{ cm} = 1,20 \cdot 10^2 \cdot 10^{-2} \text{ m} = 1,20 \text{ m}$$

4.4.1.) 7500 nm; 1800 μm ; 0,67 mm; 1500 cm; 630 dm; 0,012 km

R: $7,500 \cdot 10^{-6} \text{ m}$; $1,800 \cdot 10^{-3} \text{ m}$; $6,7 \cdot 10^{-4} \text{ m}$; $1,500 \cdot 10^1 \text{ m}$; $6,30 \cdot 10^1 \text{ m}$; $1,2 \cdot 10^1 \text{ m}$

4.4.2.) 12 ng; 0,05 μg ; 110 mg; 0,045 dag; 17 t

R: $1,2 \cdot 10^{-11} \text{ kg}$; $5 \cdot 10^{-11} \text{ kg}$; $1,10 \cdot 10^{-4} \text{ kg}$; $4,5 \cdot 10^{-4} \text{ kg}$; $1,7 \cdot 10^4 \text{ kg}$

4.4.3.) 6 h 40 min; 3 h 35 min 20 s; 130 ms; 1200 ns

R: $2,4 \cdot 10^4 \text{ s}$; $1,3 \cdot 10^4 \text{ s}$; $1,30 \cdot 10^{-1} \text{ s}$; $1,200 \cdot 10^{-6} \text{ s}$

4.4.4.) $0,004 \text{ dm}^2$; 120 cm^2 ; 600 mm^2

R: $4 \cdot 10^{-5} \text{ m}^2$; $1,20 \cdot 10^{-2} \text{ m}^2$; $6,00 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$

4.4.5.) 20 ml ; 30 l ; $0,123 \text{ cm}^3$; 450 mm^3 ; 25 km^3

R: $2,0 \cdot 10^{-5} \text{ m}^3$; $3,0 \cdot 10^{-2} \text{ m}^3$; $1,23 \cdot 10^{-7} \text{ m}^3$; $4,50 \cdot 10^{-7} \text{ m}^3$; $2,5 \cdot 10^{10} \text{ m}^3$

4.4.6.) 125 g/cm^3 ; $0,02 \text{ mg/dm}^3$; 7840 mg/mm^3 ; 125 t/dm^3 ; 14 mg/cm^3 ; 500 dag/dm^3

R: $1,25 \cdot 10^5 \text{ kg/m}^3$; $2 \cdot 10^{-5} \text{ kg/m}^3$; $7,480 \cdot 10^6 \text{ kg/m}^3$; $4,125 \cdot 10^8 \text{ kg/m}^3$; $1,4 \cdot 10^1 \text{ kg/m}^3$;
 $5,00 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$

4.4.7.) $0,018 \text{ km/min}$; $0,24 \text{ cm/min}$; 15 dm/min ; 60 km/h

R: $3,0 \cdot 10^{-1} \text{ m/s}$; $4,0 \cdot 10^{-5} \text{ m/s}$; $2,5 \cdot 10^{-2} \text{ m/s}$; $1,7 \cdot 10^1 \text{ m/s}$

4.4.8.) Dirkalni avtomobil doseže hitrost 360 km/h . To pomeni, da opravi ... [B]

- A. 360 m dolgo pot v 1 sekundi .
- B. 100 m dolgo pot v 1 sekundi .
- C. 36 m dolgo pot v 1 sekundi .
- D. 10 m dolgo pot v 1 sekundi .

4.4.9.) Vlak na zračni blazini lahko doseže hitrost 12 km/min . To pomeni, da prevozi ... [C]

- A. 120 m dolgo pot v 1 sekundi .
- B. 120000 m dolgo pot v 1 sekundi .
- C. 200 m dolgo pot v 1 sekundi .
- D. 20 m dolgo pot v 1 sekundi .

4.4.10.) Gostota železa je 7800 kg/m^3 . To je ... [C]

- A. $0,087 \text{ g/cm}^3$.
- B. $0,78 \text{ g/cm}^3$.
- C. $7,8 \text{ g/cm}^3$.
- D. 78 g/cm^3 .

4.4.11.) Gostota marmorja je 2700 kg/m^3 . To je ... [B]

- A. $0,27 \text{ g/cm}^3$.
- B. $2,7 \text{ g/cm}^3$.
- C. 27 g/cm^3 .
- D. 270 g/cm^3 .

4.4.12.) Prostorninski pretok vode v potoku je 600 hl/min . To je ... [C]

- A. $100 \text{ m}^3/\text{s}$.
- B. $10 \text{ m}^3/\text{s}$.
- C. $1 \text{ m}^3/\text{s}$.
- D. $0,1 \text{ m}^3/\text{s}$.

4.4.13.) Prostorninski pretok vode v potoku je 3600 hl/h . To je ... [D]

- A. $100 \text{ m}^3/\text{s}$.
- B. $10 \text{ m}^3/\text{s}$.
- C. $1 \text{ m}^3/\text{s}$.
- D. $0,1 \text{ m}^3/\text{s}$.

4.4.14.) Gostota ledu je 900 kg/m^3 . To pomeni, da ima ... [B]

- A. 900 kg ledu prostornino 9 m^3 .
- B. 900 kg ledu prostornino 1 m^3 .
- C. 900 kg ledu prostornino 900 dm^3 .
- D. 1 kg ledu prostornino 900 m^3 .

4.4.15.) Gostota betona je 2200 kg/m^3 . To pomeni, da ima ... [C]

- A. 2200 kg betona prostornino 2200 m^3 .
B. 2200 kg betona prostornino $2,200 \text{ dm}^3$.
C. 2200 kg betona prostornino 1 m^3 .
D. 1 kg betona prostornino 2200 m^3 .

4.4.16.) Pri določanju velikosti molekule smo dobili $8,2 \text{ nm}$. To je ... [C]

- A. $8,2 \cdot 10^{-6} \text{ m}$.
B. $8,2 \cdot 10^{-7} \text{ m}$.
C. $8,2 \cdot 10^{-9} \text{ m}$.
D. $8,2 \cdot 10^{-15} \text{ m}$.

4.4.17.) Pri določanju velikosti molekule smo dobili $4,0 \text{ nm}$. To je ... [C]

- A. $4,0 \cdot 10^{-6} \text{ m}$.
B. $4,0 \cdot 10^{-8} \text{ m}$.
C. $4,0 \cdot 10^{-9} \text{ m}$.
D. $4,0 \cdot 10^{-12} \text{ m}$.

4.4.18.) Hitrost 36 km/h je enaka ... [B]

- A. 5 m/s .
B. 10 m/s .
C. 15 m/s .
D. 20 m/s .

4.4.19.) Koliko celih, decimalnih in zanesljivih številskih mest imajo naslednji podatki?

$1,04 \text{ cm}$; $0,045 \text{ mg}$; $1,200 \cdot 10^6 \text{ m}$; $452,22 \text{ s}$; $0,0008 \text{ g}$; $4,2 \cdot 10^{-3} \text{ cm}^3$; $2,400 \text{ kA}$; $2,105 \text{ dm}^2$

Rešitve zanesljivih mest: tri; dve; štiri; pet; eno; dve; štiri; štiri

4.4.20.) Izračunaj izraz in zapiši rezultat z ustreznim številom zanesljivih mest.

$2,135 \text{ g} + 1,12 \text{ g} - 0,123 \text{ g} + 0,03 \text{ g} =$ [3,16 g]

$423,5 \text{ s} + 3,25 \text{ s} + 0,08 \text{ s} - 4,2 \text{ s} =$ [422,6 s]

$20,134 \text{ m}^3 : (20,5 \text{ m} \cdot 0,015 \text{ m}) =$ [65 m]

$(0,0085 \text{ s} \cdot 12,5 \text{ m}) : 24,58 \text{ s} =$ [$4,3 \cdot 10^{-3} \text{ m}$]

$0,85 \text{ kg} : 125 \text{ mm}^3 =$ [$6,8 \cdot 10^6 \text{ kg/m}^3$]

$2,3 \cdot 10^{12} \text{ m} : 365 \text{ dni} =$ [$6,3 \cdot 10^9 \text{ m/dan}$]

$35,7 \text{ m/s} : 8,0 \text{ s} =$ [$4,5 \text{ m/s}^2$]

$3,0 \cdot 10^3 \text{ W} \cdot 3600 \text{ s} =$ [$1,1 \cdot 10^7 \text{ Ws}$]

4.4.21.) Pri tehtanju zavitka masla smo dobili 255 g , za papir, v katerem je zavito maslo, pa $2,55 \text{ g}$. Kateri rezultat smiselno podaja maso masla v zavitku? [A]

- A. 252 g
B. $252,45 \text{ g}$
C. $252,5 \text{ g}$
D. 253 g

4.4.22.) Kateri rezultat pravilno kaže izračun hitrosti avtomobila: $v = 6,8 \text{ km/5,0 min}$. [A]

- A. $v = 2,3 \cdot 10 \text{ m/s}$
B. $v = 2,27 \cdot 10 \text{ m/s}$
C. $v = 2,267 \cdot 10 \text{ m/s}$
D. $v = 0,227 \cdot 10^2 \text{ m/s}$

4.4.23.) Iz vreče z žitnimi zrni smo naključno izbrali 6 zrn in vsako posebej tehtali. Rezultati tehtanja so naslednji: 8,16 mg, 7,99 mg, 8,00 mg, 8,20 mg, 8,11 mg in 7,97 mg. Meritve prikaži v tabeli. Izračunaj povprečno vrednost, napako posamezne meritve, največjo absolutno napako in relativno napako. Rezultat meritve zapiši z upoštevanjem napake.

$$R: \bar{m} = 8,1 \text{ mg}; \Delta m = 0,1 \text{ mg}; r = 1,6\%$$

4.4.24.) Pri tehtanju zvitka masla smo dobili naslednje rezultate: 497 g, 502 g, 503 g, 498 g, 500 g in 498 g. Meritve prikaži v tabeli. Izračunaj povprečno vrednost, napako posamezne meritve, največjo absolutno napako in relativno napako. Rezultat meritve zapiši z upoštevanjem napake.

$$R: \bar{m} = 500 \text{ g}; \Delta m = 3 \text{ g}; r = 0,60\%$$

4.4.25.) Z merilnim trakom merimo dolžino mize. Dobimo naslednje vrednosti: 1484 mm, 1481 mm, 1482 mm, 1486 mm, 1483 mm in 1484 mm. Meritve prikaži v tabeli. Izračunaj povprečno vrednost, napako posamezne meritve, največjo absolutno napako in relativno napako. Rezultat meritve zapiši z upoštevanjem napake.

$$R: \bar{l} = 1483 \text{ mm}; \Delta l = 3 \text{ mm}; r = 0,20\%$$

4.4.26.) Pri merjenju dolžine stranice kocke iz gline smo dobili naslednje vrednosti: 25,1 cm, 24,8 cm, 24,7 cm, 25,4 cm, 25,0 cm in 24,9 cm. Meritve prikaži v tabeli. Izračunaj povprečno vrednost, napako posamezne meritve, največjo absolutno napako in relativno napako. Rezultat meritve zapiši z upoštevanjem napake.

$$R: \bar{a} = 25,0 \text{ cm}; \Delta a = 0,4 \text{ cm}; r = 1,6\%$$

4.4.27.) Pri merjenju mase zavitka masla smo dobili naslednje meritve: 126 dag, 125 dag, 124 dag, 123 dag, 123 dag in 124 dag. Kolikšna je povprečna vrednost z največjo absolutno napako? [C]

- | | |
|------------------------------|------------------------------|
| A. $(125 \pm 1) \text{ dag}$ | B. $(124 \pm 1) \text{ dag}$ |
| C. $(124 \pm 2) \text{ dag}$ | D. $(122 \pm 2) \text{ dag}$ |

4.4.28.) Pri tehtanju pšeničnih zrn si dobil naslednje rezultate: 1,1 g, 1,3 g, 1,2 g, 1,4 g, 1,5 g in 1,3 g. Kolikšna je povprečna vrednost z relativno napako? [C]

- | | |
|----------------------------------|----------------------------------|
| A. $1,5 (1 \pm 0,087) \text{ g}$ | B. $1,4 (1 \pm 0,078) \text{ g}$ |
| C. $1,3 (1 \pm 0,154) \text{ g}$ | D. $1,2 (1 \pm 0,076) \text{ g}$ |

4.4.29.) Pri tehtanju fižolovih zrn smo dobili naslednje rezultate: 2,1 g, 2,3 g, 2,2 g, 2,4 g, 2,5 g in 2,3 g. Kolikšna je povprečna vrednost z največjo absolutno napako? [C]

- | | |
|--------------------------------------|--------------------------------------|
| A. $2,5 \text{ g} \pm 0,1 \text{ g}$ | B. $2,4 \text{ g} \pm 0,2 \text{ g}$ |
| C. $2,3 \text{ g} \pm 0,2 \text{ g}$ | D. $2,2 \text{ g} \pm 0,2 \text{ g}$ |

4.4.30.) Dijak opazuje, kako hitro se giblje ladja na reki. Pri tem zapisuje čas (t) in pot (s) ladje od začetka izbrane lege. Izmerke vpiše v tabelo. Nariši graf $s(t)$. Kolikšna je pot ladje po času 3,0 s? Po kolikšnem času je pot ladje 21,0 m? Kolikšna je strmina grafa? Navedi fizikalni pomen strmine narisane grafa in njeno enoto.

t (s)	s (m)
0,0	0,0
1,0	3,0
4,0	12,0
6,5	19,5
8,0	24,0
10,5	31,5

4.4.31.) Dijak opazuje, kako hitro se giblje kolesar na dirkalni stezi. Pri tem zapisuje čas (t) in pot (d) kolesarja od začetka izbrane lege. Izmerke vpiše v tabelo. Nariši graf $d(t)$. Kolikšna je pot kolesarja po času 5,5 s? Po kolikšnem času je pot kolesarja 20,0 m? Kolikšna je strmina grafa? Navedi fizikalni pomen strmine narisane grafa in njeno enoto.

t (s)	d (m)
0,0	0,0
2,5	10,0
3,0	12,0
7,5	30,0
9,0	36,0
11,5	46,0

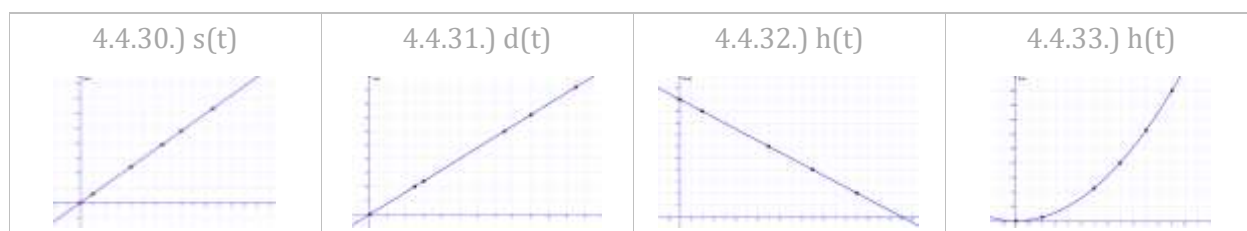
4.4.32.) Dijak opazuje, kako hitro se dviga zračni mehurček v steklenici radenske. Pri tem zapisuje čas (t) in razdaljo (h) mehurčka od gladine. Izmerke vpiše v tabelo. Nariši graf $h(t)$. Kdaj mehurček doseže gladino? Po kolikšnem času je globina mehurčka 15 cm? Kolikšna je strmina grafa? Navedi fizikalni pomen strmine narisane grafa in njeno enoto.

t (s)	h (cm)
0,0	20
1,0	18
4,0	12
6,0	8
8,0	4

4.4.33.) S strehe nebotečnika spuščamo žogo in merimo, kako globoko je po določenem času padanja. Izmerke vpišemo v tabelo. Nariši graf $h(t)$. Kako globoko je žoga po 3,5 s padanja? Po kolikšnem času doseže globino 150 m? Kakšna je odvisnost globine žoge od časa padanja?

t (s)	h (m)
0,0	0
1,0	5
3,0	45
4,0	80
5,0	125
6,0	180

Rešitve grafov



5 SILA, NEWTONOVI ZAKONI IN NAVOR

Kaj se bomo naučili:

- ✓ opisati silo kot vektorsko količino in opredeliti njeno enoto,
- ✓ grafično seštevati sile v ravnini in pojasniti pomen rezultante,
- ✓ grafično razstaviti silo na dve pravokotni komponenti,
- ✓ zapisati in uporabiti Hookov zakon,
- ✓ definirati prožnostni koeficient vzmeti in uporabiti vzmet za merjenje sil,
- ✓ pojasniti in uporabiti zveze med težo in maso,
- ✓ definirati tlak, pretvarjati enote za tlak in opisati nekaj priprav za merjenje tlaka,
- ✓ zapisati in uporabiti odvisnost težnega tlaka tekočine od višine stolpca tekočine in njene gostote,
- ✓ zapisati in uporabiti izrek o ravnovesju sil,
- ✓ razložiti in uporabiti zakon o vzajemnem učinku,
- ✓ uporabiti Newtonove zakone pri premem gibanju,
- ✓ definirati navor sile in pojasniti njegov pomen za ravnovesje teles,
- ✓ uporabiti izrek o ravnovesju navorov.

Minimalni standardi. Dijak ...

- ✓ zna opisati silo kot medsebojno delovanje dveh teles na konkretnih primerih,
- ✓ ve, da silo vedno povzroči neko drugo telo – telo iz okolice,
- ✓ zna grafično predstaviti sile v merilu in jih seštevati,
- ✓ pozna izrek o ravnovesju sil,
- ✓ pozna Hookov zakon,
- ✓ zna definirati tlak in ga zapisati z enačbo $p = F/S$,
- ✓ ve, da je tlak v tekočinah odvisen od globine in da z globino narašča,
- ✓ pozna definicijo gostote,
- ✓ pozna Newtonove zakone.

5.1 SILA

Kadar eno telo deluje na drugo telo, tako da spreminja njegovo gibanje, obliko oz. zgradbo, pravimo, da na drugo telo deluje sila. Sila torej izraža delovanje enega telesa na drugega. Delovanje oz. vpliv sile prepoznamo po spremembi gibanja ali deformaciji telesa.

Sile delujejo na različne načine, zato jih organiziramo v skupine. Po načinu delovanja jih delimo na **sile na dotik** (sila roke na žogo, trenje, lepenje) ter **sile na daljavo** (sila teže, električna sila, magnetna sila).

Nekatere sile lahko delujejo v **točki** (svinčnik na papir), po **premici** (rezilo), na **ploskev** (stiskalnica, podplat) ali celotno **prostornino** (gravitacija). Tako jih delimo glede na prijemališče.

Glede na izbiro sistema govorimo o silah znotraj ali zunaj sistema. Delimo jih na **zunanje sile** (ki delujejo na telo iz okolice) ter **notranje sile** (ki delujejo znotraj telesa).

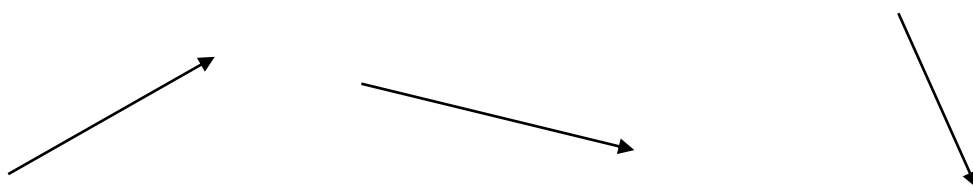
F

$$1 \text{ N} = 1 \text{ kgm/s}^2$$

Sila ima smer in velikost (je vektor: usmerjena daljica), zato jo lahko narišemo. Silo, ki ima enoto N, lahko narišemo le, če se vnaprej dogovorimo za merilo. To pomeni, da določimo, s kakšnim merilom bomo na sliki predstavili velikost 1 N. Zato pri risanju vedno določimo „mersko skalo“, s katero si omogočimo ponazoritev sile v obliki puščice (vektorja).

Izmeri velikost naslednjih sil.

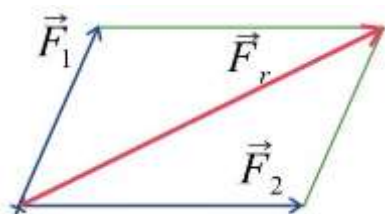
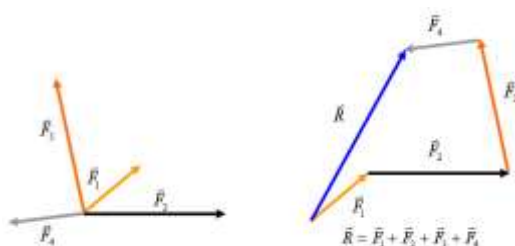
merilo: 1 cm ... 5 N



Seštevanje sil

Sile lahko grafično seštevamo. Pri tem moramo upoštevati njeno smer in velikost. Pri seštevanju si pomagamo z dvema praviloma.

Pri **trikotniškem pravilu** lahko seštevamo več sil, tako da vektorje vzporedno premaknemo (začetek naslednjega v konec prejšnjega), rezultanta pa je vektor od začetka prvega do konca zadnjega.



Pri **paralelogramskem pravilu** lahko seštevamo dve sili, pri čemer enega od vektorjev vzporedno premaknemo v skupno izhodišče, rezultanta pa je diagonala paralelograma.

Če sta dve sili pravokotni druga na drugo, lahko sili seštejemo tudi računsko z uporabo Pitagorovega izreka: $c^2 = a^2 + b^2$.

Razstavljanje sil

Pogosto moramo posamezno silo razstaviti na dve komponenti. Pri tem postopku najprej „določimo“ smer nosilk komponent, narišemo paralelogram, odmerimo velikost sile posamezne komponente.

5.2 MASA IN TEŽA

Maso in teža v pogovornem jeziku pogosto zamenjujemo. Masa je lastnost telesa, ki je zgrajeno iz snovi. Teža pa je sila, ki se pojavi pri medsebojnem delovanju dveh teles. Količini imata različni oznaki, enoti in pomen.

količina	masa	teža
oznaka	m	F_g
enota	kg	N
mersko orodje	tehtnica	dinamometer/silomer

Sta pa masa in sila povezani. Povezuje ju zakon, ki pravi

$$F_g = mg$$

F_g je sila teže telesa, ki ima maso m in je v prostoru z gravitacijskim (težnostnim) pospeškom g . Gravitacijski pospešek izmerjen v Ljubljani meri

$$g = 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

Gravitacijski pospešek se na Zemlji spreminja z mestom meritve. Več o tem kasneje.

Ker imajo telesa poleg mase tudi prostornino, nas pogosto zanima, kako na gosto so delci znotraj posameznega telesa razporejeni. Ta podatek nam pove **gostota**. Podobno nas zanima tudi, koliko sile teže deluje na telo v izbrani prostornini, kar izvemo s pomočjo **specifične teže**.

količina	gostota	specifična teža
oznaka	ρ [grška črka "ro"]	σ [grška črka "sigma"]
enota	$1 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$	$1 \frac{\text{N}}{\text{m}^3}$
enačba	$\rho = \frac{m}{V}$	$\sigma = \frac{F_g}{V}$

Kadar teža (ali druga sila) pritiska na neko površino, se na stiku teh dveh teles pojavi tudi **tlak**. Kolikšen bo tlak, je odvisno od velikosti obeh: sile in površine. Ugotovimo lahko, da večja bo sila, večji bo tlak (sila in tlak sta v premem sorazmerju) ter da večja bo površina, manjši bo tlak (površina in tlak sta v obratnem sorazmerju).

$$p = \frac{F}{S}$$

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

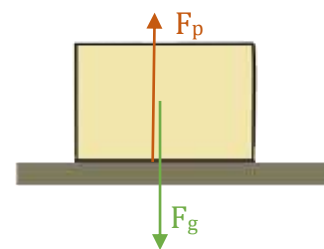
enota: Pascal [paskal]

Poleg Pascala srečamo za merjenje tlaka tudi enoto bar: $1 \text{ bar} = 10^5 \text{ Pa}$.

5.3 LEPENJE IN TRENJE

Kadar telo miruje na ravni podlagi, sta sila teže (F_g) in sila podlage (F_p) nasprotno enaki (enako veliki in nasprotno usmerjeni).

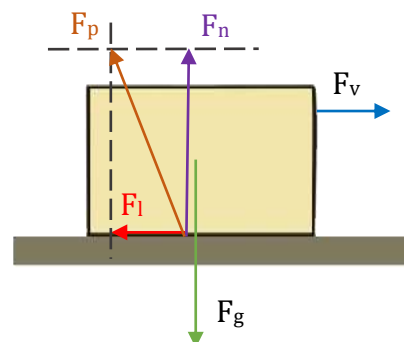
$$F_g = F_p$$



Če na telo delujemo z vlečno silo (F_v), a se telo še **ne premakne** ($v = 0$ m/s), se F_p poveča in nagne v nasprotno smer (nasprotuje gibanju).

Silo podlage lahko tedaj glede na smer podlage razdelimo na pravokotno (F_n - normalna sila) in vzdolžno komponento (F_l - **sila lepenja**).

Z večanjem vlečne sile (F_v) se sila lepenja (F_l) večja. Največja vrednost F_l je odvisna od hrapavosti stika obeh površin, kar izraža koeficient lepenja (k_l).

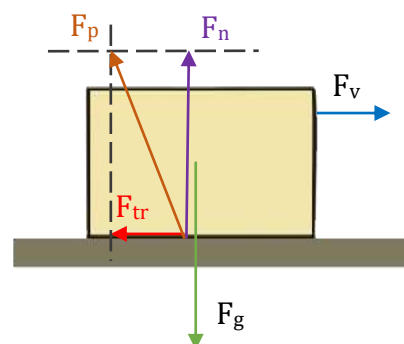


$$F_l = k_l F_n$$

Pri dovolj veliki F_v (večji od $\max F_l$) telo **zdrsne** in se začne gibati ($v > 0$ m/s). Vzdolžno komponento F_p nadomesti **sila trenja** (F_t).

Seveda je tudi F_t odvisna od hrapavosti stika površine, ki ga izraža koeficient trenja (k_t).

$$F_{tr} = k_{tr} F_n$$



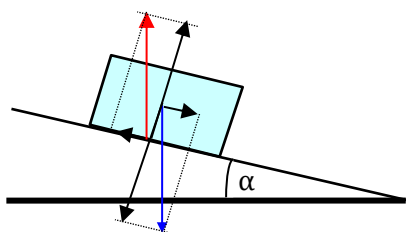
Kadar se telo premika in je F_v natančno enaka F_{tr} , je njuna rezultanta $F_r = 0$ N. To gibanje je enakomerno oz. s stalno hitrostjo ($v = \text{konst.}$), pri katerem ni pospeška ($a = 0$ m/s²).

Če pa je F_v večja od F_{tr} , potem se v smeri gibanja pojavi rezultanta $F_r > 0$ N. Takrat se telesu zaradi pospeška ($a = \text{konst.}$) hitrost povečuje ($v > 0$ m/s).

Pospešek a in rezultanto F_r povezuje masa telesa m v II. Newtonovem zakonu:

$$F_r = ma$$

DEMONSTRACIJSKA VAJA: RAVNOVESJE SIL NA KLANCU



Naloga: določi koeficient lepenja za telo na klanecu.

Pripomočki: klanec s spremenljivim nagibom, kotomer, tehtnica ali dinamometer, tri različna telesa.

Izmeri težo vseh treh teles s tehtnico ali dinamometrom (F_g). Rezultate meritev sproti vnesi v tabelo. Prvo telo postavimo na podlago in počasi povečujemo nagib klanca. V trenutku, ko telo zdrsne po klanecu navzdol, dviganje podlage ustavi. S kotomerom izmeri nagib klanca α in ga zapiši. Postopek ponovi še za drugo in tretje telo.

Nariši sliko klanca s telesom tik preden zdrsne, ko je dinamična komponenta teže (F_d) enaka sili lepenja (F_l).

Težo razstavimo na statično (F_s) in dinamično (F_d)

komponento. Zaradi ravnovesja je sila lepenja (F_l) nasprotno enaka dinamični komponenti (F_d), navpična komponenta podlage (F_n) pa statični (F_s). Izračunamo koeficient lepenja ter njegovo povprečno vrednost.

$$k = \frac{F_l}{F_n}$$

$F_g =$ _____

merilo:

$\alpha =$ _____

telo	F_g (N)	α (°)	F_d (N)	F_l (N)	F_s (N)	F_n (N)	k_l	$\bar{k}$
1.								
2.								
3.								

DEMONSTRACIJSKA VAJA: HOOKOV ZAKON - UMERJANJE PROŽNE VZMETI

Naloga

1. Izmeri raztezke prožne vzmeti pri različnih obremenitvah.
2. Nariši graf $F(x)$, ki ga imenujemo tudi umeritvena krivulja.
3. Umerjeno prožno vzmet uporabi za merjenje teže merjencev.
4. Odgovori na vprašanja.

Pripomočki: prožna vijačna vzmet, ravnilo, stojalo, uteži, merjenci (predmeti z neznano maso), dinamometer.

Navodila

O velikosti sile sklepamo iz njenih učinkov – čim večji je učinek, tem večja je sila, ki ga je povzročila. Za merjenje sile običajno uporabljamo prožno vzmet, ki je tudi bistven sestavni del vzmetne tehtnice. Če na pritrjeno prožno vijačno vzmet deluje sila, se vzmet raztegne. Merilo za velikost sile je lahko kar raztezek vzmeti. Da bi lahko s prožno vzmetjo merili sile, jo moramo prej umeriti.

- Na stojalo obesimo prožno vijačno vzmet in izmerimo njeno dolžino, ko je neobremenjena (l_1).
- Na vzmet postopoma obešamo eno, dve, tri in štiri uteži in merimo nove dolžine vzmeti (l_2). Pazimo, da vzmeti ne deformiramo.
- Sproti računamo raztezek vzmeti ($x = l_2 - l_1$) in rezultate meritev sproti vpisujemo v tabelo.
- Težo uteži meri računalniški dinamometer (F), ki mu ob vsaki meritvi vnesemo raztezek vzmeti, da izriše graf $F(x)$, ki je umeritvena krivulja.
- Program izriše premico skozi izmerjene točke in izračuna njeno strmino. Kakšen je njen fizikalni pomen?
- Zdaj je prožna vzmet umerjena in jo uporabimo za merjenje teže priloženih merjencev. Izmerjene raztezke vnesemo v graf in odčitamo težo.

Dolžina neobremenjene vzmeti: $l_1 =$ _____

N	l_2 (cm)	x (cm)	F (N)
1.			
2.			
3.			
4.			
5.			



Umeritvena krivulja



Račun strmine premice

Katero količino predstavlja strmina premice? _____

Umerjeno prožno vzmet sedaj uporabi za merjenje teže priloženih merjencev. Izmerjene raztezke vnesi v tabelo in odčitaj težo (F_g) neznanih merjencev iz grafa $F(x)$ ter računsko s pomočjo strmine premice (k).

	l_1 (cm)	l_2 (cm)	x (cm)	F_g (N) iz grafa	F_g (N) računsko	m (g)
1.						
2.						

Vprašanja

Kaj lahko na osnovi meritev poveš o zvezi med silo in raztezkom?

Kateri podatek se v enačbi spremeni, če uporabiš drugačno (tršo, mehkejšo) vzmet? Kako se ta sprememba odraža na grafu?

Ali zapisana matematična zveza med silo in raztezkom vedno velja? Kdaj odpove?

5.4 PONAVLJANJE IN UTRJEVANJE ZNANJA

VPRAŠANJA

1. Sila kot vektorska fizikalna količina

- Kaj je sila? Kakšna je njena oznaka?
- Katera je enota za merjenje sile in kako je določena?
- Kaj pomeni, da je sila vektor? Kako sile ponazarjamo?
- Kdaj sta dve sili enaki?
- Kakšni so učinki delovanja sile?
- Kako grafično seštevamo sile v ravnini? Pojasni pomen rezultante sil.
- Kako grafično razstavljamo sile v ravnini na komponente?

2. Vrste sil

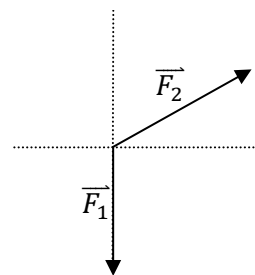
- Kako delimo sile? Naštej delitve in jih razloži.
- Pri kakšni porazdelitvi sile definiramo tlak in pri kakšni porazdelitvi sile definiramo gostoto sile?
- Kako je definiran tlak? Predstavi nastopajoče količine in njihove enote.
- Kako je definirana gostota sile? Predstavi nastopajoče količine in njihove enote.
- Kakšna je povezava med težo in maso oziroma specifično težo in gostoto? Predstavi nastopajoče količine in njihove enote.
- Kakšna sila je sila podlage? Kateri komponenti jo sestavljata? Kako jo izračunaš? Nariši skico!
- Kaj je vzrok nastanka trenja oz. lepenja? Kdaj deluje sila trenja in kdaj sila lepenja? Kako izračunamo silo trenja oz. silo lepenja?
- Kako sta definirana koeficient trenja in lepenja na vodoravni podlagi? Predstavi nastopajoče količine in njihove enote. Kaj vpliva na velikost koeficienta trenja oz. lepenja?

3. Merjenje sil

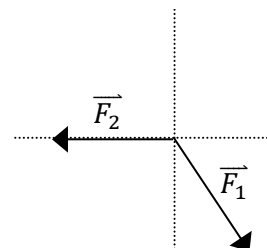
- Katere spremembe, ki jih sila povzroči, lahko uporabimo za merjenje sil?
- Kako vzmet uporabimo za merjenje sil?
- Zapiši Hookov zakon za vzmet z enačbo in nariši z grafom $F = F(x)$. Predstavi nastopajoče količine in njihove enote.
- Kako je definiran koeficient vzmeti?
- Od česa je odvisen koeficient vzmeti?
- Kako določiš koeficient vzmeti iz grafa $F = F(x)$? Kako to povežeš s trdoto vzmeti?

NALOGE

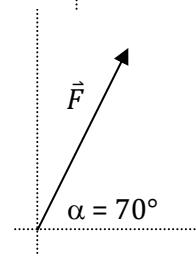
5.4.1.) Določi grafično rezultanto sil ($F_1 = 45\text{ N}$, $F_2 = 30\text{ N}$) s skupnim prijemališčem, ki ju kaže shema. Riši v merilu!



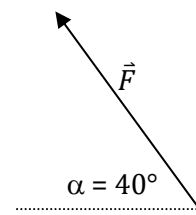
5.4.2.) 2. Določi grafično rezultanto sil ($F_1 = 40\text{ N}$, $F_2 = 20\text{ N}$) s skupnim prijemališčem, ki jih kaže shema. Riši v merilu!



5.4.3.) Razstavi dano silo $F = 120\text{ N}$ na navpično in vodoravno komponento v merilu!



5.4.4.) Razstavi dano silo $F = 200\text{ N}$ na navpično in vodoravno komponento v merilu!

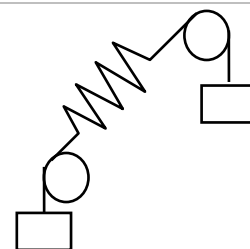


5.4.5.) Neobremenjena vzmet je dolga 150 cm . Ko nanjo obesimo utež 20 N , se raztegne do dolžine 160 cm . a) Kolikšna je konstanta prožnosti te vzmeti? b) Kako dolga pa je ta vzmet, če nanjo obesimo utež 40 N ? c) Kolikšno utež bi morali obesiti na to vzmet, da bi bila dolga 200 cm ? d) Nariši graf odvisnosti sile od raztezka za to vzmet! e) V zgornji graf z drugo barvo vriši črto, ki bi veljala za bolj trdo vzmet!

R: a) $k = 2\text{ N/cm}$, b) $l_2 = 170\text{ cm}$, c) $F = 100\text{ N}$

5.4.6.) Vzmet, ki je neobremenjena dolga 20 cm , obremenimo tako, kot kaže slika. Sila teže posamezne vzmeti je 10 N . Koeficient vzmeti je $5,0\text{ N/cm}$. a) Kolikšna je nova dolžina obremenjene vzmeti? b) S kolikšno silo moramo obremeniti to vzmet, da bo njena dolžina 30 cm ?

R: a) $l_2 = 22\text{ cm}$, b) $F = 50\text{ N}$



5.4.7.) Neobremenjena vzmet je dolga 20 cm . Če na vzmet obesimo breme 10 N , se vzmet podaljša na 24 cm . a) Kolikšen je koeficient vzmeti? b) Kolikšna je dolžina vzmeti, če k prvemu bremenu dodamo še drugo z maso 2500 g ? c) Kolikšno breme obesimo na vzmet, če je obremenjena dolga 22 cm ?

R: a) $k = 2,5\text{ N/cm}$, b) $l_2 = 34\text{ cm}$, c) $F = 5,0\text{ N}$

- 5.4.8.)** Konstanta prožnosti vzmeti je 20 N/cm. To pomeni da se ... [D]
 A. raztegne za 20 cm, če nanjo deluje sila 20 N.
 B. raztegne za 20 cm, če nanjo deluje sila 1 N.
 C. raztegne za 1 cm, če nanjo deluje sila 1 N.
 D. raztegne za 1 cm, če nanjo deluje sila 20 N.

- 5.4.9.)** Konstanta prožnosti vzmeti je 30 N/cm. Če nanjo obesimo utež 90 N, se raztegne za ... [B]
 A. 1,0 cm.
 B. 3,0 cm.
 C. 6,0 cm.
 D. 9,0 cm.

- 5.4.10.)** Konstanta prožnosti vzmeti je 10 N/cm in je neobremenjena dolga 25 cm. Če nanjo obesimo utež 50 N, bo njena dolžina ... [A]
 A. 30 cm.
 B. 60 cm.
 C. $1,3 \cdot 10^2$ cm.
 D. $1,5 \cdot 10^2$ cm.

- 5.4.11.)** Kvader ima stranice 40 cm, 80 cm, 120 cm in maso 140 kg. Na tla ga postavimo tako, da je tlak pod njim najmanjši. a) Nariši lego kvadra v tem primeru in izračunaj tlak pod njim. b) Izračunaj specifično težo snovi, iz katere je kvader.

R: a) $p = 1458 \text{ Pa}$, b) $\sigma = 3,6 \text{ N/dm}^3$

- 5.4.12.)** Kvader ima stranice 20 cm, 60 cm, 120 cm in maso 60 kg. Na tla ga postavimo tako, da je tlak pod njim največji. a) Nariši lego kvadra v tem primeru in izračunaj tlak pod njim! b) Izračunaj specifično težo snovi, iz katere je kvader!

R: a) $p = 5000 \text{ Pa}$, b) $\sigma = 4,2 \text{ N/dm}^3$

- 5.4.13.)** Pod kocko s stranico 40 cm je tlak 150 kPa. Kolikšna je sila teže te kocke?

R: $F = 24 \text{ kN}$

- 5.4.14.)** Pod kocko z maso 500 kg je tlak 2,5 kPa. Koliko meri stranica kocke?

R: $h = 1,4 \text{ m}$

- 5.4.15.)** Na vodoravnih tleh stoji pokonci 4,0 m visok betonski steber s presekom $4,0 \text{ dm}^2$. Gostota betona je $2,5 \text{ kg/dm}^3$. Koliko je specifična teža stebra? [D, G, K]
 A. $2,5 \text{ N/m}^3$
 B. $2,5 \cdot 10^2 \text{ N/m}^3$
 C. $2,5 \cdot 10^3 \text{ N/m}^3$
 D. $2,5 \cdot 10^4 \text{ N/m}^3$

Kolikšna je teža stebra?

- E. $4,0 \cdot 10 \text{ N}$
 F. $4,0 \cdot 10^2 \text{ N}$
 G. $4,0 \cdot 10^3 \text{ N}$
 H. $4,0 \cdot 10^4 \text{ N}$

Če je na vrhu betonskega stebra speljana cesta, je tlak pod stebrom 160 kPa . S kolikšno silo deluje cestišče na steber?

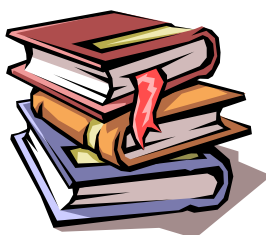
- I. $0,40 \cdot 10^3 \text{ N}$
 J. $1,40 \cdot 10^3 \text{ N}$
 K. $2,40 \cdot 10^3 \text{ N}$
 L. $3,40 \cdot 10^3 \text{ N}$

- 5.4.16.)** Na tleh ležita dve kocki iz enake snovi. Prva ima stranico 2,0 cm, druga pa 4,0 cm. Tlak pod prvo je 2,0 Pa. Kolikšen je tlak pod drugo kocko? [C]
 A. 8,0 Pa
 B. 6,0 Pa
 C. 4,0 Pa
 D. 2,0 Pa

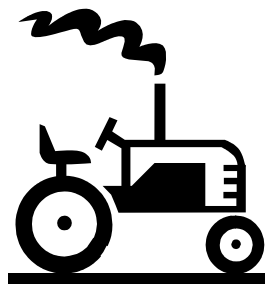
5.5 NEWTONOVI ZAKONI

Sir Isaac Newton (1642—1726) je živel v Angliji. V svojem opazovanju narave se je med drugim ukvarjal tudi z medsebojnim delovanjem teles in silami, ki pri tem nastanejo. Spoznali bomo štiri njegove zakone: zakon vztrajnosti, zakon dinamike, zakon o vzajemnem učinku ter gravitacijski zakon.

1. Newtonov zakon ali **zakon vztrajnosti** govori o vztrajanju teles pri svojem gibanju ali mirovanju: „Če je rezultanta zunanjih sil, ki delujejo na telo, enaka nič, telo miruje ali pa se giblje premo enakomerno.“ Z drugimi besedami: telo, ki miruje, bo mirovalo še naprej, telo, ki se giblje premo enakomerno, se bo gibalo premo enakomerno še naprej.



Telo miruje.
($v = 0 \text{ m/s}$)



Telo se giblje premo enakomerno.
($v = \text{konst.}$)

2. Newtonov zakon ali **zakon dinamike** poveže silo z maso in pospeškom in pravi: „Rezultanta zunanjih sil je enaka produktu mase in pospeška.“ Drugače povedano, če vemo, kolikšna je rezultanta vseh sil, ki delujejo na telo, lahko s pomočjo njegove mase ugotovimo, s kolikšnim pospeškom se bo telo gibalo.

$$F = ma$$



Avto se po vodoravni podlagi giblje enakomerno pospešeno ($a > 0 \text{ m/s}^2$).



Vlak se po vodoravni podlagi giblje enakomerno pojemajoče ($a < 0 \text{ m/s}^2$).



Telo v vakuumu prosto pada in se giblje v navpični smeri enakomerno pospešeno.

3. Newtonov zakon ali **zakon o vzajemnem učinku** govori o medsebojnem delovanju teles: „Kadar prvo telo deluje na drugo telo s silo, tudi drugo telo deluje na prvo z nasprotno enako silo.“ To pomeni, da pri medsebojnem delovanju dveh teles sile vedno nastopajo v parih (akcija—reakcija): $\vec{F}_1 = -\vec{F}_2$



Mase se med seboj vedno privlačijo. **Newtonov gravitacijski zakon** določa velikost tega privlaka, ki mu pravimo gravitacijska sila, na planetih pa kar sila teže.



$$F = G \frac{m_1 m_2}{r^2}$$

Velikost gravitacijske sile je odvisna od mas obeh teles (m_1, m_2) ter razdalje med njima (r). V enačbi nastopa še gravitacijska konstanta:

$$G = 6,67 \cdot 10^{-11} \frac{\text{Nm}^2}{\text{kg}^2}$$

Primerjajmo 2. Newtonov zakon in pa gravitacijski zakon.

2. Newtonov zakon	gravitacijski zakon
$F = ma$	$F = G \frac{m_1 m_2}{r^2}$

Silo iz 2.NZ prav tako uporabljamo pri računanju sile teže ($F = mg$). Torej gre pri obeh zakonih za isto silo. Zato ju lahko izenačimo

$$mg = G \frac{m_1 m_2}{r^2}$$

Na levi in desni strani ena masa predstavlja maso telesa na površini planeta ($m = m_1$), zato ju lahko krajšamo. Kar ostane, je enačba za izračun gravitacijskega pospeška na površini Zemlje, pri čemer je masa, ki ostane v enačbi, pravzaprav masa Zemlje ($m_2 = m_Z$).

$$g = G \frac{m_Z}{r^2}$$

Izračunaj gravitacijski pospešek na površini Zemlje. Polmer Zemlje je $r = 6378 \text{ km}$, masa pa $m_Z = 6,0 \cdot 10^{24} \text{ kg}$.

NAVOR

Grški matematik, fizik in astronom **Arhimed** (287–212 pr. n. š.) je živel v Sirakuzah na Siciliji. Sicilija je bila v tem času kolonija velike Grčije. Bil je eden najpomembnejših znanstvenikov klasične antike. Preučeval je in praktično prikazoval delovanje navora. Za prikaz delovanja navora je menda vzdignil in prestavil celo bojno ladjo z vojniki vred. Znan je njegov vzklík: "Dajte mi kako mesto v vesolju in vzvod, pa bom premaknil našo Zemljo".

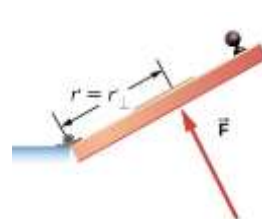
Kadar sila deluje na telo, ki je v neki točki vpeto, da bi se lahko okoli te točke vrtelo, potem ta sila povzroča na telo navor. Večja kot je razdalja med osjo vrtenja in prijemališčem sile, večji bo navor. Pomislimo samo na kljuke na vratih. Kako težko bi jih bilo odpreti, če bi bile kljuke takoj ob osi vrtenja. V katerem od treh primerov je najlažje odpreti vrata?



velika sila,
velika ročica



manjša sila,
velika ročica



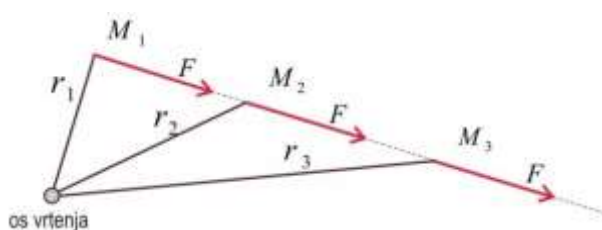
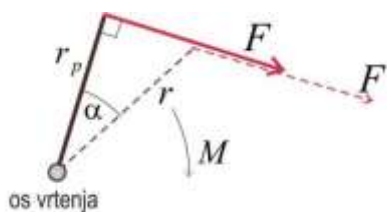
velika sila,
manjša ročica

Ker so kljuke na drugi strani vrat od osi vrtenja, je navor, ki ga tam s silo povzročimo, večji. Posledično vrata lažje odpiramo in zapiramo. **Navor je definiran kot produkt sile in ročice, ki je pravokotna na silo.**

$$M = Fr$$

Oznaka za navor je M , enota pa Nm .

Če sila in ročica nista pravokotni, moramo določiti dejansko ročico oz. silo vzporedno premakniti do primerne položaja.



Ravnesje navorov



Kadar na vpeto telo deluje več sil (npr. na otroški gugalnici, tehtnici), deluje tudi več navorov. Če želimo, da bo tehtnica v ravnesju, morajo biti navori na levi in desni strani enaki:

$$M_L = M_D$$



5.6 PONAVLJANJE IN UTRJEVANJE ZNANJA

VPRAŠANJA

1. I. Newtonov zakon

- Katere ugotovitve je SIR ISAAC NEWTON združil v svojem 1. zakonu? Zapiši zakon v matematični obliki. Kako še imenujemo ta zakon?
- Kaj je opazovano telo in kaj okolica?
- Katere sile so zunanje in katere notranje?
- Kaj pomeni ravnovesje sil?
- Zakaj pravimo, da ima telo vztrajnost?
- Predstavi primere 1. Newtonovega zakona.

2. II. Newtonov zakon

- Katere ugotovitve je SIR ISAAC NEWTON združil v svojem 2. zakonu? Zapiši zakon v matematični obliki. Kako še imenujemo ta zakon?
- Katera sila odloča o pospešku telesa? Ali pri tem pomembna tudi masa telesa?
- Predstavi primer 2. Newtonovega zakona.
- Kdaj se telesa gibljejo pospešeno in po krivih tirih?

3. III. Newtonov zakon

- Katere ugotovitve je SIR ISAAC NEWTON združil v svojem 3. zakonu? Zapiši zakon v matematični obliki. Kako še imenujemo ta zakon?
- Kako pri izbranem sistemu ločimo med zunanjo in notranjo silo, silo in nasprotno silo?
- Predstavi primer 3. Newtonovega zakona.

4. Zapiši in predstavi Newtonov gravitacijski zakon

- Med kakšnimi telesi deluje gravitacijska sila?
- Ali je gravitacijska sila privlačna ali odbojna sila?
- Od česa je odvisna velikost gravitacijske sile? Zapiši enačbo in pojasni nastopajoče količine in njihove enote.
- Kaj je teža?
- Zakaj gravitacijskih sil med masnimi telesi razen teže v vsakdanjem življenju ne zaznamo?
- Kako izračunamo gravitacijski pospešek—gravitacijo na površju Zemlje ali na določeni višini nad površjem?
- Kaj je gravitacijska sila pri gibanju satelitov, planetov, zvezd in galaksij v vesolju?

5. Navor

- Kako je definiran navor sile? Predstavi nastopajoče količine in njihove enote.
- Kako je definirana ročica sile? Nariši primer.
- Predstavi vzvod in njegovo uporabo.

NALOGE

5.6.1.) Zaboje z maso 40 kg vlečemo v vodoravni smeri s silo 160 N tako, da se giblje enakomerno. Nariši vse sile, ki delujejo na zaboj! Določi velikost vseh sil, ki delujejo na zaboj, in nato izračunaj koeficient trenja! Kolikšna je celotna sila podlage na zaboj?

$$R: k_t = 0,4; F_P = 431 \text{ N}$$

5.6.2.) Sani z maso 80 kg vlečemo v vodoravni smeri s silo 240 N, a se ne premaknejo. Nariši vse sile, ki delujejo na sani! Določi velikost vseh sil, ki delujejo na sani, in izračunaj koeficient lepenja! Kolikšna je celotna sila podlage na sani.

$$R: k_L = 0,3; F_P = 835 \text{ N}$$

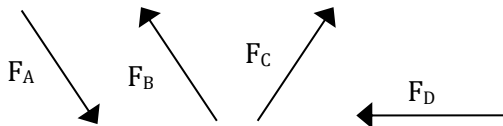
5.6.3.) Voz mase 160 kg vlečejo konji po vodoravni podlagi s silo, ki je vzporedna s podlago. Koeficient trenja je 0,3. Nariši skico in vse sile, ki delujejo na voz! Kolikšna mora biti vlečna sila konj, da se voz giblje enakomerno?

$$R: F = 480 \text{ N}$$

5.6.4.) Kartonski zaboj mase 240 kg hočemo premakniti po vodoravni podlagi s silo, ki je vzporedna s podlago. Koeficient lepenja je 0,35. Nariši skico s silami, ki delujejo na zaboj! Kolikšna mora biti vlečna sila, da se zaboj premakne?

$$R: F > 840 \text{ N}$$

5.6.5.) Slika prikazuje vektorje štirih sil. Katera vsota treh sil ima za posledico enakomerno gibanje telesa? [B]



- A. $F_A + F_B + F_C$
- C. $F_A + F_D + F_B$

- B. $F_A + F_C + F_D$
- D. $F_B + F_C + F_D$

5.6.6.) Na telo deluje sila 15 N v smeri proti jugu in sila 20 N v smeri proti vzhodu. Ti dve sili uravnoteži sila, ki ima velikost in smer: [A]

- A. 25 N proti severozahodu.
- B. 25 N proti jugovzhodu.
- C. 35 N proti severozahodu.
- D. 35 N proti jugovzhodu.

5.6.7.) Uteži sta povezani tako, kot kaže skica. Sila teže vsake od uteži je 20 N. Kolikšna je sila v vrvici? [C]



- A. 0,0 N
- C. 20 N

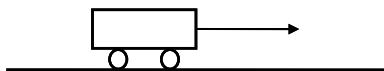
- B. 10 N
- D. 40 N

5.6.8.) Na vodoravni podlagi je voziček z maso 2,0 kg. Nanj je pritrjen silomer, ki ga vlečemo vzporedno s podlago. Koliko kaže silomer, če se voziček giblje enakomerno, koeficient trenja pa je 0,01? [C]

- A. 0 N
C. 0,2 N

- B. 0,1 N
D. 2,0 N

5.6.9.) Voziček z maso 1500 g privežemo na vrvico in vlečemo s silo 3,0 N po gladki vodoravni podlagi. S kolikšnim pospeškom se giblje voziček? S kolikšno silo deluje voziček na vrvico?



$$R: a = 2 \text{ m/s}^2, F = 3,0 \text{ N}$$

5.6.10.) Sani z maso 50 kg vlečemo po vodoravni podlagi s silo 500 N v vodoravni smeri. Koeficient trenja je 0,4. Nariši vse sile, ki delujejo na sani! Izračunaj, s kolikšnim pospeškom se sani gibljejo!



$$R: a = 6 \text{ m/s}^2$$

5.6.11.) Zabož z maso 150 kg vlečemo po vodoravni hrapavi podlagi s silo 500 N v vodoravni smeri tako, da se premika s pospeškom $1,2 \text{ m/s}^2$. Nariši vse sile, ki delujejo na zabož! Izračunaj silo trenja! Izračunaj še koeficient trenja!

$$R: F_{\text{tr}} = 320 \text{ N}, k_{\text{tr}} = 0,21$$

5.6.12.) Zabož z maso 250 kg vlečemo po vodoravni hrapavi podlagi, kjer je koeficient trenja 0,4. Zabož se premika s pospeškom $1,2 \text{ m/s}^2$. Nariši vse sile, ki delujejo na zabož! Izračunaj vlečno silo!

$$R: F_V = 1300 \text{ N}$$

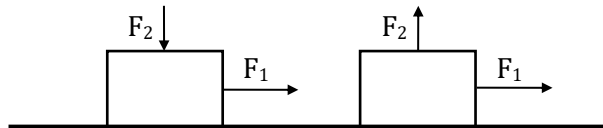
5.6.13.) Vlak mase 80 ton vozi enakomerno pospešeno s pospeškom $0,25 \text{ m/s}^2$. Koeficient trenja je 0,08. S kolikšno silo vleče lokomotiva?

$$R: F_L = 84 \text{ kN}$$

5.6.14.) Avto ima z voznikom maso 1000 kg, koeficient trenja je 0,02. S kolikšno silo deluje motor pri startu, če potrebuje za hitrost 100 km/h 11,2 s?

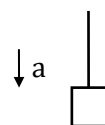
$$R: F_M = 2,5 \text{ kN}$$

5.6.15.) Na telesi z enakima masama m (10 kg) začneta delovati sili F_1 (40 N) in F_2 (30 N) tako, kot kaže slika. Koeficienta trenja med telesoma in podlago sta enaka 0,2. Katero telo se prej premakne za 1,0m, če sta telesi na začetku mirovali?



$$R: \text{drugo telo}$$

5.6.16.) Utež 100 g je privežana na vrvico in se giblje s pospeškom $3,0 \text{ m/s}^2$ navzdol. S kolikšno silo je napeta vrvica?



$$R: F_V = 0,7 \text{ N}$$

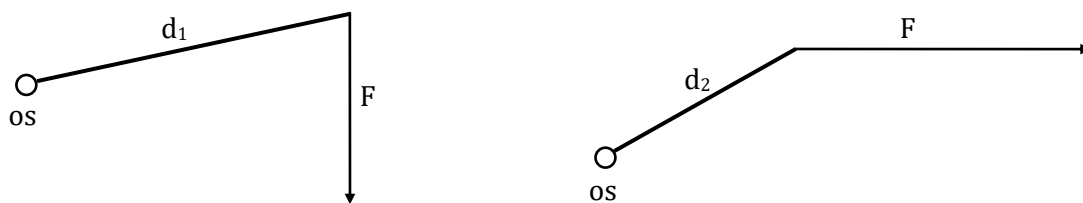
5.6.17.) Na tleh dvigala je tehtnica, na kateri stoji človek z maso 80 kg. Koliko kaže tehtnica, če se dvigalo spušča enakomerno pospešeno s pospeškom 2 m/s^2 ?

R: $F_T = 640 \text{ N}$

5.6.18.) Na vrv pod dvigalom je obešeno breme 150 kg . a) S kolikšno silo breme napenja vrv, če dvigalo miruje? b) S kolikšno silo breme napenja vrv, če se giblje navzdol s pospeškom $1,5 \text{ m/s}^2$? c) S kolikšno silo breme napenja vrv, če se giblje navzgor s pospeškom $1,5 \text{ m/s}^2$? č) S kolikšno silo breme napenja vrv, če se giblje navzdol enakomerno s hitrostjo $1,0 \text{ m/s}$?

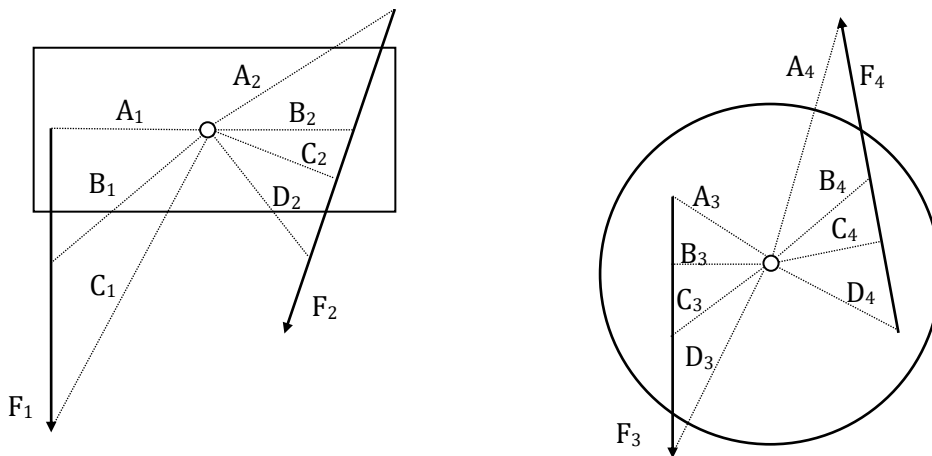
R: a) $F_V = 1500 \text{ N}$, b) $F_V = 1275 \text{ N}$, c) $F_V = 1725 \text{ N}$, č) $F_V = 1500 \text{ N}$

5.6.19.) Palici z dolžinama d_1 in d_2 se brez trenja vrtita okoli osi. V sliki za oba primera vriši ročici.

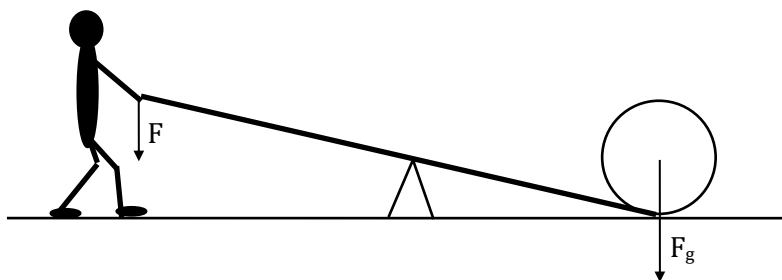


5.6.20.) Telo na sliki se vrti okrog osi v točki O. Katera od daljic je ročica posamezne sile?

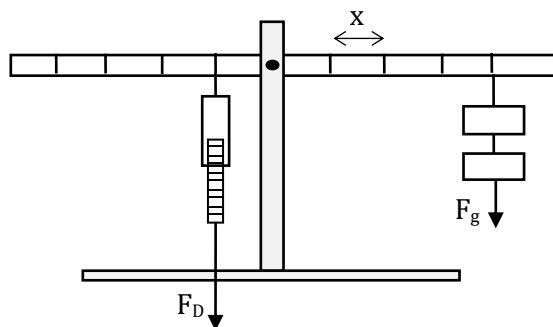
R: A_1, C_2, B_3, C_4



5.6.21.) Z vzvodom dvigujemo breme, kot kaže slika. Z znakom "x" označi os vrtenja. V sliko vriši ročico bremena F_g ter ročico sile F .

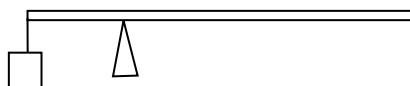


5.6.22.) Na vzvodu visita dve enaki uteži po 10 N. En razdelek vzvoda meri $x = 1$ cm. Koliko meri ročica dinamometra? Koliko meri ročica uteži? Kolikšno silo F_D kaže dinamometer?



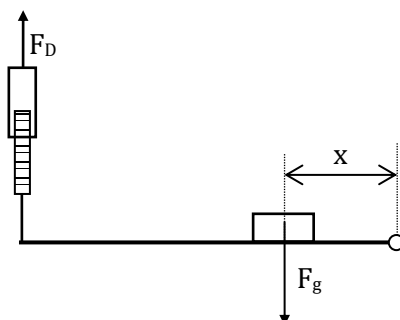
R: $r_g = 4,0$ cm, $r_D = 1,0$ cm; $F = 80$ N

5.6.23.) Lahka palica je dolga 2,0 m in podprta na četrtni dolžine, kot kaže slika. Na krajšem koncu visi utež z maso 3,6 kg. S kolikšno silo in v kateri smeri moramo delovati na daljšem koncu, da bo palica mirovala v vodoravni legi?



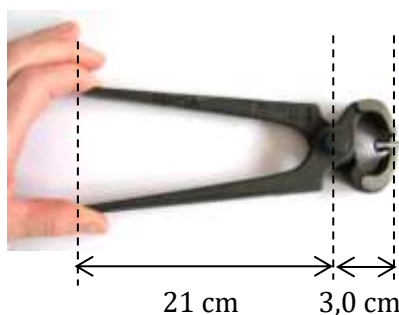
R: $F = 12$ N

5.6.24.) Zelo lahko ravnilo je na desni strani naslonjeno na mizo (os vrtenja), na levi strani je pritrjen dinamometer (glej sliko). Na ravnilo je postavljena utež 20 N. Dolžina ravnila je 1,0 m, razdalja od uteži do roba mize pa $x = 25$ cm. Kolikšno silo kaže dinamometer?



R: $F = 5$ N

5.6.25.) S kleščami želimo preščitniti žico. Za to je potrebna sila 4000 N, ki deluje na izbranem mestu. S kolikšno silo moramo stisniti konce ročajev klešč? Sile vriši v skico in jih ustrezno označi.

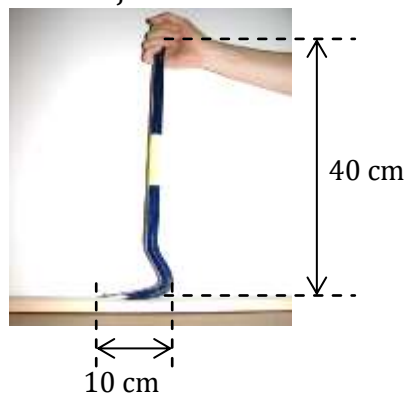
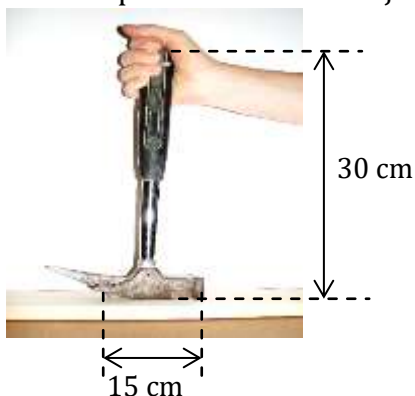


R: $F = 571$ N

5.6.26.) Tehtnica, ki so jo včasih uporabljale branjevke, je dolga 60 cm in obešena (podprta) na sredini. Na enem koncu visi utež mase 1,2 kg. Kam je treba obesiti drugo utež mase 3,6 kg, da bo tehtnica v ravnovesju?

R: $r = 10 \text{ cm}$

5.6.27.) S kladivom in pajserjem vzvodom izdiramo žebelje, kakor je razvidno s spodnjih slik. Razsežnosti glej na sliki. Z roko delujemo pravokotno na konec ročaja kladiva in izdirala. Nariši silo roke, silo žebelja in določi os vrtenja. S kolikšno silo se upira žebelj, če moramo delovati s silo roke 120 N pravokotno na ročaj kladiva? S kolikšno silo moramo delovati z roke pravokotno na ročaj izdirala, če se upira žebelj s silo 480 N?



R: $F = 240 \text{ N}$, $F = 120 \text{ N}$

6 ZGRADBA IN MEHANIČNE LASTNOSTI SNOVI

Kaj se bomo naučili:

- ✓ s silami med gradniki snovi kvalitativno pojasniti mikroskopsko sliko snovi v trdnem, tekočem in plinastem agregatnem stanju,
- ✓ kvalitativno pojasniti površinsko napetost, kapilarnost in viskoznost,
- ✓ opisati mehanične lastnosti trdnin: obremenitve in deformacije ter pojasniti pojma trdnost in trdota materiala,
- ✓ definirati elastični modul snovi,
- ✓ definirati prostorninski in masni tok.

Minimalni standard. Dijak ...

- ✓ pozna pojma prostorninski in masni tok.

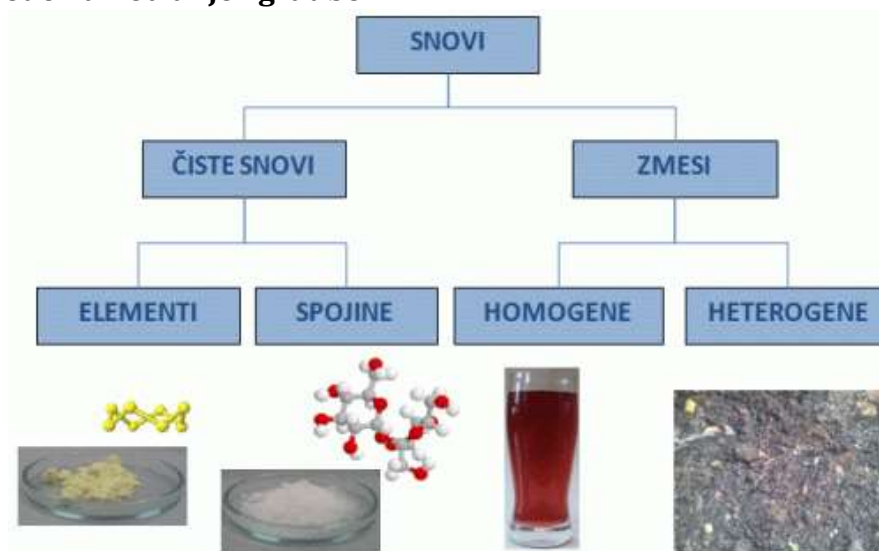
6.1 DELITEV SNOVI

Snovi lahko razvrstimo na dva načina. Opazujemo lahko, v kakšnem agregatnem stanju so snovi ali pa kakšni so delci, iz katerih je snov zgrajena.

Delitev snovi glede na agregatno stanje

agregatno stanje	snovi	
trdno	trdnine	
tekoče	kapljevine	] tekočine
plinasto	plini	

Delitev snovi glede na notranjo zgradbo



Elementi so čiste snovi, zgrajene iz enakih atomov (Au, Pt, Fe, Cu) ali molekul iz enakih atomov (H₂, O₂, S₈). Število vseh različnih elementov je razvidno iz periodnega sistema.

Spojine so čiste snovi, zgrajene iz enakih molekul, ki so sestavljene iz različnih atomov (H₂O, H₃PO₄, HNO₃).

Zmesi so sestavljene iz vsaj dveh čistih snovi.

6.2 ZGRADBA AGREGATNIH STANJ

MOLEKULE IN ATOMI

Amedeo Avogadro (1776—1856) italijanski kemik, se je rodil 9. avgusta 1776 v mestu Piedmont. Umrl je 9. julija 1856. Po njem je imenovano število molekul v enem molu (Avogadrovo število). Prvi večji dosežek Avogadra je danes znan kot Avogadrov zakon, ki pravi da »enaki volumni različnih plinov, pri enaki temperaturi in tlaku vsebujejo isto število molekul«. V okviru tega dela je njegov pomemben prispevek tudi razločevanje med molekulami in atomi, kar do takrat ni bilo povsem razumljeno. V počastitev njegovim prispevkom na tem področju je po njem imenovano število molekul v enem molu, znano kot Avogadrovo število in približno enako $6,02214199 \cdot 10^{23}$.

MOLEKULE IN ATOMI SE NEPRESTANO GIBLJEJO



Robert Brown (1773—1858) je leta 1827 z mikroskopom rutinsko pregledoval suspenzijo cvetnega prahu v vodi in opazil, da se posamezna zrnca brez reda gibljejo v vse smeri. Mislil je, da je to zaradi življenja, skritega v pelodnih zrnih. Ko pa je nato opazoval drobna zrnca barvila (brez dvoma neživa) suspendirana v vodi, je tudi pri njih ugotovil enako nepravilno gibanje posameznih delcev.

Od tedaj se ta pojav imenuje **Brownovo gibanje**. Avtor je komaj kaj poročal o tem, saj sam ni našel zanj nobene razlage. Dolgo je niso našli niti drugi. Šele kasneje je postalo jasno, da je Brownovo gibanje posledica dejstva, da je voda sestavljena iz delcev. To je bil tudi prvi dokaz za atomizem, ki je izhajal iz opazovanja.

Delci (cvetni prah, zrnca barvila ali prašni delci) so približno milijonkrat večji od molekul tekočine. Po eni strani so dovolj majhni, da občutijo neurejeno gibanje molekul okrog sebe; po drugi strani, pa dovolj veliki, da jih vidimo pod mikroskopom ali celo s prostim očesom.

Kakšno gibanje je termično gibanje?

SILE MED GRADNIKI SNOVI

Kako s silami med gradniki snovi kvalitativno pojasnimo mikroskopsko sliko v trdnem, kapljevinskem in plinskem agregatnem stanju?

Trdnine

V trdninah so atomi večinoma urejeni. Takšne snovi so kristalne trdnine ali **kristali**. Obstajajo pa tudi snovi, pri katerih razporeditev atomov bolj spominja na teniške žoge, ki neurejeno druga ob drugi ležijo v košu. Takšna so stekla in večina umetnih snovi. Zgradba takšnih snovi je **amorfna**. Snovi, v katerih atomi niso razporejeni ne periodično ne naključno, so nekeje med kristali in amorfnimi snovmi, imenujemo jih **kvazikristali**. Kvazikristalne



zlitine so se v raziskavah izkazale za zelo trde — predvsem zaradi odsotnosti kristalnih ravnin, vzdolž katerih se pravi kristali lažje koljejo. S takimi snovmi bi npr. lahko prevlekli površine, ki so izpostavljene abraziji. Nekatere kvazikristale odlikuje površina, na katero se skoraj nič ne prime, kar bi brez dvoma znali koristno uporabiti pri izdelavi posode in kuhinjskih pripomočkov.

Idealen primer trdnine je **togo telo**, katerega velikost, oblika in sestava se med gibanjem ne spremeni. Trdnine v resnici niso povsem toge, vendar jih je težko raztegovati, upogibati in še težje stiskati. Obliko trdnine spremenimo le, če nanjo delujemo z močnimi silami. Iz vsakdanjih izkušenj vemo, da se je skozi trdnine težko premikati (kar poskusite z glavo skozi zid). Čeprav se vsaka trdnina pri velikih obremenitvah deformira, so trdnine v splošnem dovolj trdne in elastične, da vzdržijo bremena in se zato uporabljajo v konstrukcijah, strojniških napravah ter povsod tam, kjer je potrebna nosilnost in odpornost proti obremenitvam.

Trdnine so običajno **najgostejše snovi**. Gostota snovi je delno odvisna od kristalne strukture, a ne povsem. Atomska masa železa je 56, aluminija pa 27 (atom Fe ima dvakrat večjo maso od atoma Al). Vendar je gostota železa $7,9 \text{ kg/dm}^3$, aluminija pa $2,7 \text{ kg/dm}^3$, kar je skoraj trikrat manj (in ne dvakrat, kot bi pričakovali). Analiza kristalne strukture z rentgenskim sevanjem je pokazala, da so si atomi v železu bližje kot atomi v aluminiju.

Trdnina **ohranja svojo obliko**, torej so molekule medsebojno tako močno povezane, da se ne morejo prosto gibati. Če kapljevina zamrzne, se molekule trdno povežejo med seboj v trdnino.

Značilni predstavniki trdnine so kovine in njihove zlitine, kamen, les, steklo, keramika, različne umetne smole, kristali.

Za trdne snovi so značilne naslednje mehanične lastnosti: čvrstost, razteznost, kovnost, trdota in trdnost.

Tekočine (kapljevine in plini)



Slika 1



Slika 2

Iz izkušenj vemo, da se tekočine ločijo od trdnih teles po tem, da **nimajo svoje lastne oblike**. Tekočina je skupno ime za podmnožico faz snovi, ki zajema kapljevine in pline, v posplošenem smislu pa lahko med tekočine uvrščamo tudi plazmo in plastične trdnine. Skupna lastnost tekočin je, da **lahko tečejo**, kar nam pove že njihovo ime, in se ne upirajo deformaciji. Drugače povedano: tekočine zavzamejo obliko posode, v katerih so shranjene. Vzrok tega je, da v tekočinah v pogojih statičnega ravnovesja ni strižnih sil. Posledica tega je Pascalov zakon, iz katerega sledi pomembna vloga tlaka pri označevanju stanja tekočine.

Gibanje in deformacijo tekočin obravnava veja fizike, imenovana **mehanika tekočin**.

Najbolj znani tekočini sta voda in zrak. Voda je pri standardnih pogojih kapljevina, ker je v tekočem stanju, zrak pa plin, ker je v plinastem stanju. Kisik, ki ga dihamo, je pri normalnem tlaku tekoč med 50,35 K in 90,18 K (-222,81 °C — -182,81 °C).

Kapljevine so tekočine v takšnem agregatnem stanju, v katerem zavzamejo obliko posode, pri čemer pa ohranjajo stalno prostornino in tvorijo gladino. Kapljevine tečejo v ceveh, lahko pa tudi v žlebovih, kanalih, rečnih koritih. Zaradi površinske napetosti kapljevine tvorijo kapljice. Gostota kapljev in je pri navadnih pogojih istega velikostnega reda kot gostota trdnin, a veliko večja od gostote plinov. Stisljivost kapljev in je veliko manjša od stisljivosti plinov.

Plini so tekočine, ki zavzamejo ves razpoložljiv prostor. Plini tečejo samo v ceveh. Tak je npr. zemeljski plin, ki ga gospodinjstva uporabljajo kot gorivo.

Voda je v naravi v trdem, tekočem in plinastem stanju.

6.3 PONAVLJANJE IN UTRJEVANJE ZNANJA

VPRAŠANJA

1. Iz česa je zgrajena snov?
2. Opiši zgradbo atoma.
3. Kolikšna je velikost atomov in molekul?
4. Kaj je mol?
5. Kaj je Avogadrovo število in kolikšna je njegova vrednost?
6. V kakšnih agregatnih stanjih je lahko snov in kaj je za posamezno agregatno stanje značilno?

6.4 MEHANIČNE LASTNOSTI TRDNIN



Na trdnine lahko zunanje sile delujejo na različne načine, poznamo različne vrste obremenitev. Trdne snovi lahko zunanje sile stiskajo, natezajo, upogibajo, strižejo in zvijajo.

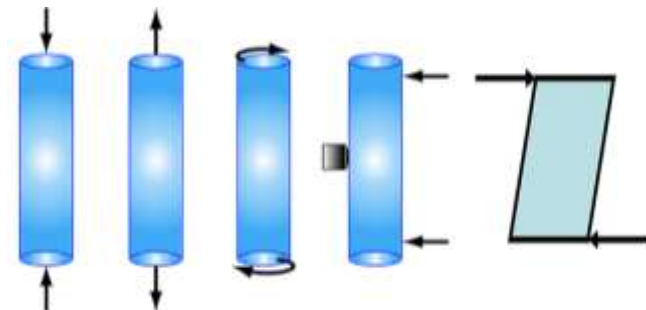
Posledica obremenitve je deformacija, ki je lahko **prožna oz. elastična** in **neprožna ali plastična**. Prožna deformacija po prenehanju obremenitve popolnoma izgine, neprožna pa izgine samo delno ali pa sploh ne.

snovi, ki se prožno deformirajo	snovi, ki se neprožno deformirajo
elastika, vzmet, mlada koža	plastelin, zvita žica, stara koža

Telo (snov) lahko svojo **prožnost izgubi**. Vzroki so lahko: prevelika deformacija, zelo velikokrat ponovljene deformacije, visoka temperatura, kemični vplivi, pri koži pa predvsem izguba vlage in staranje.

Različne trdnine se na delovanje sil odzivajo različno. Poglavje Mehanične lastnosti snovi obravnava lastnosti trdin, ki določajo, kako se bo trdnina obnašala pod vplivom delovanja različnih obremenitev. Poznavanje teh lastnosti je pomembno za tehnične vede (gradbeništvo, strojništvo) in pri uporabi snovi za različne namene.

Snovi lahko obremenimo na različne načine. Tem deformacijam rečemo (glej sliko) stisk, nateg, torzija, upogib, strig.



Hookov zakon za vzmet

Raztezek (x) prožno deformirane vzmeti je premo sorazmeren vlečni sili (F). Večja kot bo sila, večji bo raztezek vzmeti.

$$x = \frac{F}{k}$$

V enačbi nastopa tudi konstanta prožnosti (k), ki je značilnost vsake vzmeti posebej. Iz izkušenj vemo, da lahko vzmet raztegemo do te mere, da se več ne povrne v prvotno obliko.

To se zgodi, če pri obremenitvi preidemo iz področja elastičnosti v področje plastičnosti (plasti v snovi drsijo druga po drugi). Snov takrat zgubi svoje prožne lastnosti.



Hookov zakon velja tudi bolj splošno

Kot imajo lahko vzmeti različen prožnostni koeficient, tako se lahko vsaka snov na isto obremenitev (silo) različno deformira. Deformacijo snovi določi prožnostni (Youngov) modul (E). Prožnostni modul določa, koliko se bo deformirala snov pod napetostjo 1 N/m². Za jeklo je velik, za elastiko je majhen.

$$\frac{\Delta l}{l} = \frac{1}{E} \frac{F}{S}$$

V enačbi nastopa relativni raztezek $\frac{\Delta l}{l}$. Izračunamo ga tako, da spremembo dolžine žice Δl delimo z njeno začetno vrednostjo l. Relativni raztezek označimo tudi s črko ϵ . Torej:

$$\epsilon = \frac{\Delta l}{l}$$

Izraz $\frac{F}{S}$ že predstavlja natezni tlak oz. natezno napetost. Je količnik sile in prečnega prereza, na katerega učinkuje sila. Označimo ga s črko σ . Torej:

$$\sigma = \frac{F}{S}$$

Če te tri enačbe združimo, dobimo krajšo obliko enačbe:

$$\varepsilon = \frac{1}{E} \sigma$$

s čimer ugotovimo, da je natezna napetost premo sorazmerna relativnemu raztežku:

$$\sigma = E \varepsilon.$$

6.5 PONAVLJANJE IN UTRJEVANJE ZNANJA

VPRAŠANJA

1. Na kaj mislimo v fiziki, ko govorimo o mehaničnih lastnostih snovi?
2. Kje je pomembno poznavanje mehaničnih lastnostih snovi?
3. Naštej in opiši več primerov deformacij trdnin.
4. Zapiši Hookov zakon za žico, nariši skico in poimenuj količine!

NALOGE

6.5.1.) Jeklena žica ima prerez $3,0 \text{ mm}^2$. Neobremenjena je dolga 150 cm , ko nanjo obesimo utež, pa je dolga 153 cm . a) Kolikšen je raztezek žice? b) Kolikšen je relativni raztezek? c) Kolikšen je natezni tlak v žici, če je prožnostni modul jekla $2,0 \cdot 10^{11} \text{ Pa}$? č) Kolikšna sila je raztegnila žico? d) Kolikšen bi bil raztezek, če bi bila sila 3-krat večja? e) Kolikšen bi bil raztezek, če bi bila pri enaki obremenitvi žica 2-krat daljša? f) Kolikšen bi bil raztezek, če bi pri enaki obremenitvi žica imela 2-krat večji prerez?

R: a) $\Delta l = 3 \text{ cm}$; b) $\varepsilon = 0,02$; c) $p = 4 \cdot 10^9 \text{ Pa}$; č) $F = 12 \text{ kN}$; d) 3x večji; e) 2 x večji; f) 2 x manjši

6.5.2.) Kovinska žica s presekom $2,5 \text{ mm}^2$ je pred obremenitvijo dolga 135 cm . Ko nanjo obesimo utež 8500 N , se podaljša na 137 cm . Kolikšen je relativni raztezek te žice? Kolikšen je natezni tlak v žici? Kolikšen je prožnostni modul te žice?

R: $\varepsilon = 0,015$; $\sigma = 3,4 \cdot 10^9 \text{ Pa}$; $E = 2,27 \cdot 10^{11} \text{ Pa}$

6.5.3.) Kovinska žica s presekom $1,8 \text{ mm}^2$ ima prožnostni modul $7,5 \cdot 10^{10} \text{ Pa}$ in je pred obremenitvijo dolga $185,2 \text{ cm}$. Ko nanjo obesimo utež, se podaljša na $187,6 \text{ cm}$. Kolikšen je relativni raztezek te žice? Kolikšen je natezni tlak v žici? Kolikšna je teža obešene uteži?

R: $\varepsilon = 0,013$; $\sigma = 9,71 \cdot 10^8 \text{ Pa}$; $F = 1750 \text{ N}$

6.6 MEHANIKA TEKOČIN

Kapljevine in plini so tekočine, ki se ločijo od trdnin po tem, da ne nudijo trajnega odpora deformacijski sili. Tej sili se ne uprejo tako kot trdnine, pri katerih pri stalni deformacijski sili izbrani del trdnine utrpi končno deformacijo. Tekočine pod vplivom deformacijskih sil tečejo in zato deformacija izbranega dela tekočine s časom raste, kar se lahko pokaže z raztegovanjem obarvanega dela tekočine. Tekočine tudi same ne morejo zavzeti oblike. Pod vplivom teže tečejo, vse dokler ne obmirujejo v posodi in zavzamejo njene oblike.

Kapljevine se razlikujejo od plinov po tem, da plini v celoti zasedejo zaprto posodo, medtem ko imajo kapljevine običajno mejno gladino. Oboji pa lahko pod vplivom sil tečejo. Plini so stisljivi, kapljevine pa mnogo manj, zato velikokrat privzamemo nestisljivost kapljevin (vode), razen v primerih naglih sprememb (širjenje zvoka) v tlaku. Celo za pline (zrak) se v gibalnih enačbah v meteorologiji uporablja približek, da so nestisljivi.

Za lažje razumevanje nekaterih pojavov včasih določene lastnosti zanemarimo. Tako bi bilo idealno, če kapljevina

- ne bi bila stisljiva,
- ne bi bila viskozna (ne bi bilo trenja med delci kapljevine) in
- če se ji gostota zaradi spremembe temperature ne bi spreminjala.

Kapljevino s takimi lastnostmi imenujemo *idealna kapljevina*.

V resnici idealnih kapljevin ni, obstajajo samo *realne kapljevine*, ki so stisljive, viskozne in imajo spremenljivo gostoto.

Pri proučevanju pojavov velikokrat lahko zanemarimo stisljivost kapljevin, saj se npr. hidravličnemu olju le malo zmanjša prostornina, čeprav je izpostavljeno velikemu tlaku.

Pri proučevanju mirujočih kapljevin pogosto zanemarimo tudi njihovo viskoznost in spremenljivost gostote zaradi temperaturnih sprememb. V primeru tako poenostavljenega obravnavanja moramo vedeti, da računski rezultati lahko precej odstopajo od dejanskih vrednosti.

Hidrostatika proučuje zakonitosti mirujočih kapljevin. Vsak delec kapljevine miruje, torej je v ravnotežju.

MIRUJOČA TEKOČINA

Tlak v tekočini

Tlak je fizikalna količina in predstavlja razmerje med velikostjo ploskovno porazdeljene sile in površino te ploskve, na katero se ta sila porazdeli. Tlak je sila na enoto ploščine. Če na neko ploskvico s ploščino S deluje sila F , povzroči tlak p . Tlak merimo v paskalih

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

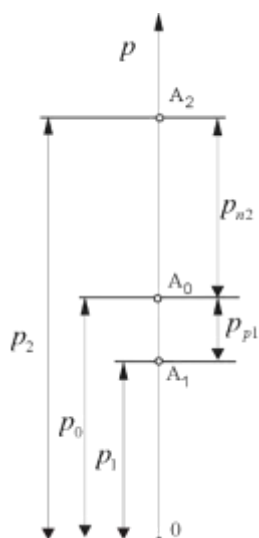
$$p = \frac{F}{S}$$

Tlak v tekočini je v vseh smereh enak in je vedno pravokoten na opazovano ploskvico. V praksi govorimo o absolutnem, zračnem in relativnem tlaku:

Absolutni tlak (p) je resnični tlak, merjen od ničelnice tlaka.

Zračni tlak (p_z) je tlak zaradi lastne teže zraka. Normalni zračni tlak merimo z barometri in znaša $p_0 = 1013,25$ mbar.

Relativni tlak je lahko nadtlak (p_n) ali podtlak (p_p). O nadtlaku govorimo, ko je absolutni tlak večji od zračnega tlaka ($p_n = p - p_z > 0$). O podtlaku govorimo, ko je absolutni tlak manjši od zračnega tlaka ($p_p = p - p_z < 0$).

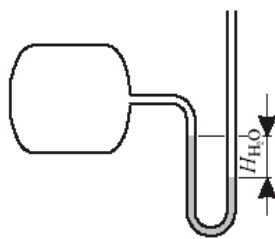
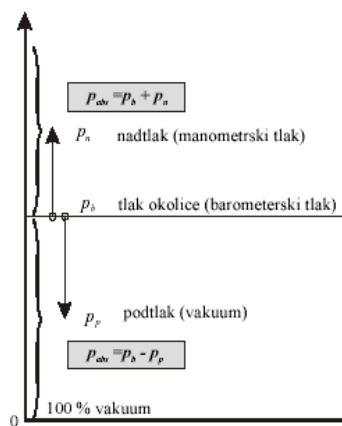


$$p_{n2} > p_2 - p_0$$

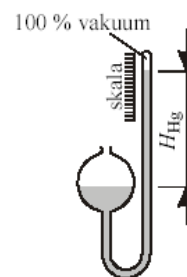
$$p_{p1} > p_0 - p_1$$

$$p_{n2} > p_0 > p_1$$

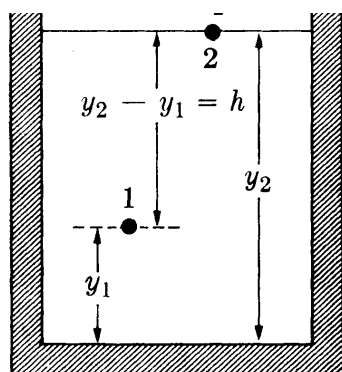
Napravi za merjenje tlaka sta **manometer** in **barometer**.



Manometer



Barometer



Relativni tlak lahko dobimo tudi v odvisnosti od višine (globine). Tak tlak imenujemo hidrostatski tlak, ki nastane v mirujoči tekočini zaradi njene lastne teže. V nestisljivih kapljevinah narašča tlak sorazmerno z globino.

Če je tlak v neki tekočini večji od tlaka okolice, govorimo o *relativnem nadtlaku*.

Če je tlak v neki tekočini manjši od tlaka okolice, govorimo o *relativnem podtlaku*.

Tlak v posameznih točkah kapljevine je različen. Zanimivo je vedeti, kolikšen je tlak znotraj kapljevine na globini h od gladine navzdol.

$$p = p_0 + \rho g h$$

Ta osnovna enačba hidrostatike nam pove, da je tlak v kapljevini p na globini h od gladine navzdol vsota tlaka p_0 , ki deluje na gladino in hidrostatičnega tlaka ($\Delta p = \rho g h$). Tlak v kapljevini je neodvisen od oblike posode nad opazovano točko. Drugi člen osnovne enačbe hidrostatike (hidrostatični tlak) pomeni pravzaprav nadtlak glede na tlak okolice, to je za koliko je tlak v opazovani točki večji od tlaka okolice.

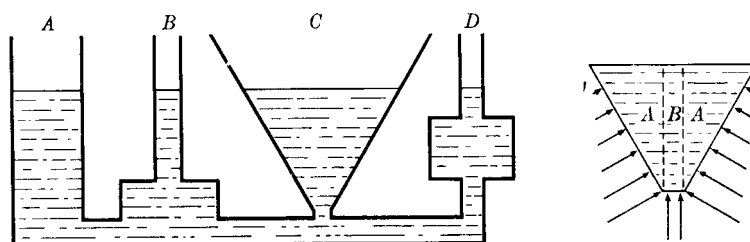
Hidrostatični tlak je posledica teže tekočine. V nestisljivi tekočini je, premo sorazmeren z globino h , odvisen pa je še od gostote tekočine ρ .

$$\Delta p_h = \rho g h$$

Nadtlak občutimo, če se npr. potopimo v morju na globino h .

Vezna posoda

Posodo, ki ima med seboj povezana dva ali več krakov, imenujemo vezna posoda. Če v odprto vezno posodo nalijemo kapljevino, je nivo kapljevine v vseh krakih vezne posode enak.



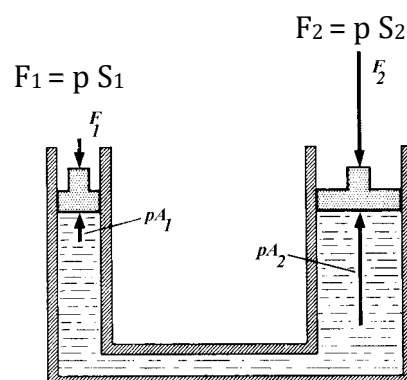
Pascalov zakon

Tlak, s katerim delujemo na zaprto tekočino, se nespremenjen prenese do vsakega dela tekočine oziroma stene posode.

$$p_1 = p_2$$

Ker znamo izračunati tlak, če poznamo silo in površino, dobimo zelo uporabno povezavo:

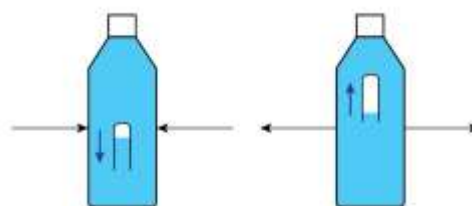
$$\frac{F_1}{S_1} = \frac{F_2}{S_2}$$



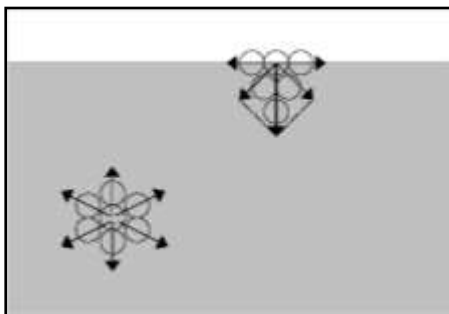
Stisljivost tekočin

Pomembna razlika med kapljevinami in plini je, da plin lahko močno stisnemo (mu zmanjšamo prostornino), kapljevine pa so zelo slabo stisljive (njihovo stisljivost pogosto lahko zanemarimo).

To dejstvo lahko hitro vidimo s t.im. kartezijskim plavačem. Oglej si poizkus ter opiši in pojasni dogajanje.



Površinska napetost kapljevin – stik kapljevine s plinom

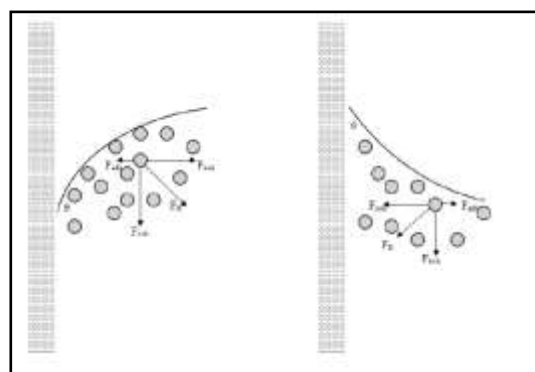


Površinska napetost je posledica privlačnih Van der Waalsovih sil med molekulami kapljevine. V notranjosti kapljevine je vsaka molekula obdana z vseh strani z drugimi molekulami, zato jo Van der Waalsove sile vlečejo enako v vse smeri in je rezultanta sil enaka nič. Za plast molekul na gladini pa to ne velja – molekule iz notranjosti kapljevine delujejo nanje s privlačnimi

silami, ki jih pa molekule plina z druge strani ne uravnovesijo, tako da jih uravnovesi le nestisljivost kapljevine. Kapljevine imajo zato v odprti posodi gladino, za katero veljajo zanimive lastnosti. Nekatere kapljevine (milnico) lahko napnemo na okvir kot tanke membrane, druge (čista voda iz vodovoda) pa ne oblikujejo obstojne opne.

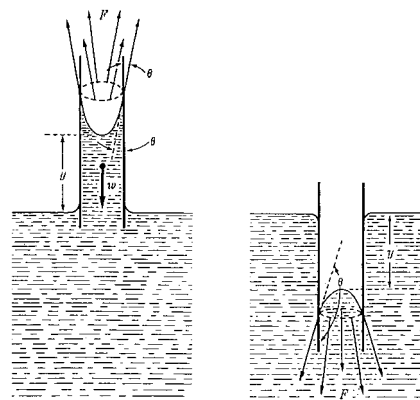
Stik kapljevin s trdnimi površinami

Kapljevina lahko moči ali ne moči stene. Doslej smo se zanimali le za mejo med tekočino in plinom. Podobno kot na površini tekočine deluje na molekule tekočine ob steni posode privlak ostalih molekul tekočine le z ene strani. Poleg tega delujejo na tekočinske molekule še privlak molekul (atomov) trdne snovi stene. To so sile med molekulami različnih snovi. Pravimo jim **adhezijske** sile. V bližini stene deluje na



molekulo na površini tekočine rezultanta sil, ki jo lahko razdelimo na dva prispevka: **kohezijsko** silo ostalih molekul tekočine in **adhezijsko** silo stene posode (sile med molekulami tekočine in molekulami plina nad tekočino so majhne, zato jih zanemarimo). Če so kohezijske sile močnejše od adhezijskih, kaže rezultanta sil stran od stene. Pravimo, da v tem primeru **kapljevina stene ne moči**. Če pa so sile šibkejše od adhezijskih, kaže rezultanta sil k steni in tedaj **kapljevina omoči steno**.

Kapljevina se lahko v kapilari dvigne ali spusti: kapilarni dvig/kapilarni spust. Zakaj je ta pojav pomemben v naravi?



Površinska napetost

Kapljevina je na zgornji strani omejena s prosto gladino, ki je napeta. (Dokazi: britvica plava na gladini, čeprav ima večjo gostoto kot voda, ko jo položimo plosko in ne prereže gladine; ko kozarec napolnimo do vrha, se gladina najprej napne malo više od roba, šele potem se razlije čez rob; z milnico lahko delamo mehurčke in razne druge oblike).

Površinska napetost je v zvezi z medmolekulskimi silami. Rezultanta sil na molekule pod površino je enaka nič. Za molekule tik ob površini pa to ne velja. Molekule pod njimi jih bolj

privlačijo kot molekule iz zraka, zato je rezultanta usmerjena navzdol. Posledica tega je napetost gladine.

Površinska napetost je odvisna od vrste in stanja kapljevine in sredstva na drugi strani gladine. Običajno je podana na meji kapljevina – zrak.

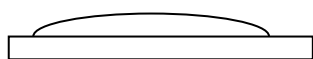
Površinska napetost je podana kot površinska sila na enoto dolžine: $\gamma = \frac{F}{l}$

Površinska napetost je odvisna tudi od temperature – pri višji temperaturi je manjša. Zato za pranje in umivanje, ko je potrebna čim manjša površinska napetost, vodo segrejemo in dodamo še detergent.

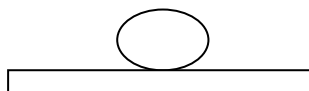
Kapljevine v majhnih količinah tvorijo kapljice. Vzrok za to je težnja snovi po stabilnem ravnovesju. Za kapljevine je to stanje z najmanjšo površinsko napetostjo, ki je ravno v obliki okroglih kapljic. Krogla je telo, ki ima pri dani prostornini najmanjšo površino.

Kapljica tekočine, na katero ne učinkujejo sile oziroma ki prosto pada v vakuumu, ima obliko kroglice. Površina je pod napetostjo in ima zato najmanjšo možno ploščino.

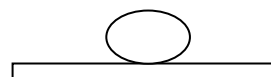
Močenje je sposobnost kapljevine, da se razprostire po površini trdnih teles. Vsakdanje izkušnje nam povejo naslednje:



Voda moči čisto steklo
(kapljica se razleze).



Voda ne moči mastnega
stekla (kapljica ostane).



Hg ne moči ničesar
(vedno je kroglica).

Kapilarni dvig (spust) je tem večji, čim tanjša je cevka, čim lažja je kapljevina ter čim večja je površinska napetost med zrakom in kapljevino. Primeri iz narave: dviganje rastlinskih sokov po deblu, dviganje vlage po neizoliranih zidovih.



Voda v tanki cevki
spleza navzgor

Kapilarni **dvig**, ko kapljevina **moči**.

oblika krivine
"meniskus"



Živo srebro se v cevki
spusti navzdol

Kapilarni **spust**, ko kapljevina **ne moči**.

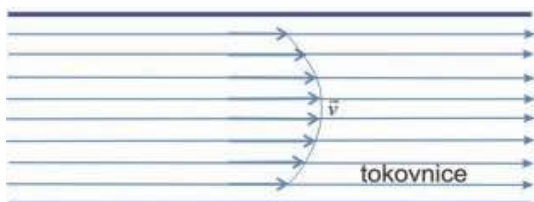
TOK TEKOČIN

Ko se tekočine pretakajo pojav opišemo z različnimi pojmi.

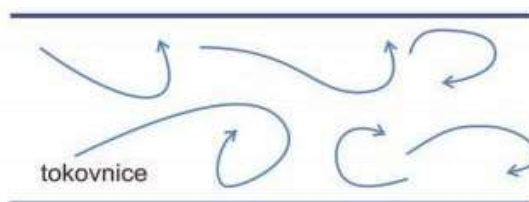
Tokovnica je tir posameznega elementa (dela) gibajoče se tekočine.

Tokovna cev: izberemo površinski element, tokovnice, ki potekajo skozi rob tvorijo tokovno cev.

Stacionarni tok: vsak element, ki gre skozi dano točko, sledi isto tokovnico. Hitrost tekočine je v vsaki točki prostora konstantna v času.



Laminarni tok: sosednje plasti tekočine tečejo gladko druga mimo druge.



Turbulentni tok: tok je nepravilen in kaotičen, ni stacionarne slike.

Prostorninski in masni pretok

Količino pretočene tekočine lahko izrazimo s pomočjo prostornine ali mase.

$$\Phi_V = \frac{V}{t} = Sv$$

$$\Phi_m = \frac{m}{t} = \rho Sv$$

Bernoullijeva enačba

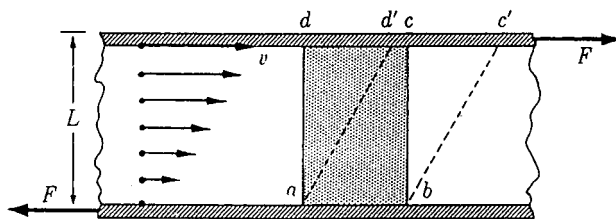
- Nestisljiva tekočina teče po tokovni cevi s spremenljivim presekom,
- hitrost po cevi se zato spreminja – pospeški,
- tlak v posameznih delih cevi je zato različen,
- če se spremeni višina lege cevi, se še dodatno spremeni tlak,
- enačba podaja zvezo med tlačno razliko med dvema točkama v tokovni cevi in spremembo hitrosti in višine.

$$p + \rho gh + \frac{1}{2}\rho v^2 = \text{konst.}$$

Viskoznost

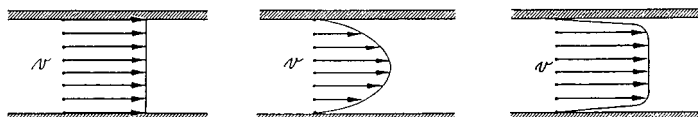
V idealnih, neviskoznih kapljevinah, ni strižnih sil. Plasti tekočine polzijo neovirano druga po drugi. V realnih tekočinah pa ni tako, zaradi viskoznosti hitrejša plasti vlečejo počasnejše in zadržujejo še hitrejša. Tako nastane v smeri, pravokotni na plasti, gradient hitrosti (strižna hitrost).

Tok tekočine med vzporednima ploščama:



Tekočina ob ploščah ima hitrost plošč: spodaj 0, zgoraj v , vmes hitrost enakomerno narašča od spodaj navzgor.

Možna pretakanja tekočine po cevi:



Med sosednjima plastema deluje strižna sila, ki je sorazmerna velikosti stične ploskve S in strižni hitrosti. Pri ravnih plasteh, kjer se hitrost spreminja le v prečni smeri (smeri y), je strižna hitrost enaka $\frac{\Delta v}{\Delta y}$, to je spremembi hitrosti na enoto prečne razdalje.

Torej velja, da je strižna sila: $F = \eta \frac{\Delta v}{\Delta y} S$.

Sorazmernostni koeficient η imenujemo koeficient viskoznosti ali krajše viskoznost. Enota za viskoznost je: $\eta = (\text{kg m}^{-1} \text{s}^{-1}) = (\text{N s m}^{-2}) = (\text{Pa s}) = (\text{pascal sekunda})$.

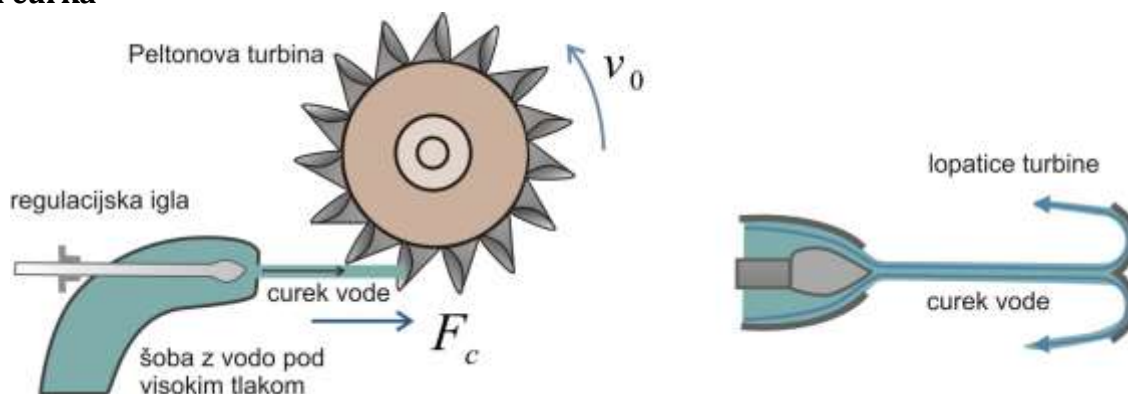
Pri vseh tekočinah je viskoznost močno odvisna od temperature $\eta = \eta(T)$:

kapljevine: T narašča, η pada

plini: T narašča, η narašča

Pri mazivih želimo doseči čim manjšo odvisnost η od T .

Sila curka



Nekoliko bolj podrobno si oglejmo, kaj se dogaja na sprednji strani telesa, kjer tekočina zadeva ob telo. Sprememba hitrosti tekočine ob sprednji strani telesa je vsekakor odvisna od oblike telesa.

Ozek curek tekočine s presekom S , ki teče s hitrostjo v , ima masni tok: $\Phi_m = \rho \cdot S \cdot v$. Ovira, ob katero zadene curek, spremeni hitrost curka. Tekočina zapušča oviro s hitrostjo v' , ki je v splošnem manjša od prvotne hitrosti curka v . Če ovira obrne smer curka, je hitrost v' negativna. Če ima ovira obliko polkrogelne lopatice, se curek z enako hitrostjo odbije nazaj ($v = v'$).

Ovira učinkuje na curek s silo, ki povzroči spremembo gibalne količine curka. Curek odriva oviro z nasprotno enako silo (F), ki jo imenujemo **sila curka**. Iz izreka o spremembi gibalne količine sledi: $F \cdot \Delta t = \Delta m \cdot (v - v')$. Sunek sile curka je po velikosti enak spremembi gibalne

količine curka. Ko upoštevamo, da je: $\Phi_m = \frac{\Delta m}{\Delta t}$, dobimo enačbo za silo curka:

$F = \Phi_m \cdot (v - v')$, iz katere vidimo, da je sila curka **produkt masnega toka dotekajočega curka in spremembe hitrosti, ki jo povzroča ovira**.

6.7 PONAVLJANJE IN UTRJEVANJE ZNANJA

VPRAŠANJA

1. Kakšne so fizikalne lastnosti tekočin?
2. Kako delujejo sile v tekočinah?
3. Kakšna je razlika med realno in idealno kapljevino?
4. Kako je definiran tlak v tekočini? Predstavi nastopajoče količine in njihove enote.
5. Kdaj govorimo o hidrostatičnem ali težnem tlaku tekočine in od česa je odvisen?
6. Kako je definiran hidrostatični tlak in od česa je odvisen? Napiši enačbo in predstavi nastopajoče količine in njihove enote.
7. Nariši graf odvisnosti hidrostatičnega tlaka od globine. Kako izračunaš strmino narisane grafa? Katero količino izračunaš s strmino tega grafa?
8. Kako se izračuna celotni tlak na neki globini pod gladino mirujoče tekočine?
9. Kakšna je razlika med absolutnim in relativnim tlakom (podtlak, nadtlak)?
10. Kako merimo tlak?
11. Kaj je zračni tlak in od česa je odvisen? Kako bi ga izmeril?
12. Kako uporabimo Pascalov zakon pri hidravličnih strojih (pretvorniki sile, pretvorniki tlaka)?
13. Kaj pove stisljivost tekočin?
14. Kaj je površinska napetost kapljevin?
15. Kdaj kapljevina moči trdnino in kdaj je ne moči?
16. Pojasni kapilarni pojav.
17. Zakaj se vodni drsalci obdržijo na gladini vode?
18. Zakaj za pomivanje posode, umivanje rok in las uporabljamo vodo z dodatkom detergenta, mila oz. šampona?
19. Kakšno spremembo vidimo v tekočini, če jo strižno obremenimo?
20. Kaj je viskoznost tekočin in kje je pomembna?
21. Kaj bi lažje in hitreje pretočil skozi cev: vodo, olje ali med? Ali bi bila pri tem pomembna tudi temperatura vode, olja in medu.

22. Od česa je viskoznost tekočin odvisna? Kje v tvoji praksi je pomembna ta lastnost tekočin?
23. Kakšne vrste tokov tekočine poznamo? Pojasni.
24. Kako je definiran prostorninski tok tekočine? Napiši formulo! Predstavi nastopajoče količine in njihove enote.
25. Zapiši enačbo odvisnosti prostorninskega toka od hitrosti tekočine. Predstavi nastopajoče količine in njihove enote.
26. Kako je definiran masni tok tekočine? Napiši formulo! Predstavi nastopajoče količine in njihove enote.
27. Zapiši enačbo, ki povezuje prostorninski in masni tok tekočine.
28. Kako je definirana sila curka? Predstavi nastopajoče količine in njihove enote.

NALOGE

6.7.1.) Za koliko se poveča tlak, če se v vodi potopimo 25 m?

R: $p = 2,5 \text{ bara}$

6.7.2.) Za koliko se moramo potopiti globlje v vodi, da se tlak poveča za 18000 Pa?

R: $h = 1,8 \text{ m}$

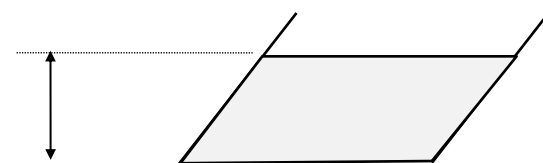
6.7.3.) V odprtem rezervoarju oblike kvadra s stranicami dna 250 cm x 260 cm je petrolej 120 cm visoko. Gostota petroleja je $0,85 \text{ kg/dm}^3$. a) Kolikšen tlak povzroča taka višina petroleja? b) Kolikšen je celotni tlak na dnu rezervoarja?

R: a) $p = 10,2 \text{ kPa}$, b) $p = 111,5 \text{ kPa}$

6.7.4.) V posodo oblike valja s polmerom 50 cm natočimo živo srebro, katerega gostota je $13,6 \text{ kg/dm}^3$. Zrak iz posode izčrpamo, tako da je nad živim srebrom vakuum. Tlak na dnu posode je tedaj 27,6 kPa. a) Kolikšna je višina živega srebra v posodi? b) Kolikšna sila deluje na dno posode? c) Kolikšen pa bi bil tlak na dnu posode, če bi bil nad živim srebrom zrak?

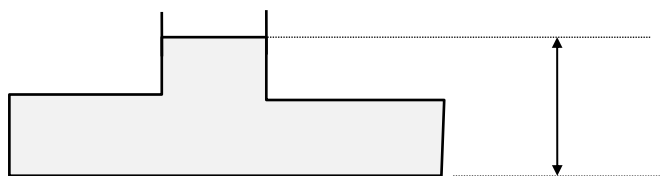
R: a) $h = 0,2 \text{ m}$, b) $F = 22 \text{ kN}$, c) $p = 128,9 \text{ kPa}$

6.7.5.) Posoda na sliki je napolnjena z vodo do višine 20 dm in stoji odprta na zraku. Dno posode meri $8,0 \text{ dm}^2$. a) Izračunaj tlak na dnu posode. b) Izračunaj silo na dno posode.



R: a) $p = 121,3 \text{ kPa} = 1,2 \text{ bar}$, b) $F = 9,7 \text{ kN}$

6.7.6.) Posoda na sliki je napolnjena z vodo do višine 25 dm in stoji odprta na zraku. Dno posode meri 20 dm^2 . a) Izračunaj tlak na dnu posode. b) Izračunaj silo na dno posode.



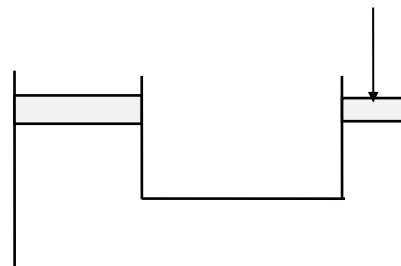
R: a) $p = 126,3 \text{ kPa} = 1,25 \text{ bar}$, b) $F = 25 \text{ kN}$

6.7.7.) Dno steklenice meri 12 cm^2 , vrat pa 2 cm^2 . S kolikšno silo bo pritisnila tekočina v steklenici na dno, če je polna do vrha in pritisnemo na zamašek s silo 50 N ?

R: $F = 300\text{ N}$

6.7.8.) Če na ožji del hidravlične stiskalnice pritisnemo s silo 20 N , širši del lahko dvigne breme 800 N . Ožji del meri 4 cm^2 . Koliko meri širši del?

R: $S = 160\text{ cm}^2$



6.7.9.) Hidravlična stiskalnica ima manjši bat s prerezom $6,0\text{ cm}^2$, večji bat pa s prerezom $1,4\text{ m}^2$. S kolikšno silo pritiska večji bat navzgor, če na manjši bat pritiskamo s silo 50 N ?

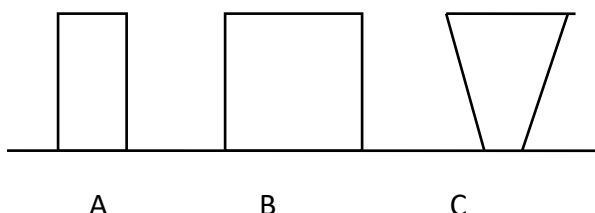
R: $F = 117\text{ kN}$

6.7.10.) Ugotovi, ali so navedene trditve pravilne (P) ali napačne (N).

- Tlak v tekočini je premo sorazmeren z gostoto tekočine.
- Tlak v tekočini je premo sorazmeren z volumnom tekočine.
- Tlak v tekočini je premo sorazmeren z višino tekočine.
- Tlak v tekočini je obratno sorazmeren z višino tekočine.
- Tlak v tekočini je obratno sorazmeren z volumnom tekočine.
- Tlak v tekočini je obratno sorazmeren z gostoto tekočine.

R: P, N, P, N, N, N, N, P

6.7.11.) V vseh posodah je voda enako visoko:



- Tlak na dnu posode A je manjši kot na dnu posode B.
- Tlak na dnu posode B je večji kot na dnu posode C.
- Tlak na dnu posode A je enak kot na dnu posod B in C.

R: N, N, P

6.7.12.) Potapljač plava na globini 68 m pod gladino morja (specifična teža morske vode je $11,3\text{ N/dm}^3$). a) Kolikšen je hidrostatski tlak na globini, kjer je potapljač? b) Kolikšen je tlak na gladini morja? c) Kolikšen je absolutni tlak na globini, kjer je potapljač?

R: a) $\Delta p_h = 7,684\text{ bar}$, b) $p = p_0 = 1,013\text{ bar}$, c) $p = 8,697\text{ bar}$

6.7.13.) V bazenu, ki ima dno dolgo 80 m in široko 35 m , je voda globoka $3,8\text{ m}$ (gostota vode je 1 kg/dm^3). a) Kolikšen je tlak na gladini vode? b) Kolikšen je hidrostatski tlak na dnu bazena? c) Kolikšen je absolutni tlak na dnu bazena? č) S kolikšno silo pritiska tekočina na 32 dm^2 velik pokrov na dnu? d) Na kolikšni globini tlak naraste za 25000 Pa ?

R: a) $p = p_0 = 1,013\text{ bar}$, b) $\Delta p_h = 0,38\text{ bar}$, c) $p = 1,393\text{ bar}$ č) $F = 44600\text{ N}$, d) $h = 2,5\text{ m}$

6.7.14.) Hidravlična stiskalnica ima večji bat, velik 94 dm^2 . Če na manjši bat pritiska sila 520 N , večji bat pritiska navzgor s silo 120 kN . a) Koliko meri manjši bat? b) Kolikšen je tlak pod večjim batom?

R: a) $S_1 = 0,41 \text{ dm}^2$, b) $p_2 = 1,28 \text{ bar}$

6.7.15.) Hidravlična stiskalnica ima večji bat, velik $87,4 \text{ dm}^2$. Če na manjši bat pritiska sila 450 N , večji bat pritiska navzgor s silo 93 kN . a) Koliko meri manjši bat? b) Kolikšen je tlak pod večjim batom?

R:

6.7.16.) Helikopter pri dvigu ustvari zračni curek s presekom 60 m^2 . Masa helikopterja je 900 kg , gostota zraka je $1,25 \text{ kg/m}^3$. a) S kolikšno silo mora propeler helikopterja potiskati zrak navpično navzdol, da se dvigne? b) S kolikšno hitrostjo mora propeler helikopterja potiskati zrak navpično navzdol, da se dvigne? c) Koliko sta prostorninski in masni tok zraka?

R: a) $F = 9000 \text{ N}$, b) $v = 11 \text{ m/s}$, c) $\Phi_V = 657 \text{ m}^3/\text{s}$, $\Phi_M = 822 \text{ kg/s}$;

6.7.17.) Po gasilski cevi s polmerom $2,0 \text{ cm}$ priteče 1800 l vode v 5 minutah. a) Kolikšen je prostorninski pretok? Kolikšen je masni pretok? b) Kolikšna je hitrost vode? c) Kolikšna bi bila sila curka te vode, če ga usmerimo pravokotno proti zidu, od katerega se odbije nazaj s hitrostjo $1,5 \text{ m/s}$?

R: a) $\Phi_M = 6,0 \text{ kg/s}$, b) $v = 5,0 \text{ m/s}$, c) $F = 39 \text{ N}$

6.7.18.) Po cevi s polmerom $2,0 \text{ cm}$ teče voda s hitrostjo $4,0 \text{ m/s}$. a) Kolikšen je prostorninski pretok? b) Kolikšna je hitrost vode na mestu, kjer se polmer zmanjša na $1,0 \text{ cm}$?

R: a) $\Phi_V = 5,0 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$, b) $v = 16 \text{ m/s}$

6.7.19.) Po vodovodni cevi premera $5,0 \text{ cm}$ steče v $1,0 \text{ min}$ 6000 l vode. a) Kolikšen je prostorninski pretok? b) Kolikšen je masni pretok? c) Kolikšna je hitrost vode po cevi? č) Kolikšna je sila curka vode na navpično steno, če steče ob njej? d) Premer cevi se zmanjša na $2,5 \text{ cm}$. Kaj se zgodi s hitrostjo vode?

R: a) $\Phi_V = 0,10 \text{ m}^3/\text{s}$, b) $\Phi_M = 100 \text{ kg/s}$, c) $v = 5,1 \text{ m/s}$, č) $F = 0,51 \text{ kN}$, d) $v = 20 \text{ m/s}$

6.7.20.) Gasilec usmeri gasilsko cev preseka $0,2 \text{ cm}^2$ pravokotno na steno hiše. Po cevi priteče v 15 min 90 l vode. a) Kolikšen je prostorninski pretok? b) Kolikšen je masni pretok? c) Kolikšna je hitrost vode po cevi? č) S kolikšno silo mora gasilec držati cev v rokah? d) Kolikšna je sila curka vode na navpično steno, če steče po njej?

R: a) $\Phi_V = 0,10 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$, b) $\Phi_M = 0,10 \text{ kg/s}$, c) $v = 5,0 \text{ m/s}$, č) $F = 0,50 \text{ N}$, d) $F = 0,50 \text{ N}$

6.7.21.) Iz gasilske cevi s presekom $4,3 \text{ cm}^2$ steče v 8 min 1500 l vode. Gostota vode je 1 kg/dm^3 . a) Kolikšen je prostorninski pretok? b) Kolikšen je masni pretok? c) S kolikšno hitrostjo teče voda po tej cevi? č) Gasilec usmeri ta curek vode proti steni. Curek vode steče po steni. Izračunaj silo curka na steno.

R: a) $\Phi_V = 3,1 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$, b) $\Phi_M = 3,1 \text{ kg/s}$, c) $v = 7,2 \text{ m/s}$, č) $F = 22 \text{ N}$

6.7.22.) Curek vode zadeva pravokotno ob navpično steno in odteka po steni. Curek deluje na steno s silo 100 N. S kolikšno silo deluje curek na steno, če je hitrost vode 2-krat večja? [B]

- A. 200 N
D. 800 N

- B. 400 N
E. 1600 N

- C.
F.

6.7.23.) V cevi se pretaka voda, v širšem delu cevi s hitrostjo 4,00 m/s. Razlika tlakov med širšim in ožjim delom cevi je 8,00 kPa. Koliko je hitrost pretakanja vode v ožjem delu cevi? [C]

- A. 3,66 m/s
C. 5,66 m/s

- B. 4,00 m/s
D. 6,86 m/s

6.7.24.) Skozi šobo navpičnega vodometa s presekom $0,50 \text{ cm}^2$ brizga voda 5,0 m visoko. Koliko litrov vode prečrpa črpalka tega vodometa v eni uri? [C]

- A. $3,0 \cdot 10^2 \text{ l}$
C. $18 \cdot 10^2 \text{ l}$

- B. $6,0 \cdot 10^2 \text{ l}$
D. $21 \cdot 10^2 \text{ l}$

7 DELO IN ENERGIJA

Kaj se bomo naučili:

- ✓ definirati delo, moč ter kinetično potencialno in prožnostno energijo,
- ✓ zapisati in v preprostih primerih uporabiti izrek o mehanski energiji in pojasniti, kdaj se mehanska energija ohranja,
- ✓ navesti primere pretvarjanja energij.

Minimalni standard. Dijak ...

- ✓ pozna pojem dela, toplote, mehanske energije in moči,
- ✓ razume pretvarjanje energij pri preprostih primerih (prosto padanje).

7.1 DELO

Delo je skalarni produkt sile in poti, na kateri ta sila deluje.

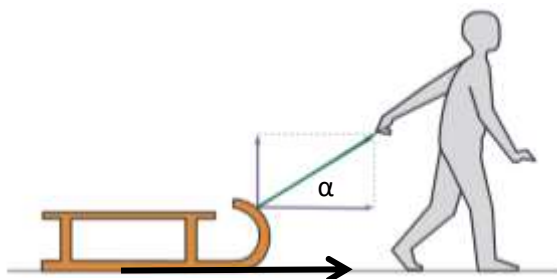
$$A = \vec{F} \cdot \vec{s} = F s \cos \alpha$$

Enota za delo je J [Joule :džul].

$$1\text{J} = 1\text{Nm}$$

Sila lahko opravlja delo samo med gibanjem.

Pri tem je α kot med smerjo delovanja sile in smerjo gibanja, $\vec{s}$ pot, $\vec{F}$ pa rezultanta vseh zunanjih sil.



7.2 ENERGIJA

Oznaka za energijo je W. Enota za energijo je J [Joule :džul].

$$1\text{J} = 1\text{Nm}$$

Energija je sposobnost telesa za opravljanje dela (zaloga dela).

Vrste energije:

- mehanska,
 - kinetična (energija tekoče vode, vetra),
 - potencialna (energija plimovanja, energija vode zaradi padca),
 - prožnostna,
- notranja,
- električna,
- magnetna,
- svetlobna,
- jedrska.

KINETIČNA ENERGIJA

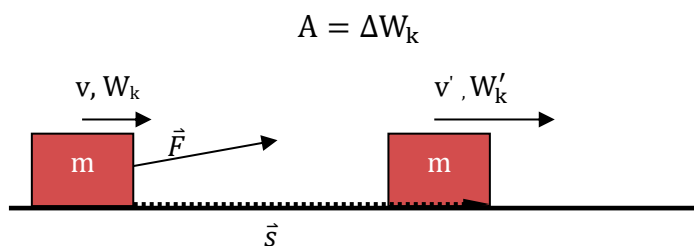
Kinetična energija je oblika mehanske energije, ki jo ima gibajoče se telo. Odvisna je od mase telesa (premo sorazmerno) in hitrosti (sorazmerna s kvadratom hitrosti).

$$W_k = \frac{mv^2}{2}$$

Hitreje kot se telo giblje, večja je njegova kinetična energija. Če imata dve telesi enako hitrost, ima večjo kinetično energijo tisto telo, ki ima večjo maso.

Izrek o spremembi kinetične energije

Delo (A) rezultante vseh zunanjih sil je enako spremembi kinetične energije (ΔW_k).



Sprememba kinetične energije je enaka razliki med končno (W'_k) in začetno (W_k) kinetično energijo.

$$\Delta W_k = W'_k - W_k$$

Zakon o ohranitvi kinetične energije

Če je delo rezultante zunanjih sil enako nič, se kinetična energija ohranja.

$$A = 0 \Leftrightarrow \Delta W_k = 0$$

Rezultanta zunanjih sil pomeni vsoto vseh zunanjih sil, ki delujejo na telo.

$$\vec{F} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \dots + \vec{F}_N$$

Kadar je rezultanta enaka nič, je tudi celotno opravljeno delo enako nič, delo posameznih sil pa je lahko različno od nič.

POTENCIALNA ENERGIJA

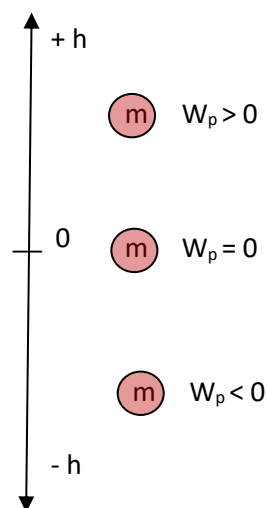
Potencialna energija je oblika mehanske energije, ki jo ima telo, če se nahaja izven koordinatnega izhodišča. Koordinatno izhodišče ni nekaj, kar je določeno v naravi, pač pa je stvar naše izbire.

Odločimo se glede na konkreten primer, ki ga obravnavamo. Glede na izbrano izhodišče ima telo nad njim pozitivno, pod njim pa negativno potencialno energijo.

$$W_p = F_g h = mgh$$

$$g = 9,81 \text{ m/s}^2$$

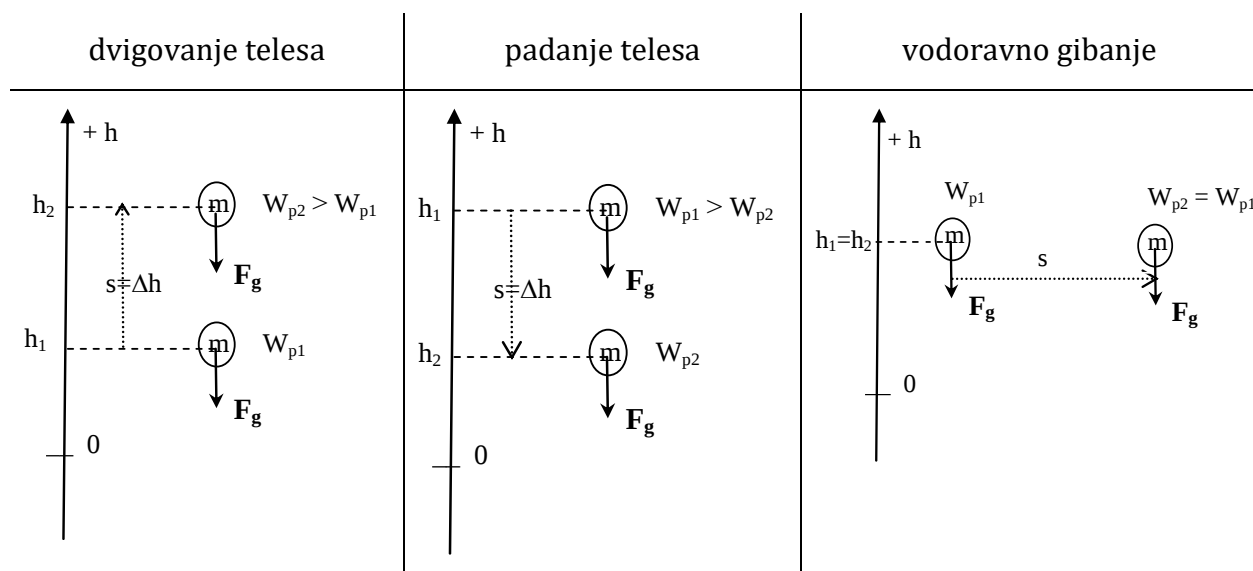
V enačbi je višina (h) razdalja telesa do izhodišča.



Potencialna energija izbranega telesa je odvisna samo od višine in z naraščanjem višine premo sorazmerno narašča.

Če se telesu višina poveča, se mu poveča tudi potencialna energija. Potencialna energija se zmanjša, če se višina zniža. Pri vodoravnem gibanju se potencialna energija ne spreminja.

Če je delo sile teže enako nič, se potencialna energija ohranja. To je možno pri vodoravnem gibanju.



PROŽNOSTNA ENERGIJA

Prožnostna energija je oblika mehanske energije, ki jo ima telo, ki je prožno deformirano.

Izračun prožnostne energije za poljubno obliko telesa je zahtevna naloga, v primeru prožne deformacije vzmeti pa jo izračunamo s pomočjo raztezka vzmeti (x) in konstante prožnosti (k) po naslednji formuli:

$$W_{pr} = \frac{kx^2}{2}$$

CELOTNA ENERGIJA

Celotna energija je vsota vseh oblik energije, ki jih ima neko telo. V tem poglavju bomo obravnavali samo mehansko energijo, zato bomo pod pojmom celotna energija razumeli samo mehansko energijo, torej vsoto W_k , W_p in W_{pr} .

$$W = W_{meh} = W_p + W_{pr} + W_k$$

Ta enačba velja samo v tem poglavju. Sicer se energija lahko spreminja iz poljubne oblike v katerokoli drugo. Delo rezultante ostalih zunanjih sil je enako spremembi celotne energije.

$$A' = \Delta W$$

Zakon o ohranitvi celotne energije

$$A' = 0 \Leftrightarrow \Delta W = 0$$

Če je delo rezultante ostalih sil enako nič, se celotna energija ohranja.

7.3 MOČ

Moč je enaka opravljenemu delu v časovni enoti.
Več kot je opravljenega dela v časovni enoti, večja je moč.

$$P = \frac{A}{t}$$

Moč ima enoto W (watt)

$$1W = 1 \frac{J}{s}$$



Če imamo opravka z enakomernim gibanjem, lahko moč izračunamo po enačbi

$$P = F v$$

7.4 PONAVLJANJE IN UTRJEVANJE ZNANJA

VPRAŠANJA

1. Mehansko delo in moč

- Kaj je delo? Zapiši odgovor v stavku, z enačbo, zapiši osnovno enoto in nariši ustrezno skico!
- Zapiši osnovno enoto za delo in jo izrazi z osnovnimi enotami!
- Kdaj je delo pozitivno, kdaj negativno in kdaj enako 0?
- Kaj je moč? Zapiši odgovor v stavku, z enačbo!
- Zapiši osnovno enoto za moč in jo izrazi z osnovnimi enotami!
- Kako je definirana moč pri enakomernem gibanju telesa?

2. Predstavi mehanske energije

- Katere oblike energije poznaš?
- Katere oblike mehanske energije poznaš?
- Kaj je kinetična energija? Zapiši izraz za kinetično energijo. Predstavi nastopajoče količine in njihove enote.
- Kaj vpliva na velikost kinetične energije in kako?
- Povej izrek o spremembi kinetične energije v stavku in z enačbo!
- Kaj je potencialna energija? Zapiši izraz za potencialno energijo v homogenem polju. Predstavi nastopajoče količine in njihove enote.
- Kaj vpliva na velikost potencialne energije in kako?
- Povej izrek o spremembi potencialne energije. Zapiši odgovora v stavku in z enačbo!
- Kaj je prožnostna energija? Zapiši izraz za prožnostno energijo. Predstavi nastopajoče količine in njihove enote.
- Kaj vpliva na velikost prožnostne energije in kako?
- Povej izrek o spremembi prožnostne energije. Zapiši odgovora v stavku in z enačbo!

3. Izrek o mehanski in celotni energiji

- Zapiši izrek o mehanski energiji. Predstavi nastopajoče količine in njihove enote.
- Kdaj se mehanska energija ohranja?
- Naštej primere pretvarjanja ene oblike energije v drugo (prosti pad).
- Kaj je celotna energija? Zapiši odgovor v stavku in enačbo!
- Zapiši izrek o celotni energiji z enačbo in v stavku!
- Zapiši zakon o ohranitvi celotne energije z enačbo in v stavku!

NALOGE

7.4.1.) Kamen vržemo navpično navzdol. Upor zraka lahko zanemarimo. Med spodnjimi trditvami obkroži napačne in jih popravi tako, da bodo pravilne!

- a) Kinetična energija kamna se med letom ne spreminja.
- b) Potencialna energija kamna med letom narašča.
- č) Kamen prileti do tal z večjo kinetično energijo, kot jo je imel na polovici poti.
- c) Vsota kinetične in potencialne energije kamna se med padanjem ne spreminja.
- d) Med padanjem se kinetična energija kamna pretvarja v potencialno energijo.
- e) V trenutku, ko ima kamen največjo kinetično energijo, je njegova potencialna energija najmanjša.

R: a) se spreminja, b) pada, c) prav, č) prav, d) potencialna v kinetično, e) prav

7.4.2.) Ugotovi, kaj se v navedenih primerih dogaja s kinetično in potencialno energijo podčrtanih teles! (se povečuje, se zmanjšuje, se ne spreminja)

- a) Helikopter se spušča navzdol z vedno manjšo hitrostjo.
- b) Sani drsijo po klancu navzdol brez trenja.
- c) Obroč se vrti s stalno frekvenco okrog navpične osi.
- č) Balonček, ki ga je otrok spustil iz rok, se dviga pospešeno proti nebu.
- d) Kamen vržemo navpično navzgor.
- e) Avto ki mu je "crknil" motor, se na vodoravni cesti ustavlja.

R: a) W_K manjša W_P manjša, b) W_K večja W_P manjša, c) W_K ne spreminja W_P ne spreminja, č) W_K večja W_P večja, d) W_K manjša W_P večja, e) W_K manjša W_P ne spreminja;

7.4.3.) Sila 200 N vleče telo na razdalji 400 cm. Kolikšno delo opravi? [R: $A = 800 \text{ J}$]

7.4.4.) Sila opravi 600 J dela na razdalji 20 dm. Kolikšna je ta sila? [R: $F = 300 \text{ N}$]

7.4.5.) Sila 100 N opravi 40 kJ dela. Kolikšna je bila opravljena pot? [R: $s = 400 \text{ N}$]

7.4.6.) Sila opravi 6,0 kJ dela v 3,0 minutah. Kolikšna je moč? [R: $P = 33 \text{ W}$]

7.4.7.) Motor z močjo 5,0 kW opravi 600 J dela. V kolikšnem času? [R: $t = 0,12 \text{ s}$]

7.4.8.) Motor z močjo 4,0 kW dela 5,0 minut. Koliko dela opravi? [R: $A = 1,2 \text{ MJ}$]

7.4.9.) Telo z maso 500 g se giblje s hitrostjo 40 m/s. Kolikšna je njegova kinetična energija? [R: $W_K = 400 \text{ J}$]

7.4.10.) Avto mase 800 kg se giblje s hitrostjo 72 km/h. Kolikšna je njegova kinetična energija? [R: $W_K = 160$ kJ]

7.4.11.) Kroglico mase 300 g vržemo do višine 4,50 m. Kolikšno potencialno energijo je dobila? [R: $W_P = 13,5$ J]

7.4.12.) Žoga mase 200 g pade z višine 35 dm. Kolikšna je bila njena potencialna energija? [R: $W_P = 7,0$ J]

7.4.13.) Vzmet s konstanto prožnosti 300 N/cm stisnemo za 30,0 mm. Kolikšna je njena prožnostna energija? [R: $W_{PR} = 13,5$ J]

7.4.14.) Vzmet s konstanto prožnosti 52000 N/m stisnemo za 6,00 cm. Kolikšna je njena prožnostna energija? [R: $W_{PR} = 93,6$ J]

7.4.15.) Avtomobil z maso 800 kg vozi po vodoravni cesti. Sila motorja je 2000 N, zaviralne sile skupaj merijo 1500 N. Ko pelje skozi točko A, ima hitrost 18 km/h. Kolikšna je v točki A njegova kinetična energija? Koliko dela opravi sila motorja na razdalji 150 m? Koliko dela opravijo na tej poti zaviralne sile? Kolikšno kinetično energijo bo imel avtomobil po tej razdalji? Kolikšna bo takrat njegova hitrost? Kolikšna je moč motorja, če je za to razdaljo potreboval 20 sekund?

R: $W_{KA} = 10$ kJ, $A_m = 300$ kJ, $A_z = -225$ kJ, $W_{KB} = 85$ kJ, $v = 14,6$ m/s, $P_m = 15$ kW

7.4.16.) Motorist vozi po vodoravni cesti. Na razdalji 500 m se mu hitrost poveča od 18 km/h na 72 km/h. Masa motorista skupaj z motorjem je 150 kg. Koliko dela je opravil motor, če je upor zraka zanemarljiv? Kolikšna je moč motorja v prvem primeru, če za vožnjo porabi 0,25 minute? Kolikšna je sila motorja?

R: $A_m = 28$ kJ, $P_m = 1,9$ kW

7.4.17.) Kamenček držimo z roko na taki višini, da je njegova potencialna energija 60 J. Nato ga spustimo, da prosto pade. Kolikšna je njegova potencialna energija, ko že ima 40 J kinetične energije? Če bi kamenček imel padalo, bi med letom do tal upor zraka opravil 7,0 J dela. S kolikšno kinetično energijo bi kamenček priletel do tal?

R: $W_P = 20$ J, $W_K = 53$ J

7.4.18.) Ploščica, ki miruje na vrhu poledenelega klanca, ima potencialno energijo 55 J. Ploščico spustimo, da začne drseti po klancu navzdol. Kolikšna je njena kinetična energija, ko ima potencialne le še 25 J, če trenja ni bilo? S kolikšno kinetično energijo pridrsi ploščica na dno klanca, če je med drsenjem sila trenja opravila 8 J dela?

R: $W_{K1} = 30$ J, $W_{K2} = 47$ J

7.4.19.) Otrok mase 30 kg se povzpne po lestvi 4,0 m visoko na tobogan. Za koliko se mu je povečala potencialna energija? Sede na tobogan in se spusti navzdol. Preden pade v bazen, ima 1000 J kinetične energije. Kolikšna je takrat njegova hitrost? Koliko dela je opravila sila trenja med drsenjem po toboganu?

R: $W_P = 1200$ J, $v = 8,2$ m/s, $A_{tr} = -200$ J

- 7.4.20.)** Kolikokrat se mora povečati hitrost telesa, da se bo njegova kinetična energija 3-krat povečala? [B]
 A. 1,5-krat
 B. 1,7-krat
 C. 3,0-krat
 D. 9,0-krat
- 7.4.21.)** Stroj dela z močjo 1000 W. Katera trditev je pravilna? [D]
 A. Največja sila, ki jo stroj lahko premaga v eni sekundi, je 1000 N.
 B. Največji navor stroja je 1000 Nm.
 C. Energija stroja je 1000 J.
 D. Delo stroja v sekundi je 1000 J.
- 7.4.22.)** Kateri zapis za enoto moči je pravilen? [D]
 A. $1 \text{ W} = 1 \text{ kg m s}$
 B. $1 \text{ W} = 1 \text{ kg m}^2 \text{ s}^2$
 C. $1 \text{ W} = 1 \text{ kg m}^2 \text{ s}^{-2}$
 D. $1 \text{ W} = 1 \text{ kg m}^2 \text{ s}^{-3}$
- 7.4.23.)** Enoto joule izrazimo z osnovnimi enotami takole: [C]
 A. $1 \text{ J} = 1 \text{ kg m s}$
 B. $1 \text{ J} = 1 \text{ kg m}^2 \text{ s}^2$
 C. $1 \text{ J} = 1 \text{ kg m}^2 \text{ s}^{-2}$
 D. $1 \text{ J} = 1 \text{ kg m}^2 \text{ s}^{-3}$
- 7.4.24.)** Enota za energijo je enaka: [A]
 A. $\text{kg m}^2 \text{ s}^{-2}$
 B. $\text{kg m}^{-1} \text{ s}^{-2}$
 C. $\text{kg m}^2 \text{ s}^2$
 D. kg m s^{-1}
- 7.4.25.)** Enota za delo je enaka: [C]
 A. $\text{kg m}^2 \text{ s}^2$
 B. kg m s^{-1}
 C. $\text{kg m}^2 \text{ s}^{-2}$
 D. $\text{kg m}^{-1} \text{ s}^{-2}$
- 7.4.26.)** S silo 300 N potiskamo avto 800 m daleč. Pri tem opravimo delo: [D]
 A. 240 J.
 B. 2,40 kJ.
 C. 24,0 kJ.
 D. 240 kJ.
- 7.4.27.)** Konj vleče voz s silo 500 N. Koliko dela opravi na poti 1,00 km? [C]
 A. 300 kJ
 B. 400 kJ
 C. 500 kJ
 D. 600 kJ
- 7.4.28.)** Lokomotiva vleče vlak s silo 10 kN in hitrostjo 100 km/h. Kolikšna moč je za to potrebna? [B]
 A. 1,0 MW
 B. $2,8 \cdot 10^2 \text{ kW}$
 C. $1,0 \cdot 10^2 \text{ kW}$
 D. 2,8 kW
- 7.4.29.)** Na telo deluje stalna sila 100 N v smeri gibanja na poti 100 m. Sila trenja je 40 N. Za koliko se na poti 100m poveča kinetična energija telesa? [C]
 A. 4000 J
 B. 5000 J
 C. 6000 J
 D. 10000 J
- 7.4.30.)** Koliko dela moramo opraviti, če hočemo vozičku z maso 5,0 kg, ki se giblje po vodoravni podlagi, povečati hitrost od 6,0 m/s na 10 m/s? [B]
 A. 80 J
 B. 160 J
 C. 400 J
 D. 550 J
- 7.4.31.)** Masa 20 g ima kinetično energijo 0,44 Ws. S kolikšno hitrostjo se giblje? [C]
 A. 20 km/h
 B. 200 m/min
 C. 6,6 m/s
 D. 26000 m/h

7.4.32.) Kamen z maso 1,00 kg vržemo z višine 4,00 m navpično navzdol s hitrostjo 5,00 m/s. S kolikšno kinetično energijo udari ob tla? [C]

- A. 32,5 J
- B. 42,5 J
- C. 52,5 J
- D. 72,8 J

7.4.33.) Na planetu Jupitru je pospešek prostega pada 2,6-krat večji kot na Zemlji. Če bi na planetu dvignil breme 2,0 kg na višino 2,0 m, bi opravil delo: [C]

- A. 15 J
- B. 40 J
- C. 104 J
- D. 416 J

7.4.34.) Kolikokrat je treba dvigniti bat z maso 500 kg do višine 80 cm, da opravimo delo 80 kJ? [C]

- A. 55-krat
- B. 31-krat
- C. 20-krat
- D. 18-krat

7.4.35.) Proizvajalec navaja, da se osebni avto z maso 900 kg, ki pelje s hitrostjo 40 m/s, lahko ustavi na poti, dolgi 100 m. S kolikšno stalno silo moramo delovati na avto, da ga na taki poti zaustavimo? [C]

- A. 3500 N
- B. 6000 N
- C. 7200 N
- D. 8000 N

7.4.36.) V slapu pade 1200 kg vode vsako sekundo 10 m globoko. Koliko moči bi dobili iz elektrarne, če bi izkoriščali eno tretjino energije vode? [D]

- A. 25 kW
- B. 30 kW
- C. 35 kW
- D. 40 kW

7.4.37.) Planinec z maso 60 kg se povzpne 200 m visoko v 10 min. Koliko je najmanj povprečna moč s katero se vzpenja? [B]

- A. 100 W
- B. 200 W
- C. 300 W
- D. 400 W

8 TEMPERATURA, TOPLOTA IN NOTRANJA ENERGIJA

Kaj se bomo naučili:

- ✓ definirati Celzijevo temperaturno skalo,
- ✓ definirati Kelvinovo temperaturno skalo s plinskim termometrom,
- ✓ definirati linearno in prostorninsko razteznost,
- ✓ zapisati zvezo med linearno in prostorninsko razteznostjo,
- ✓ zapisati in uporabiti plinske zakone,
- ✓ zapisati energijski zakon in definirati toploto,
- ✓ definirati specifično toploto snovi in razložiti postopek merjenja,
- ✓ opisati prehode med agregatnimi stanji in definirati specifično izparilno, talilno in sežigno toploto,
- ✓ definirati absolutno in relativno vlažnost zraka,
- ✓ definirati toplotni tok in ločiti med načini prenosa toplote,
- ✓ definirati toplotno prevodnost in izračunati toplotni tok skozi steno.

Minimalni standard. Dijak ...

- ✓ razloži definicijo Celzijeve temperaturne lestvice s kapljevinskim termometrom,
- ✓ pojasni smisel vpeljave Kelvinove skale,
- ✓ pretvarja K v °C in obratno,
- ✓ navede primere, pri katerih je treba upoštevati temperaturno raztezanje,
- ✓ pozna definicijo specifične toplote,
- ✓ pojasni energijski zakon ($\Delta W = A + Q$),
- ✓ loči različne fazne prehode,
- ✓ ve, da se med faznim prehodom temperatura ne spreminja,
- ✓ našteje načine prenašanja toplote in navede primere iz vsakdanjega življenja,
- ✓ pozna pomen toplotne prevodnosti,
- ✓ zna naštet nekaj dobrih prevodnikov in izolatorjev.

ZAZNAVANJE TEMPERATURE IN TERMOMETRI

Temperatura je količina, ki pove intenziteto termičnega gibanja atomov ali molekul. Temperaturo podamo v stopinjah Celzija (°C) ali v Kelvinih (K).

Absolutna temperatura: $T(K) = T(^{\circ}C) + 273$

Sprememba temperature: $\Delta T(K) = \Delta T(^{\circ}C)$

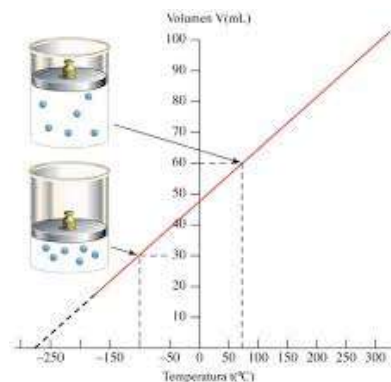
Za merjenje temperature uporabljamo termometre, ki vsi delujejo na principu spreminjanja neke lastnosti snovi v odvisnosti od temperature. Termometre delimo po principu merjenja na mehanske in električne.

MEHANSKI MERILNIKI TEMPERATURE TEMELJIJO NA RAZTEZKU MATERIALA ZARADI SPREMEMBE TEMPERATURE

Pri vseh merimo v bistvu premik materiala, ki se zaradi sprememb v temperaturi razteza in krči. Kot material je lahko uporabljena kovina (bimetalni termometri), tekočina (alkoholni in živosrebrni termometri) ali plin.

Tekočinski merilniki temperature

So dobro poznani iz vsakdanje prakse. Merimo spremembo volumna neke tekočine ob sočasni spremembi temperature. Tekočina se običajno nahaja v stekleni posodi — bučki, ki se nadaljuje v kapilaro. Ko se tekočina segreje, se pri tem raztegne in dvigne v kapilaro. Kot tekočino, ki se razteza, običajno uporabljamo živo srebro ali pa alkohol. Prednost tekočinskih termometrov je njihova enostavna uporaba in zanesljivost. Slabost pa je njihova lomljivost kot tudi sorazmerna nenatančnost.



Bimetalni termometer

Sestoji iz **dveh** materialov — **kovin** s čim bolj različnima koeficientoma temperaturnega raztezka, ki sta med seboj zvarjena in na eni strani vpeta. Pri spremembi temperature **se** bimetalni trak **ukrivi**. Iz premika konca bimetala sklepamo na spremembo temperature.

Tehnični bimetalni termometri so oblikovani kot spirale oziroma navitje iz bimetala. Na enem koncu je takšna spirala trdno pritrjena. Na prostem delu pa se pri dvigu temperature pojavi vrtilna količina, ki jo prenašamo preko vrtljive osi na kazalec merilnika. Bimetalni termometri so oblikovani kot ploščati instrumenti ali pa kot termometer s potopno cevjo. Bimetali so enostavni in robustni, so pa relativno nenatančni in imajo počasen odziv.

Paličasti raztezni termometer

Sestavljata ga **cev**, ki pride v neposreden kontakt z merjenim medijem, in **palica**, ki je s cevjo na enem koncu trdno povezana. Cev in palica imata različen koeficient temperaturnega raztezka. Tako se ob spremembi temperature palica premakne glede na cev in to merimo. Tak merilnik je robusten, ne rabi vzdrževanja, a je precej nenatančen.

Električni merilniki temperature

Električni merilniki temperature dajejo električni signal, ki je sorazmeren s temperaturo med meritvijo.

- Uporovni termometri

izkoriščajo pojav spreminjanja upornosti v odvisnosti od temperature. Za kovine namreč velja, da imajo pri višji temperaturi večji specifični električni upor. Pri uporovnih termometrih torej merimo upor nekega elementa, ki je največkrat v obliki žice.

- Termočleni (termoelementi)

delujejo na osnovi termoelektričnega učinka. Dve žici iz različnih kovin na enem koncu zvarimo skupaj, med prostima koncema pa se pojavi napetost, ki je premo sorazmerna z razliko temperatur med zvarjenim in prostim koncem žic.

Optični termometri

Infrardeči termometer omogoča brezkontaktno merjenje površinskih temperatur. Temperaturo določi na podlagi infrardeče svetlobe, ki jo oddaja vsak predmet. Z brezkontaktnim merjenjem je idealen za nevarne, težko dostopne ali premikajoče se predmete ali za predmete, ki so pod napetostjo. Možnost aktivacije namerjanja cilja z dvojnim laserjem olajša določitev merilnega območja.



Temperatura in kinetična energija molekul plina

$$W_K = \frac{3}{2}kT \quad v = \sqrt{\frac{3RT}{M(kg)}}$$

Pojasni pomen temperature pri termičnem gibanju delcev – gradnikov snovi.

Temperaturno raztezanje snovi

Prostorninsko raztezanje: $\Delta V = V_1 \beta \Delta T$

Dolžinsko raztezanje: $\Delta l = l_1 \alpha \Delta T$

Povezava med prostorninsko in dolžinsko razteznostjo: $\alpha = \frac{\beta}{3}$

Nekaj primerov za dolžinsko (α) in prostorninsko (β) temperaturno razteznost snovi.

snov	α
jeklo	$1,2 \cdot 10^{-5} \text{ K}^{-1}$
beton	$1,2 \cdot 10^{-5} \text{ K}^{-1}$
steklo	$0,5 \cdot 10^{-5} \text{ K}^{-1}$

snov	β
kisik	$3,67 \cdot 10^{-3} \text{ K}^{-1}$
vodik	$3,66 \cdot 10^{-3} \text{ K}^{-1}$
voda pri 10 °C	$2,0 \cdot 10^{-4} \text{ K}^{-1}$
voda pri 20 °C	$3,8 \cdot 10^{-4} \text{ K}^{-1}$
etanol	$1,15 \cdot 10^{-3} \text{ K}^{-1}$

RAZTEZANJE PLINOV

Splošni plinski zakon in plinska enačba

Da opišemo stanje idealnega plina, potrebujemo zvezo med količinami, ki to stanje določajo. To pa so:

- temperatura **T** v Kelvinih (K),
- tlak plina **p** v paskalih (Pa),
- prostornina **V** (volumen) plina v m³,
- množina plina **n** (število molov oziroma **kilomolov**).

Idealni plin si predstavljamo kot množico točkastih molekul, ki se ves čas neurejeno gibljejo in pri tem zaletavajo med seboj in v stene prostora (posode), kar zaznamo kot tlak plina. Pri idealnem plinu zanemarimo velikost molekul in sile med njimi. Upoštevamo le, da se različne molekule razlikujejo med seboj v masi.

Realni plini, kot na primer zrak, se v običajnih pogojih obnašajo kot idealni plini.

Vse količine, s katerim opišemo stanje plina, povezuje **splošna plinska enačba**:

$$pV = nRT,$$

kjer je $n = \frac{m}{M}$ množina plina in $R = 8,310 \text{ J/K mol}$ splošna plinska konstanta. Iz splošne plinske enačbe vedno lahko izračunamo neznano količino, če imamo podane ostale.

Zvezo med zgornjimi količinami, ki se lahko **spremenijo** zaradi zunanjih vplivov, pa podaja **splošni plinski zakon**, ki se glasi:

$$\frac{p_1 V_1}{T_1} = \frac{p_2 V_2}{T_2}.$$

Iz enačbe vidimo, kako so količine povezane med seboj. Količine z oznako 1 so podatki pred spremembo, količine z oznako 2 pa podatki po spremembi. Sprememba ene količine povzroči spremembo drugih dveh. Spremembe so vedno takšne, da ostaja zveza med količinami taka, kot jo podaja zakon. **Tlak plina je premo sorazmeren s temperaturo in obratno sorazmeren s prostornino.**

PLINSKI ZAKONI

Kako spremembe ene količine, ki opisuje stanje plina, vplivajo na spremembo druge količine, so raziskovali že pred več sto leti. Pri tem so meritve izvajali tako, da so spremljali spremembe dveh količin, tretjo pa so imeli ves čas meritev konstantno (nespremenjeno, stalno enako). Tako so nastali trije plinski zakoni, poimenovani po odkriteljih in po konstantni količini:

Gay-Lussacov zakon ali izobarna sprememba

Velja, kadar je tlak plina konstanten. V tem primeru sta prostornina in temperatura plina premo sorazmerni. Če se temperatura (v kelvinih!!!) poveča dvakrat, se tudi prostornina poveča dvakrat:

$$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}.$$

Ta zakon je temelj delovanja plinskih termometrov, ker se plini pri naraščanju temperature najbolj enakomerno raztezajo.

Boylov zakon ali izotermna sprememba

Velja, kadar je temperatura plina konstantna. V tem primeru sta volumen in tlak plina obratno sorazmerna. Če se volumen dvakrat poveča, se tlak plina dvakrat zmanjša in obratno. Ko se plin razteza, se tlak zmanjšuje; ko plin stiskamo, tlak narašča.

$$p_1 V_1 = p_2 V_2$$

Amontonsov zakon ali izohorna sprememba

Velja, kadar je prostornina plina konstantna. V tem primeru sta tlak in temperatura plina premo sorazmerna. Če se absolutna temperatura (v Kelvinih) poveča dvakrat, se tudi tlak poveča dvakrat. Ta zakon velja, ko imamo plin v zaprtih posodah. Pri velikem povečanju temperature se močno poveča tlak, kar lahko privede do tega, da posodo raznese. Zato ne smemo shranjevati posod s plinom – jeklenk kar na dvorišču, nezaščitenih pred soncem.

$$\frac{p_1}{T_1} = \frac{p_2}{T_2}$$

DEMONSTRACIJSKA VAJA: IZOBARNA SPREMEMBA PLINA—PLINSKI TERMOMETER

1. Zgradba termometra: Plinski termometer je sestavljen iz erlenmajerice, v kateri je dno pokrito z nekaj vode in je zaprta z zamaškom, v katerem je steklena cevka.



2. Priprava termometra: Cevko na vrhu zapremo s prstom in obrnemo termometer tako, da voda zalije vrat posode in zamašek s cevko. Biti je mora dovolj, da lahko vdre v cevko, ko za trenutek odmaknemo prst, s katerim jo zapiramo. V tej situaciji lahko tudi odčitamo začetno prostornino zraka (V_1) v termometru. Nato ob zaprtem zgornjem delu cevke termometer obrnemo. Začetna temperatura zraka v termometru (T_1) je enaka temperaturi zraka v prostoru. Notranji premer cevke ($2r$), po kateri se giblje kapljica vode zaradi raztezanja oz. krčenja zraka, izmerimo s kljunastim merilom.



3. Delovanje termometra: Če z dlanjo in prsti objamemo erlenmajerico, s tem segrevamo zrak v termometru. Ko nato odpremo zgornji del cevke, začne kapljica v cevki lesti navzgor, dokler zrak v termometru segrevamo (s toploto, ki jo oddaja naša roka). Ko roko odmaknemo in se prične zrak v erlenmajerici ohlajati, se prične kapljica v cevki spuščati. Puščica na sliki kaže višino h , za katero se je dvignila kapljica, ko smo povečali temperaturo. Skala plinskega termometra je linearna: $h(T_2) = kT_2 + n$.

h je odvisna spremenljivka; T_2 je neodvisna spremenljivka; k in n pa sta konstanti, ki sta za dani termometer določeni s parametri V_1 , T_1 in $2r$, ki so za različne izvedbe termometrov različni; π je seveda ves čas konstanta.

Če upoštevamo $\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}$ in $V_2 - V_1 = \pi r^2 \cdot h$, dobimo:

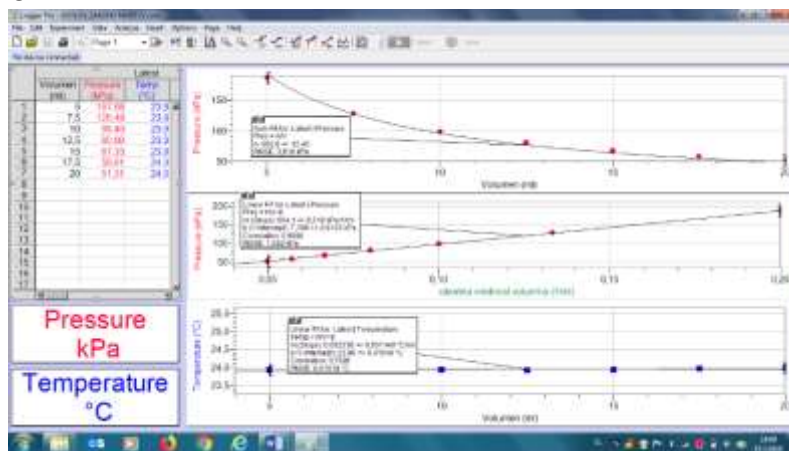
$$h(T_2) = \frac{V_1 T_2}{T_1 \pi r^2} - \frac{V_1}{\pi r^2}$$

DEMONSTRACIJSKA VAJA: BOYLOV ZAKON ALI IZOTERMNA SPREMEMBA

Namen vaje je, da najdemo zgoraj opisano zvezo med tlakom in volumnom v plinih. Uporabimo zrak v brizgalki, ki jo povežemo s senzorjem za tlak. Ko s pritiskanjem na bat brizgalke spremenimo volumen zraka, se spremeni tudi tlak zraka, ki ga priključeni senzor izmeri. Poskrbimo, da se temperatura med merjenjem ne spreminja (**brizgalke ne prijemamo tam, kjer je zaprt plin, in stiskamo počasi**). Med vajo zbiramo pare podatkov za tlak in volumen. S podatki in grafom preverimo matematično zvezo med tlakom in volumnom. To zvezo je prvi našel Robert Boyle leta 1662 in jo poznamo pod imenom Boylov zakon.



Rezultat meritve



Odčitana temperatura zraka v učilnici: $T =$ _____

V spodnjo tabelo vpišete izmerjene tlake in izračunajte produkt pV . V oklepaj dopišite tudi enoto za produkt.

Tabela:

i	V (ml)	p (kPa)	$k = pV$ ()
1.	5,0		
2.	7,5		
3.	10,0		
4.	12,5		
5.	15,0		
6.	17,5		
7.	20,0		

Vprašanja in naloge

- Kaj se dogaja s tlakom zraka v brizgi, ko mu povečujemo in zmanjšujemo prostornino?
- Ali se produkt tlaka in prostornine ohranja?
- Za kakšno sorazmerje gre pri tej povezavi?
- Izračunajte maso zraka v brizgalki, s pomočjo odčitane temperature zraka v učilnici. Za zrak vzemite molsko maso $M = 29 \text{ kg/kmol}$.
- S pomočjo temperature v učilnici in izmerjenega tlaka v brizgalki izračunajte konstanto pV za $V = 10,0 \text{ ml}$ iz splošne plinske enačbe in jo izrazite v osnovnih enotah. Za zrak vzemite $M = 29 \text{ kg/kmol}$.

DEMONSTRACIJSKA VAJA: AMONTONSOV ZAKON ALI IZOHORNA SPREMEMBA

KLASIČNO



Namen vaje je preveriti zvezo med tlakom in temperaturo zraka pri konstantni prostornini. Pripravo za to merjenje kaže slika.

Sestavljena je iz manometra in bučke, ki je postavljena v posodo z vodo in termometrom. Z njim odčitamo temperaturo T_n zraka v bučki. Začetni tlak p_0 zraka v bučki, ki je enak zunanjemu zračnemu tlaku (voda je v obeh krakih enako visoka), dobimo z barometrom.

Dolijemo v posodo malo tople vode, jo pomešamo in izmerimo novo temperaturo T_n vode.

Določimo še tlak p_n^* pri stalni prostornini. Stalno prostornino zaprtega zraka dosežemo tako, da uravnamo nivo vode na isto mesto skale z dvigovanjem odprtega kraka manometra. Ko to dosežemo, na manometru odčitamo višinsko razliko h_n , s katero izračunamo tlak p_n^* . Dolijemo še dvakrat malo tople vode in vsakokrat ponovimo vse kot pri prvi meritvi. Meritve sproti vnašamo v tabelo.

Tlak p_n^* izračunamo s pomočjo izmerjene višinske razlike h_n :

$$p_n^* = p_0 + \rho \cdot g \cdot h_n$$

$$\rho = 10^3 \text{ kg/m}^3$$

$$g = 9,81 \text{ m/s}^2$$

Izračune pišemo in pazimo na enote. Izračunani tlaki naj bodo v kPa.

Tlak zraka p_n izračunamo s pomočjo Amontsonovega zakona (izohorne spremembe):

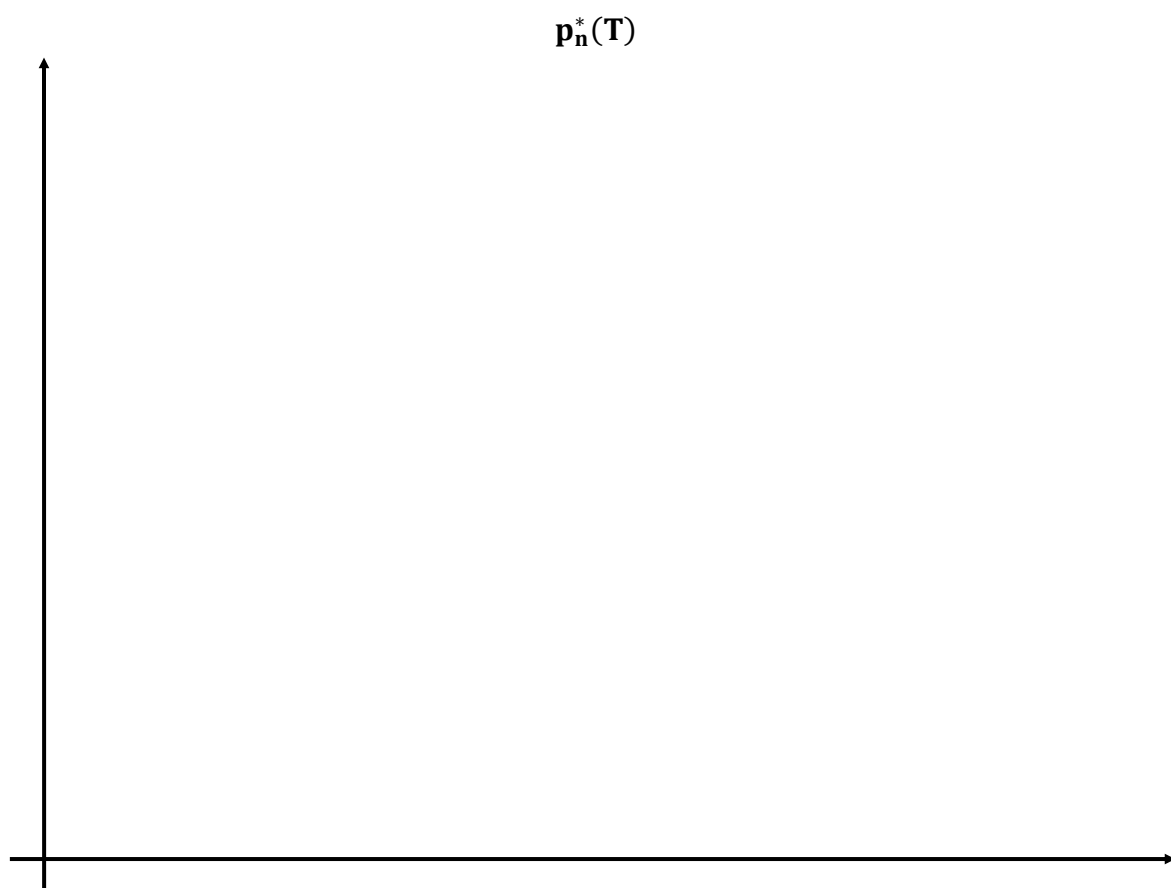
$$\frac{p_0}{T_0} = \frac{p_n}{T_n} \Rightarrow p_n = T_n \cdot \frac{p_0}{T_0}$$

Izračunamo absolutne napake meritev ($\Delta p_n = p_n - p_n^*$), relativne napake meritev ($r = \frac{\Delta p_n}{p_n} \cdot 100\%$) in narišemo graf odvisnosti tlaka od temperature ($p = p(T)$).

Začetno stanje zraka v bučki: p_0 (kPa) = T_0 (K) =

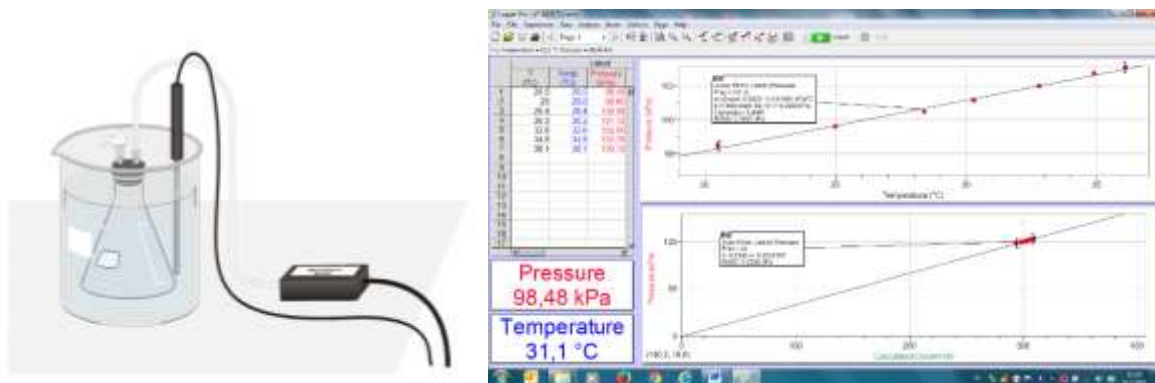
Meritve		Izračuni				
n	T_n (K)	h_n (m)	p_n (kPa)	p_n^* (kPa)	Δp_n (kPa)	r (%)
1						
2						
3						

Izračuni:



DEMONSTRACIJSKA VAJA: AMONTONSOV ZAKON ALI IZOHORNA SPREMEMBA Z RAČUNALNIKOM

Preverimo zvezo med tlakom in temperaturo zraka pri konstantni prostornini še s pomočjo vmesnika in programa Logger Pro..



V spodnjo tabelo vpišite izmerjene temperature (v °C in K) in tlake ter izračunajte kvocient p_n/T_n . V oklepaj dopišite tudi enoto za produkt.

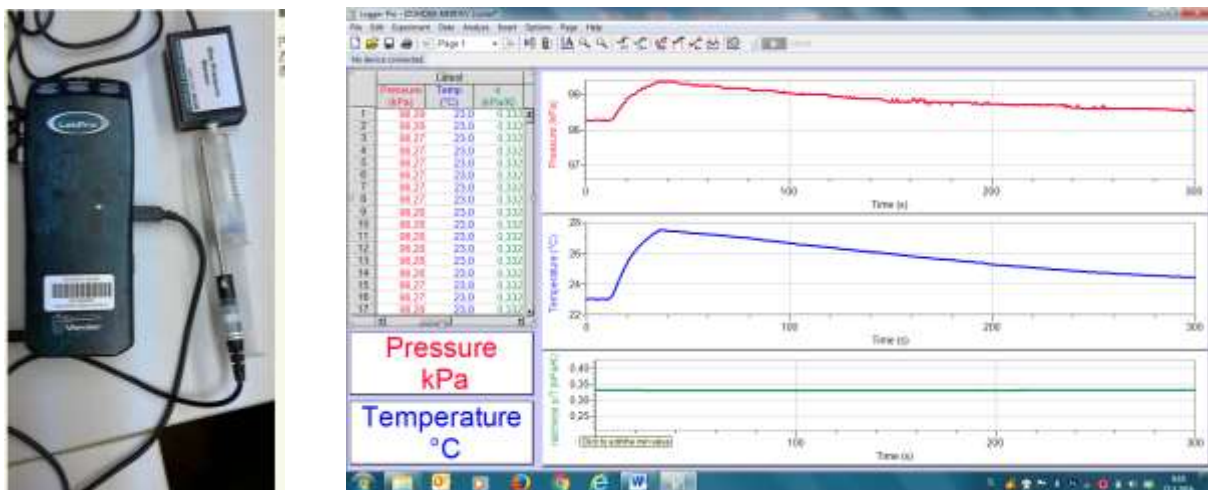
n	T_n (°C)	T_n (K)	p_n (kPa)	p_n/T_n ()
1.				
2.				
3.				
4.				
5.				
6.				

Vprašanje:

Kaj se dogaja z razmerjem med tlakom in temperaturo zraka v brizgi, ko zrak segrevamo?

DEMONSTRACIJSKA VAJA: AMONTONSOV ZAKON ALI IZOHORNA SPREMEMBA Z RAČUNALNIKOM ŠE NA DRUG NAČIN

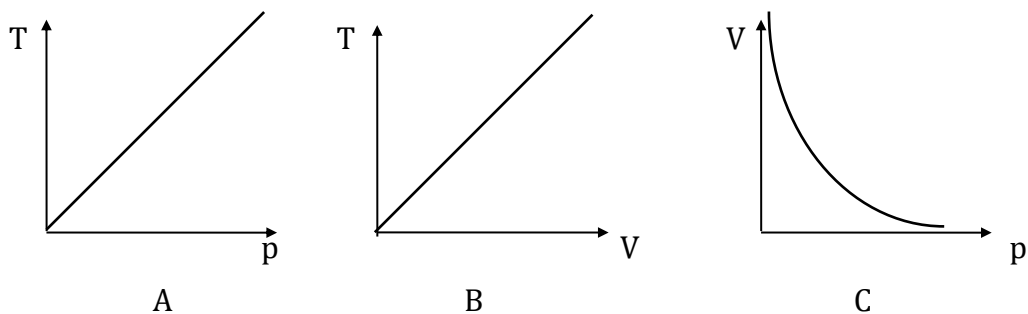
Brizga je nastavljena na največjo prostornino. Merilnik temperature je pritrjen na zunanost brizge. Pri tem se zavedamo sistematične napake, ki jo s tem naredimo. Brizgo in termometer pustimo ležati na mizi in poženemo meritev. Nekaj sekund (5–10) pustimo, da sistem meri konstantne vrednosti. Nato primemo brizgo in termometer ter ju objamemo z dlanjo, da se prične vse skupaj segrevati. Segrejemo za približno **pet stopinj**, nato odložimo na mizo in pustimo, da se sistem ohlaja. Dobimo naslednje grafe:



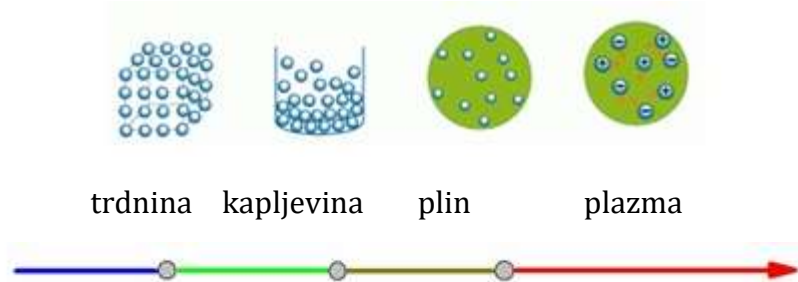
Vprašanja:

- Kaj se dogaja s tlakom zraka v brizgi, ko zrak segrevamo in ohlajamo?
- Kaj se dogaja s prostornino zraka v brizgi, ko zrak segrevamo in ohlajamo?
- Kaj se dogaja z maso zraka v brizgi, ko zrak segrevamo in ohlajamo?
- Kaj se dogaja z razmerjem med tlakom in temperaturo zraka v brizgi, ko zrak segrevamo in ohlajamo?
- Za kakšno sorazmerje gre pri tej spremembi tlaka in temperature?
- Ali se pri tem poskusu zrak v brizgi hitreje segreva ali ohlaja?
- Pojasnite razloge razlik v hitrosti segrevanja in ohlajanja.
- Kakšen je vpliv sistematične napake, ker nismo merili dejanske temperature zraka v brizgi?
- Ta vpliv lahko opazimo pri natančnem pregledu razmerja p/T v odvisnosti od časa.

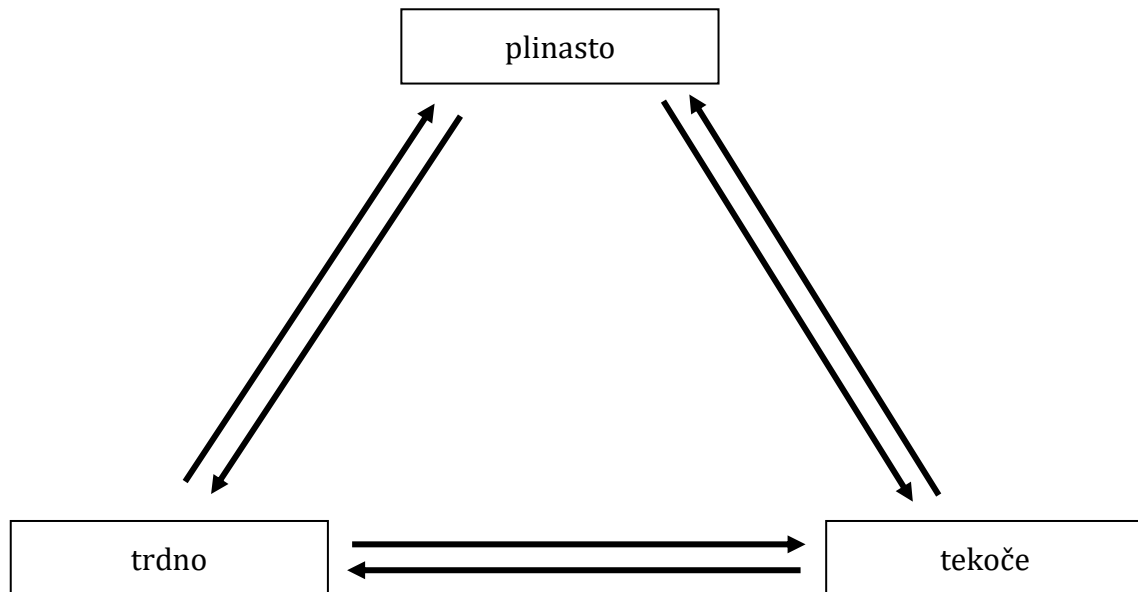
Ugotovi, kateri od spodnjih grafov prikazuje katerega od plinskih zakonov.



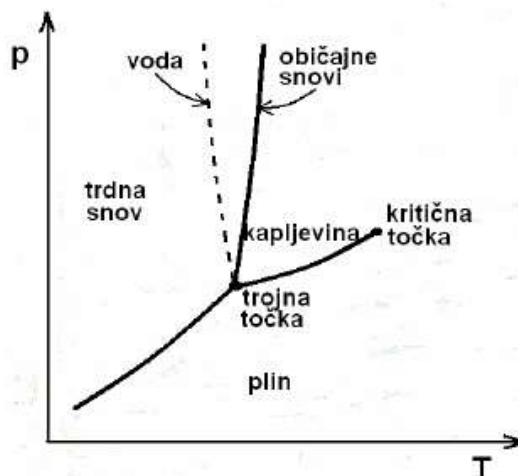
AGREGATNA STANJA IN FAZNI PREHODI MED AGREGATNIMI STANJI



Na črte zapiši ustrezna imena faznih prehodov.



Agregatna stanja snovi in fazni prehodi so odvisni od prostornine, tlaka in temperature. To odvisnost kaže **fazni diagram**.



VLAŽNOST ZRAKA

Voda prehaja iz tekočega v plinasto stanje tudi pri normalnem zračnem tlaku in temperaturah, ki so nižje od temperature vrelišča. Pravimo, da izhlapeva. S tem s svojim delnim parnim tlakom prispeva delež k celotnemu zračnemu tlaku.

Tlak nasičene vodne pare p_n , ki je odvisen od temperature, je največji možen delni tlak vodne pare v zraku. Voda takrat ne more več izhlapevati. Če je prostor, kjer voda izhlapeva, odprt, voda prej ali slej popolnoma izhlapi. Če izhlapeva voda v zaprtem prostoru, vodna para povzroča povečanje zračnega tlaka za delni tlak pare v zraku. Zaradi povečanja delnega tlaka vodne pare se izhlapevanje prej ali slej ustavi. Kdaj se bo ustavilo, je odvisno od povprečne hitrosti molekul v zraku — torej od temperature. Število molekul, ki zapusti kapljevino, se takrat izenači s številom molekul, ki se v kapljevino vrača. Pravimo, da je zrak nasičen z vlago.

Delni zračni tlak lahko s pomočjo plinske enačbe izračunamo.

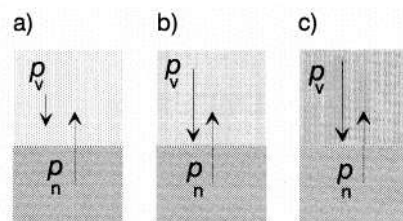
$$p_v = \frac{\rho RT}{M}$$

Absolutna vlažnost zraka (ρ) pove maso vodne pare (kg) na enoto volumna (m^3) zraka.

Relativna vlažnost zraka je razmerje med tlakom vodne pare p_v v zraku in nasičenim tlakom p_n :

$$\eta = \frac{p_v}{p_n}$$

100 % vlaga pomeni, da je delni tlak vodne pare v zraku enak nasičenemu tlaku.



higrometer



psihrometer

8.2 PONAVLJANJE IN UTRJEVANJE ZNANJA

VPRAŠANJA

1. Absolutna temperatura

- Kako je definirana Kelvinova temperaturna skala s plinskim termometrom?
- Merilo česa je temperatura v mikroskopski sliki plina?
- Kvalitativno poveži tlak plina s temperaturo.
- Zapiši oznako, osnovno enoto in oznako osnovne enote za temperaturo!
- Kaj pomeni pojem absolutna ničla?
- Pretvori temperaturo 150 K v °C! Pretvori temperaturo 85 °C v K!

2. Temperaturno raztezanje snovi

- Kaj je temperaturno raztezanje? (Odgovori v enem stavku!)
- Kakšne vrste temperaturnega raztezanja poznaš?
- Predstavi linearno temperaturno raztezanje! (Kdaj ga uporabljamo in zakaj? Nariši skico, zapiši enačbo in pojasni vse količine v njej!)
- Predstavi volumsko temperaturno raztezanje! (Kdaj ga uporabljamo in zakaj? Nariši skico, zapiši enačbo in pojasni vse količine v njej!)
- Kako sta definirani linearna in prostorninska temperaturna razteznost snovi in kakšna je zveza med njima?

3. Plinski zakoni

- Zapiši in razloži splošni plinski zakon! (Kdaj velja? Poimenuj količine!)
- Zapiši in razloži Boylov plinski zakon! (Kdaj velja? Poimenuj količine! Kako se imenujejo spremembe? Nariši graf!)
- Zapiši in razloži Amontonsov plinski zakon! (Kdaj velja? Poimenuj količine! Kako se imenujejo spremembe? Nariši graf!)
- Zapiši in razloži Guy-Lussacov plinski zakon! (Kdaj velja? Poimenuj količine! Kako se imenujejo spremembe? Nariši graf!)
- Zapiši in razloži splošno plinsko enačbo! (Kdaj velja, poimenuj količine!)
- Zapiši vrednost splošne plinske konstante!
- Kako se izračuna splošna plinska konstanta? (Zapiši enačbo in pojasni količine v njej!)
- Zapiši vrednost Boltzmannove konstante!
- Zapiši obe enačbi za izračun povprečne kinetične energije molekul plina in pojasni nastopajoče količine v njiju!
- Zapiši enačbo, ki povezuje temperaturo in povprečno kinetično energijo molekul plina, in pojasni nastopajoče količine v njej!
- Kako povezujemo tlak v plinu z dogajanjem na nivoju molekul?

4. Agregatna stanja snovi in vlažnost zraka

- Opiši prehode med agregatnimi stanji.

- Nariši in pojasni časovni potek temperature vode, ko jo segrevamo.
- Kaj je izhlapevanje vode?
- Kako določimo vlažnost zraka?

NALOGE

8.2.1.) V jeklenki je 2,5 g helija s temperaturo 100 °C in tlakom 5,7 bar. Kilomolska masa helija je 4 kg. Kolikšna je povprečna kinetična energija molekul plina? Kolikšna je povprečna hitrost molekul plina?

$$R: W_K = 7,8 \cdot 10^{-21} \text{ J}, v = 1525 \text{ m/s}$$

8.2.2.) V prostoru je mešanica vodika in kisika pri temperaturi 40 °C in tlaku 1,0 bar. Kolikšna je povprečna kinetična energija molekul plina v prostoru? Kolikšna je povprečna hitrost molekul vodika H₂ (M = 2 g/mol)? Kolikšna je povprečna hitrost molekul kisika O₂ (M = 32 g/mol)?

$$R: W_K = 6,5 \cdot 10^{-21} \text{ J}, v = 1975 \text{ m/s}, v = 494 \text{ m/s}$$

8.2.3.) Žico, dolgo 3 m, segrejemo od 20 °C na 520 °C. Kolikšna je dolžinska temperaturna razteznost žice, če se pri segrevanju raztegne za 3 cm? b) Za koliko se spremeni dolžina žice, če se ohladi na -10 °C?

$$R: \alpha = 2,0 \cdot 10^{-5} \text{ K}^{-1}, \Delta l = -1,8 \text{ mm}$$

8.2.4.) Tračnico izdelajo pri temperaturi 18 °C. Tedaj je dolga 20,56 m. Dolžinska temperaturna razteznost jekla je $1,2 \cdot 10^{-5} \text{ K}^{-1}$. Kolikšna je dolžina tračnice, ko je temperatura 178 °C?

$$R: l_2 = 20,60 \text{ m}$$

8.2.5.) Jeklen most je napravljen spomladi, ko je temperatura 17 °C, in je takrat dolg 100,00 m. Dolžinska temperaturna razteznost mostu je $1,1 \cdot 10^{-5} \text{ K}^{-1}$. Kako dolg je poleti, ko se segreje na 47 °C? Kako dolg je pozimi, ko se ohladi na -13 °C?

$$R: l_P = 100,033 \text{ m}, l_Z = 99,976 \text{ m}$$

8.2.6.) V termometru je 0,20 cm³ živega srebra. Prostorninska temperaturna razteznost živega srebra je $0,18 \cdot 10^{-3} \text{ K}^{-1}$. Raztezanje stekla zanemarimo. Za koliko se spremeni prostornina živega srebra v termometru, če se mu temperatura zviša iz 5 °C na 45 °C?

$$R: \Delta V = 1,44 \text{ mm}^3$$

8.2.7.) Bakrena kocka ima stranico 22,5 cm. Prostorninska temperaturna razteznost bakra je $4,8 \cdot 10^{-5} \text{ K}^{-1}$. Za koliko stopinj moramo segreti kocko, da se bo njena prostornina povečala za 3 %? Kolikšna je dolžinska razteznost bakra? Za koliko % se pri tem poveča stranica kocke?

$$R: \Delta T = 625 \text{ K}, \alpha = 1,6 \cdot 10^{-5} \text{ K}^{-1}, 2\%$$

8.2.8.) Imamo kocko iz železa z dolžinsko temperaturno razteznostjo $1,2 \cdot 10^{-5} \text{ K}^{-1}$. Za koliko kelvinov se mora segreti kocka, da se njena 1,0 m dolga stranica podaljša za 0,15 %? Za koliko % se pri tem poveča prostornina kocke?

R: $\Delta T = 125 \text{ K}$, $\Delta V/V = 0,45 \%$

8.2.9.) V jeklenko prostornine 150 m^3 načrpamo 8 kmol dušika s kilomolsko maso 28 kg. Kolikšen je tlak v jeklenki, če je temperatura $35 \text{ }^\circ\text{C}$?

R: $p = 1,36 \text{ bar}$

8.2.10.) V 120-litrski jeklenki je kisik pri temperaturi $30 \text{ }^\circ\text{C}$. Kilomolska masa kisika je 32 kg. Kolikšna je masa kisika v jeklenki, če je tlak 150 bar?

R: $m = 23 \text{ kg}$

8.2.11.) V posodi imamo vodik pri temperaturi $180 \text{ }^\circ\text{C}$ pod tlakom 4,0 bar. Prostornina posode je 120 l. Kolikšna je masa vodika v tej posodi? Plin v posodi segrejemo na $320 \text{ }^\circ\text{C}$. Kolikšen je tlak pri tej temperaturi? Kakšna je bila ta sprememba plina? Segreto posodo priključimo na prazno posodo s prostornino 40 l in počakamo, da se temperatura izenači. Kolikšen je novi tlak vodika v povezanih posodah?

R: $m = 25,4 \text{ g}$, $p = 5,2 \text{ bar}$, izohorna, $p = 3,9 \text{ bar}$

8.2.12.) V zaprti posodi s prostornino 80 l je zrak s tlakom 1,2 bar in temperaturo $127 \text{ }^\circ\text{C}$. Relativna molekulska masa zraka je 29 g/mol . Kolikšna je masa zraka v posodi? Zrak segrejemo na $458 \text{ }^\circ\text{C}$, kolikšen je sedaj tlak zraka v posodi?

R: $m = 84 \text{ g}$, $p = 2,2 \text{ bar}$

8.2.13.) V jeklenki je 2,5 g helija s temperaturo 100 K in tlakom 5,7 bar. Kilomolska masa helija je 4 kg. Kolikšna je prostornina plina? Plinu zvišamo temperaturo na 200 K. Kolikšen je tlak plina v jeklenki? Nariši in poimenuj spremembo plina.

R: $V = 0,9 \text{ l}$, $p = 11,4 \text{ bar}$, izohorna

8.2.14.) Temperatura $200 \text{ }^\circ\text{C}$ je enaka

[C]

A. 200 K .

B. -200 K .

C. 473 K .

D. -473 K .

8.2.15.) V valju imamo 3,9 g zraka s temperaturo $0 \text{ }^\circ\text{C}$. Gostota zraka je $1,3 \text{ g/dm}^3$. Pri stalnem tlaku segrevamo zrak toliko časa, da se mu temperatura podvoji. Kolikšna je sedaj prostornina zraka?

[D]

A. $0,6 \text{ dm}^3$

B. $1,0 \text{ dm}^3$

C. $1,6 \text{ dm}^3$

D. $6,0 \text{ dm}^3$

8.2.16.) V valju imamo kisik s temperaturo $0 \text{ }^\circ\text{C}$. Segrejemo ga tako, da se tlak kisika ne spremeni. Ugotovimo, da se je prostornina kisika podvojila. Kolikšna je končna temperatura?

[C]

A. 100 K

B. 273 K

C. 546 K

D. 819 K

8.2.17.) V valju imamo vodik s temperaturo $-13\text{ }^{\circ}\text{C}$. Segrejemo ga tako, da se prostornina vodika ne spremeni. Ugotovimo, da se je tlak vodika potrojil. Kolikšna je končna temperatura? [D]

- A. 100 K
- B. 273 K
- C. 520 K
- D. 780 K

8.2.18.) Zrak ima temperaturo $10\text{ }^{\circ}\text{C}$. Do katere temperature ga moramo segreti pri stalnem tlaku, da se mu prostornina podvoji? [D]

- A. $20\text{ }^{\circ}\text{C}$
- B. $293\text{ }^{\circ}\text{C}$
- C. $493\text{ }^{\circ}\text{C}$
- D. $566\text{ }^{\circ}\text{C}$

8.2.19.) Plinu pri začetni temperaturi $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ želimo zmanjšati tlak na polovično vrednost začetnega tlaka, tako da ga pri stalni prostornini ohladimo. Končna temperatura plina je [C]

- A. $10\text{ }^{\circ}\text{C}$.
- B. $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$.
- C. $-127\text{ }^{\circ}\text{C}$.
- D. $-196\text{ }^{\circ}\text{C}$.

8.2.20.) V jeklenki je kisik pri temperaturi $20\text{ }^{\circ}\text{C}$. Če jeklenko postavimo na sonce, se tlak kisika poveča trikrat. Za koliko se poveča temperatura kisika? [C]

- A. 386 K
- B. 486 K
- C. 586 K
- D. 686 K

8.2.21.) Pri stalnem tlaku smo plinu s segrevanjem 4-krat povečali prostornino. Začetna temperatura je bila $30\text{ }^{\circ}\text{C}$. Kolikšna je končna temperatura? [D]

- A. $120\text{ }^{\circ}\text{C}$
- B. 120 K
- C. $1212\text{ }^{\circ}\text{C}$
- D. 1212 K

8.2.22.) Pri stalni prostornini smo plinu s segrevanjem 3-krat povečali tlak. Končna temperatura je $627\text{ }^{\circ}\text{C}$. Kolikšna je bila začetna? [B]

- A. 27 K
- B. $27\text{ }^{\circ}\text{C}$
- C. 209 K
- D. $209\text{ }^{\circ}\text{C}$

8.2.23.) V zaprti posodi imamo plin pri temperaturi $40\text{ }^{\circ}\text{C}$. Da bi mu tlak 2-krat zmanjšali, ga moramo ohladiti na [D]

- A. $20\text{ }^{\circ}\text{C}$.
- B. 20 K.
- C. 293 K.
- D. 156,5 K.

8.2.24.) Pri stalnem tlaku plinu 4-krat povečamo temperaturo, zato se mu prostornina [C]

- A. 4-krat zmanjša.
- B. 2-krat poveča.
- C. 4-krat poveča.
- D. 2-krat zmanjša.

8.2.25.) Pri stalni temperaturi plinu 4-krat zmanjšamo prostornino. Zato se mu tlak [C]

- A. 4-krat zmanjša.
- B. 2-krat poveča.
- C. 4-krat poveča.
- D. 2-krat zmanjša.

8.2.26.) Spremembo plina, pri kateri je prostornina konstantna, ponazorimo z [B]

- A. izotermo.
- B. izohoro.
- C. izobaro.
- D. izohipso.

8.2.27.) Spremembo plina, pri kateri je tlak konstanten, ponazorimo z [C]

- A. izotermo.
- B. izohoro.
- C. izobaro.
- D. izohipso.

8.2.28.) Spremembo plina, pri kateri je temperatura konstantna, ponazorimo z [A]

- A. izotermo.
- B. izohoro.
- C. izobaro.
- D. izohipso.

8.2.29.) Kako še imenujemo Boylov zakon?

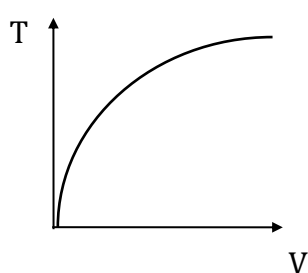
[B]

- A. izohorna sprememba
- C. izohipsna sprememba

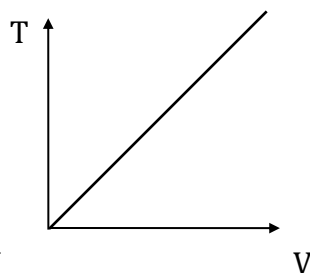
- B. izotermna sprememba
- D. izobarna sprememba

8.2.30.) Kateri graf kaže Gay-Lussacov zakon?

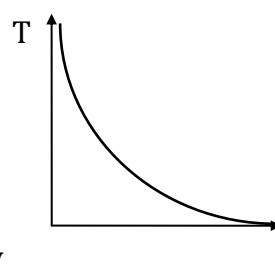
[B]



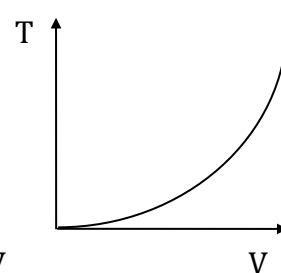
A



B



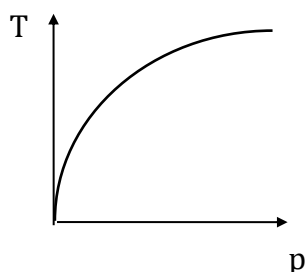
C



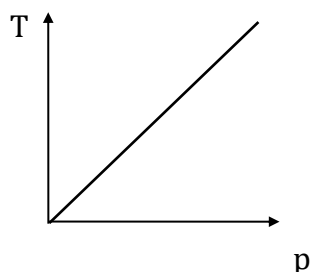
D

8.2.31.) Kateri od spodnjih narisanih grafov pravilno kaže zvezo med temperaturo in tlakom idealnega plina pri stalni prostornini?

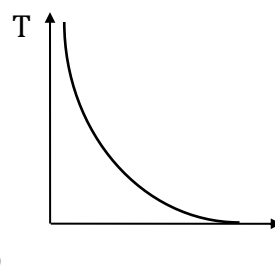
[B]



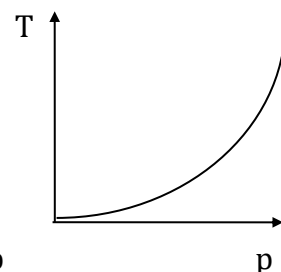
A



B



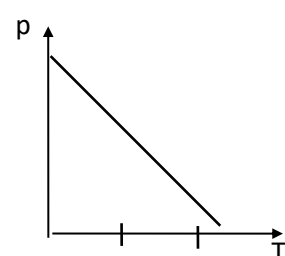
C



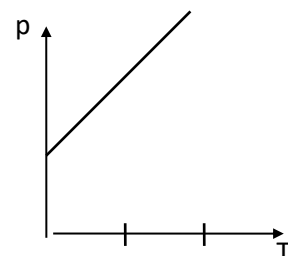
D

8.2.32.) Kateri graf pravilno prikazuje spremembo tlaka idealnega plina pri stalni prostornini?

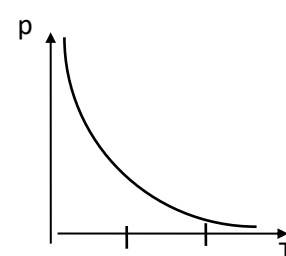
[B]



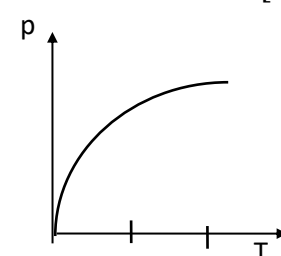
A



B



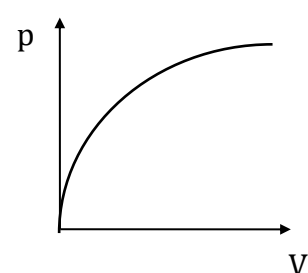
C



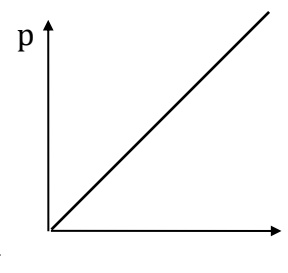
D

8.2.33.) Kateri od spodnjih narisanih grafov pravilno kaže zvezo med prostornino in tlakom idealnega plina pri stalni temperaturi?

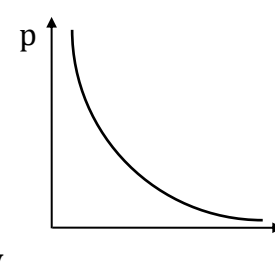
[C]



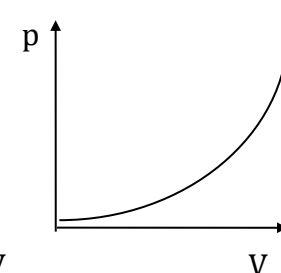
A



B



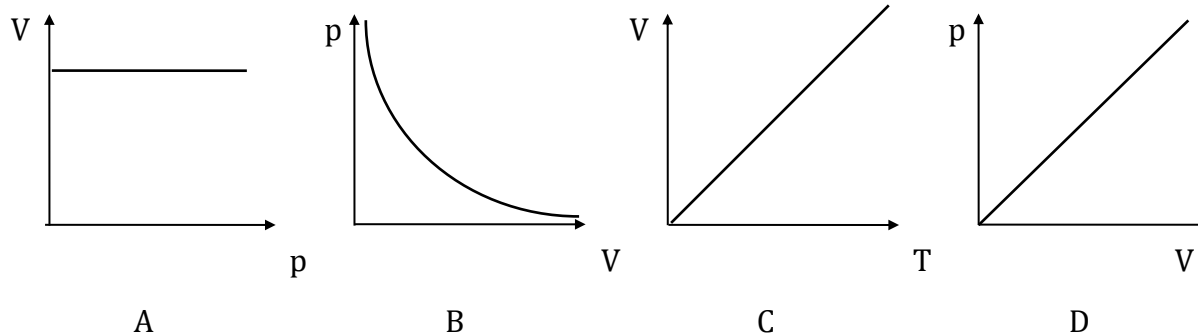
C



D

8.2.34.) Katera slika kaže izobarno spremembo plina?

[C]



8.2.35.) Molekule ogljika in helija v sobi imajo enako

[C]

- | | |
|----------------------------------|--------------------------------|
| A. maso. | B. povprečno hitrost. |
| C. povprečno kinetično energijo. | D. povprečno gibalno količino. |

8.2.36.) Molekule kisika in dušika v sobi imajo enako

[C]

- | | |
|----------------------------------|--------------------------------|
| A. maso. | B. povprečno hitrost. |
| C. povprečno kinetično energijo. | D. povprečno gibalno količino. |

8.3 NOTRANJA ENERGIJA IN TOPLOTA

Snov je sestavljena iz majhnih delcev (atomov in molekul), ki se neprestano gibljejo. Zato imajo kinetično energijo. Imajo pa tudi potencialno energijo, ker med njimi delujejo privlačne sile, ki jih vlečejo skupaj.

Notranja energija telesa je skupna kinetična energija in potencialna energija delcev, ki telo sestavljajo.

Poznamo tri oblike notranje energije:

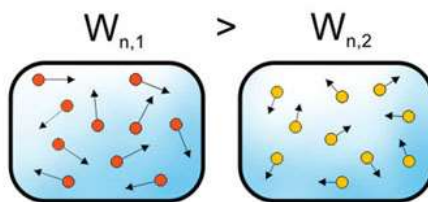
- Notranjo energijo na ravni **molekule** imenujemo notranja toplotna oz. notranja kalorična energija. Hitrost molekul se povečuje oziroma zmanjšuje, kar je posledica dovajanja oziroma odvajanja toplote.
- Notranjo energijo na ravni **atoma** imenujemo notranja kemična energija. Ta energija se sprošča, ko se s kemičnimi reakcijami premeščajo atomi v molekulah. Razlikovati moramo:
 - kemične spremembe, pri katerih se kemična energija zmanjšuje; posledica tega je povečanje notranje kalorične energije,
 - kemične spremembe, ki so posledica dovajanja določene količine energije neke snovi.
- Notranjo energijo na ravni **atomskih jeder** imenujemo jedrska (nuklearna) energija. Ta energija se sprošča, ko se spreminja sestava atomskih jeder. Ločimo:
 - fuzijsko energijo (nuklearna energija spajanja jeder),
 - fisijsko energijo (nuklearna energija razbijanja jedra).

Vsako telo ima neko notranjo energijo, katere spremembo spoznamo po spremembi temperature, po spremembi agregatnega stanja ali po spremembi kemijske zgradbe snovi.

Notranja energija je energija stanja snovi, ki ga določajo termodinamične količine (p , V , T).

Notranja energija idealnega plina se spremeni s spremembo temperature. Višja, kot je temperatura, več ima notranje energije.

$$W_n = m c T$$

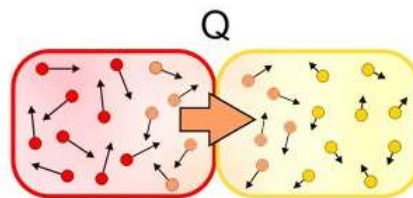


Energijski zakon

Prvi zakon termodinamike pravi, da je sprememba notranje energije snovi enaka vsoti prejete toplote Q in prejetega dela A . Notranjo energijo torej lahko spremenimo z dovedeno toploto ali z opravljenim delom.

$$\Delta W_n = A + Q$$

Če telo segrevamo, se mu zviša temperatura. Pravimo, da mu **dovajamo toploto** in večamo notranjo energijo. Z znižanjem temperature (s hlajenjem) se telesu odvaja toplota in zmanjšuje notranja energija.



$$\Delta W_n = Q$$

Z deformiranjem plastične snovi, mešanjem, gnetenjem, stiskanjem se izgublja **mehansko delo**, ki se spreminja v notranjo energijo snovi. Za toplotno izolirano snov velja, da se njegova energija ob vsakršni spremembi poveča za toliko, kolikor dela je prejelo. Zaradi trenja in zračnega upora se med gibanjem izgublja kinetična energija telesa, telo pa se na ta račun segreva.



$$\Delta W_n = A$$

Pogosto se celotna energija snovi spreminja tako zaradi prejete ali oddane toplote kot zaradi prejetega ali oddanega dela.

8.4 TOPLOTA, SPECIFIČNA TOPLOTA IN TOPLOTNA KAPACITETA

Toplota

Toplota je del notranje energije, ki jo dve telesi z različno temperaturo izmenjata. Količina oddane (prejete) toplote je sorazmerna z maso snovi in z zvišanjem/znižanjem temperature. Sorazmernostni koeficient je odvisen od vrste snovi in ga imenujemo specifična toplota snovi.

$$Q = m c \Delta T$$

Specifična toplota snovi

Specifična toplota snovi nam pove, koliko toplote potrebujemo, da 1 kg snovi za segrejemo za 1 K pri konstantnem tlaku ali prostornini.

$$c = \frac{Q}{m \Delta T}$$

agregatno stanje vode	trdno	tekoče	plinasto
specifična toplota	2200 J/kgK	4200 J/kgK	2000 J/kgK

Talilna toplota in izparilna toplota

Med faznim prehodom je oddana/prejeta toplota sorazmerna samo z maso snovi. Sorazmernostni koeficient je odvisen od vrste snovi in faznega prehoda in ga imenujemo specifična talilna toplota (q_t) ali specifična izparilna toplota snovi (q_i).

$$Q = m q$$

Voda ne izpareva le pri vrelišču, ampak izhlapeva tudi pri nižjih temperaturah, kjer potrebuje izparilno toplota. Izparilna toplota vode je $q_i = 2,26 \text{ MJ/kg}$, zaradi česar se ob izhlapevanju voda in njena okolica znatno ohlajata. Tako z mokrim blagom ovita čutara ostaja hladna, mokre nas zebe in v vročini nas hladi znoj, ki izhlapeva s kože. Para, ki izhlapeva, je v plinastem agregatnem stanju in zato očem nevidna. Tisto, kar vidimo pri vrenju vode, so drobne vodne kapljice.

Specifična sežigna toplota snovi

Specifična sežigna toplota snovi je odvisna od vrste snovi. Pove nam, koliko toplote pridobimo, ko sežgemo 1 kg snovi. V kilogramu goriva nakopičena toplotna energija je zelo velika. V naših telesih neprestano gori hrana: škrob, sladkor, beljakovine ...

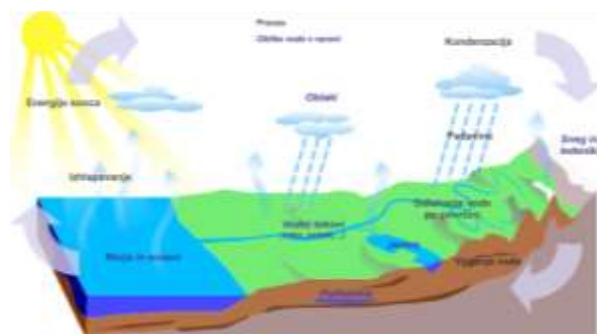
$$Q = m q_s$$

Toplotna kapaciteta snovi

Toplotna kapaciteta snovi pove, koliko toplote potrebujemo, da segrejemo celotno snov za 1 K.

$$C = m c = \frac{Q}{\Delta T}$$

Če je toplotna kapaciteta snovi majhna (kopno), se snov hitro segreva in ohlaja, snov z veliko toplotno kapaciteto (morje) pa se počasi segreva in ohlaja.



DEMONSTRACIJSKA VAJA: MERJENJE SPECIFIČNE TOPLOTE VODE

Specifična toplota vode pove, koliko toplote je potrebno, da se 1 kg vode segreje za 1 K:

$$c = \frac{\Delta Q}{m \Delta T}$$

Eden od možnih načinov merjenja specifične toplote vode pri konstantnem tlaku je ta, da jo segrevamo z električnim grelnikom. Električno delo, ki ga odda grelnik A_{el} , poveča temperaturo vode iz začetne temperature T_z na končno T_k :

$$A_{el} = m_v c_v (T_k - T_z)$$

kjer je električno delo:

$$A_{el} = U_{ef} I_{ef} \Delta t \quad [1 \text{ J} = 1 \text{ VAs}]$$

Iz enačb 2 in 3 dobimo enačbo za izračun specifične toplote vode:

$$c_v = \frac{U_{ef} I_{ef} \Delta t}{m_v (T_k - T_z)}$$

Pri merjenju ne upoštevamo toplotne kapacitete posode, ki jo določimo pri vaji *Merjenje toplotne kapacitete termovke* (str. 99).

Poročilo o delu

Masa in temperatura vode pred začetkom segrevanja:

$$m_v = \underline{\hspace{2cm}} \quad T_z = \underline{\hspace{2cm}}$$

Efektivna električna napetost in tok:

$$U_{ef} = \underline{\hspace{2cm}} \quad I_{ef} = \underline{\hspace{2cm}}$$

Čas segrevanja in končna temperatura:

$$\Delta t = \underline{\hspace{2cm}} \quad T_k = \underline{\hspace{2cm}}$$

Izračun:

$$c_v =$$

$$\Delta c_v = \left| 4200 \frac{\text{J}}{\text{kgK}} - \underline{\hspace{2cm}} \right| =$$

$$r_c = \frac{\Delta c_v}{4200 \frac{\text{J}}{\text{kgK}}} \cdot 100\% =$$



DEMONSTRACIJSKA VAJA: MERJENJE TOPLOTNE KAPACITETE TERMovKE



Toplotna kapaciteta C nam pove toploto, ki je potrebna, da se termovko segreje za 1 K:

$$C = \frac{\Delta Q}{\Delta T}$$

Izmerimo jo tako, da v termovko pri znani temperaturi T_t nalijemo znano maso vode m_v pri temperaturi T_v . Ko se temperatura ustali in nastopi termično ravnovesje, izmerimo končno temperaturo vode in termovke T_k . Energijski zakon za ta primer pravi, da je toplota, ki jo termovka odda, enaka toploti, ki jo voda prejme:

$$m_v c_v (T_k - T_v) = C_t (T_t - T_k)$$

Izmerimo temperaturo pripravljene termovke s toplo vodo T_t in odlijemo toplo vodo. Posodo hitro obrišemo in nato vanjo vlijemo znano maso m_v mrzle vode s temperaturo T_v . Ker termovka segreje hladno vodo, ji temperatura pade na T_k . Izrazimo iz druge enačbe toplotno kapaciteto C_t in jo izračunamo.

Temperatura posode pred meritvijo njene toplotne kapacitete: $T_t =$ _____

Masa in temperatura vode, preden vlijemo vodo v posodo:

$m_v =$ _____, $T_v =$ _____

Končna temperatura: $T_k =$ _____

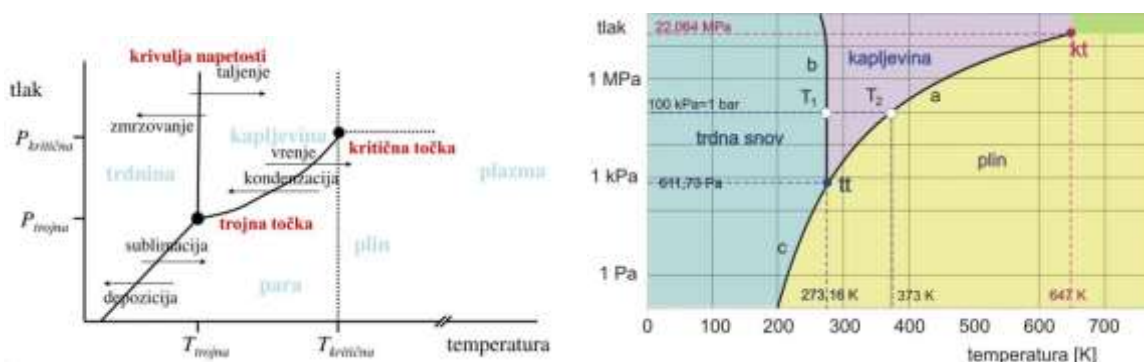
Izračuni:

8.5 AGREGATNA STANJA SNOVI, FAZNI PREHODI IN TOPLOTA

Poleg temperaturne spremembe snovi lahko nastopi pri segrevanju tudi sprememba agregatnega stanja – **fazni prehod**:

- **taljenje** – prehod iz trdnega v tekoče agregatno stanje, pri temperaturi **tališča**. Da stalimo določeno količino trdne snovi, je potrebno dovesti toploto: $Q = m q_t$
- **zmrzovanje** (strjevanje) – prehod iz tekočega v trdno agregatno stanje, pri temperaturi **tališča**. Da zmrznemo določeno količino tekočine, je potrebno odvesti toploto: $Q = m q_t$
- **izparevanje** (vrenje) – prehod iz tekočega v plinasto agregatno stanje, pri temperaturi **vrelišča**. Da izparimo določeno tekočo snov, je potrebno dovesti toploto: $Q = m q_i$
- **utekočinjanje** (kondenzacija) – prehod iz plinastega v tekoče agregatno stanje, pri temperaturi **vrelišča**. Da utekočinimo določeno količino pare, je potrebno odvesti toploto: $Q = m q_i$

Agregatna stanja snovi in fazni prehodi so odvisni od tlaka in temperature:



Tališče je temperatura, pri kateri se snov tali in strjuje—zmrzuje. Na to temperaturo vpliva tlak. Pri vodi se tališče dvigne pri nižjem tlaku, pri ostalih snoveh pa pri višjem tlaku.

Vrelišče je temperatura, pri kateri se snov izpareva—vre in kondenzira—utekočini. Na to temperaturo vpliva tlak. Vrelišče se dvigne pri višjem tlaku pri vseh snoveh.



Tališče se zniža z višjim tlakom.

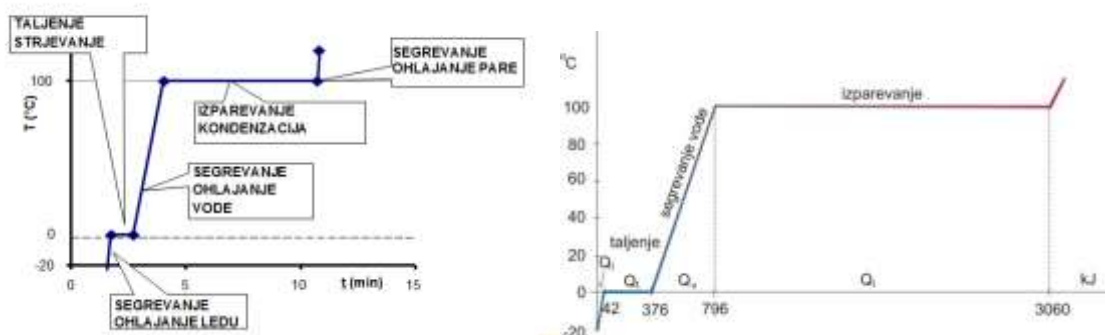


Voda vre pri nižji temperaturi (46,1 °C), če znižamo tlak.

Tališče znižamo z dodajanjem soli.

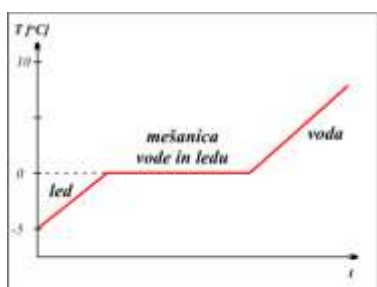


Spreminjanje temperature vode pri dovajanju ali odvajanju toplote:

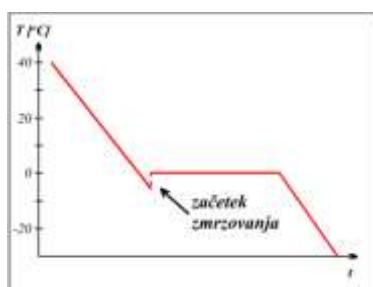


Meta stabilna stanja (podhlajena voda in para, pregreta voda):

Segrevanje ledu:



Ohlajanje vode:



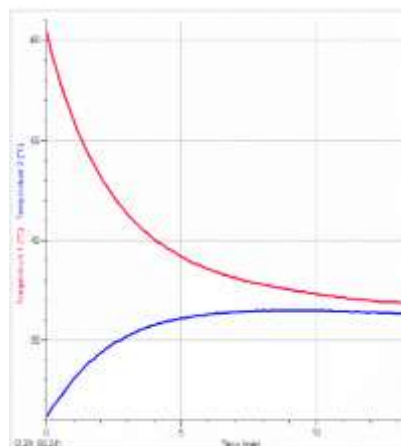
Podhlajena voda:



DEMONSTRACIJSKA VAJA: ZMESNA TEMPERATURA

V toplotni stik postavimo dve stekleni posodi z vodo z različnima začetnima temperaturama in opazujemo temperaturo vroče in hladne vode. Zaradi toplotnega stika med čašama se obe temperaturi približujeta zmesni temperaturi. Ta je odvisna tako od začetnih temperatur kot od mase opazovanih količin vode.

Iz grafa opazimo, da se temperatura sprva spreminja hitro, kasneje pa vedno počasneje (večja je temperaturna razlika med telesoma, večji je toplotni tok). Opazimo lahko tudi, da se hladna voda segreje do neke maksimalne vrednosti, nato pa se začne zopet ohlajati. Gre za vpliv okolice. Čaši namreč nista izolirani in na zmesno temperaturo vpliva tudi sobna temperatura.



Podatki: $V_H =$; $T_H =$
 $V_V =$; $T_V =$

Izračun zmesne temperature:

TOPLOTNI TOK IN PRENAŠANJE TOPLOTE

Toplotni tok nam pove, koliko toplote telo odda ali prejme v danem času

$$P = \frac{Q}{t} \qquad 1 \text{ W} = \frac{1 \text{ J}}{1 \text{ s}}$$



Toplota prehaja med telesi

1. s prevajanjem (s kondukcijo) med telesi, ki se dotikajo.

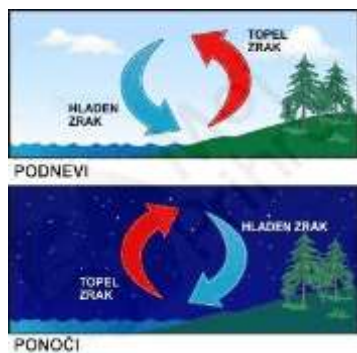
Različne snovi različno prevajajo toploto. Kovine so dobri prevodniki toplote. Les toploto slabše prevaja, stiropor je pa zelo slab prevodnik toplote in z njim oblagamo zgradbe ter tako preprečimo uhajanje toplote iz zgradbe v okolico.

Toplotno prevajanja snovi:

$$P = \frac{\lambda S \Delta T}{d}$$

2. z mešanjem (s konvekcijo) v tekočinah (kapljevinah in plinih). Del tekočine se segreje, nato pa se premakne po tekočini na drugo mesto, saj molekule tekočine niso trdno povezane. Stavbe oblagamo s stiroporom, da preprečimo prevajanje toplote na okolico, zelo pomembna pa so dobro zatesnjena okna, ki preprečujejo, da bi topel zrak uhajal iz stavbe, saj bi tako izgubljali toploto s konvekcijo.

Večina naprav za ogrevanje (radiatorjev in drugih) ogreva prostor s konvekcijo. Zrak nad grelcem se segreva, razteza in dviga skozi hladnejši zrak. Hladnejši zrak se spušča na mesto toplejšega, se tam segreje, raztegne in dvigne. In tako se proces ponavlja.



Vroča površina segreje zrak v neposredni bližini. Vroč zrak se dviga, nadomesti ga hladnejši zrak, ki priteče od spodaj. Ta proces imenujemo naravna konvekcija.

Vroča površina pa še hitreje oddaja toploto, če nad njo piha veter. Temu rečemo prisilna konvekcija.

Razmisli! S pomočjo konvekcije razloži zakaj se giblje zrak (pihlja vetrič) ob morski obali poleti: ponoči s kopnega proti morju in podnevi obratno od morja proti kopnemu.

3. s sevanjem (z radiacijo). Sonce oddaja tudi toploto, ki jo prestrezamo na Zemlji. Vesolje je brezračen prostor, vakuum, zato se toplota ne more prenašati s prevajanjem (potrebuje telesa, ki se dotikajo) ali konvekcijo (potrebuje tekočino). Temno obarvana telesa sevajo več kot svetlo obarvana. Poskus lahko izvedeš s temnimi in svetlimi oblačili tako, da se postaviš na sonce in opazuješ segrevanje svojega telesa.

Vročna telesa sevajo energijo v obliki elektromagnetnega valovanja z valovnimi dolžinami v območju **infrardečega sevanja**. Drugo telo, ki absorbira to sevanje, se segreje, zato tako sevanje imenujemo tudi **toplotno sevanje**. Čim višja je temperatura sevajočega telesa, tem več energije telo seva.

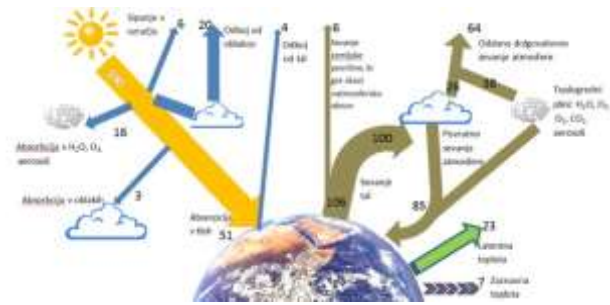
STEFANOV ZAKON

$$P = \sigma ST^4$$

Telo, ki ima višjo temperaturo kot okolica, več energije izseva kot absorbira, zato se ohlaja. Telo, ki ima nižjo temperaturo kot okolica, manj energije izseva kot

absorbira, zato se segreje. Razmisli in naštej nekaj primerov, ki ilustrirajo zgornje trditve!

Najbolje sevajo črna telesa, ki tudi najbolje absorbirajo vpadno sevanje. Videti so črna, ker absorbirajo vso svetlobo. Svetle in bleščeče površine sevajo slabo in tudi slabo absorbirajo, večino vpadnega sevanja odbijejo. Razmisli in naštej nekaj primerov, ki ilustrirajo zgornje trditve!



8.6 PONAVLJANJE IN UTRJEVANJE ZNANJA

VPRAŠANJA

1. Notranja energija in toplota

- Kaj je toplota, kakšna je njena oznaka in osnovna enota?
- Kvalitativna razlaga notranje energije.
- Zapiši enačbo za toploto pri ogrevanju in ohlajanju snovi in poimenuj nastopajoče količine!

2. Zapiši prvi zakon termodinamike

- Zapiši splošni energijski zakon in poimenuj nastopajoče količine!
- Kdaj je snov toplotno izolirana od okolice? Kako imenujemo posodo, v kateri je snov toplotno izolirana?

3. Specifična toplota in toplotna kapaciteta

- Kako je definirana in kaj nam pove specifična toplota in kakšna je njena enota?
- Kako je definirana in kaj nam pove toplotna kapaciteta in kakšna je njena enota?
- Kako izmerimo specifično toploto snovi?

4. Energijski zakon pri spremembah plina

- Kako uporabimo energijski zakon pri plinu s konstantnim tlakom?
- Kako uporabimo energijski zakon pri plinu s konstantnim volumnom?
- Kakšna je razlika med specifično toploto pri konstantnem tlaku in konstantnem volumnu?

5. Prehodi med agregatnimi stanji snovi.

- Kaj so fazni prehodi in katere poznamo? Kaj je zanje značilno?
- Kako je definirana temperatura vrelišča?
- Nariši in pojasni časovni potek temperature vode, ko jo segrevamo.
- Kako se razlikujeta izhlapevanje in izparevanje vode?

- Kako določimo vlažnost zraka?
- Nariši graf, ki prikazuje spreminjanje temperature pri ogrevanju v začetku trdne snovi in razloži, kaj se dogaja na posameznih delih!
- Kaj se dogaja s temperaturo med faznimi prehodi? Kako vpliva tlak na temperaturo faznega prehoda?
- Zapiši enačbo za toploto pri taljenju in poimenuj nastopajoče količine!
- Zapiši enačbo za toploto pri strjevanju in poimenuj nastopajoče količine!
- Zapiši enačbo za toploto pri izparevanju in poimenuj nastopajoče količine!
- Zapiši enačbo za toploto pri kondenzaciji in poimenuj nastopajoče količine!
- Kaj je talilna toplota?
- Kaj je izparilna toplota?
- Zapiši vrednost specifične toplote za vodo!
- Zapiši vrednost taline toplote za vodo!
- Zapiši vrednost izparilne toplote za vodo!
- Kako izračunamo dovedeno ali odvedeno toploto med faznimi prehodi?
- Kako sta definirani in kaj nam povesta talilna in izparilna toplota? Kakšna je njuna enota?

6. Načini prenosa toplote.

- Naštej načine prenosa toplote!
- Razloži prevajanje! Nariši skico, zapiši enačbo in jo razloži, poimenuj količine.
- Razloži sevanje! Nariši skico, zapiši enačbo in jo razloži, poimenuj količine.
- Razloži konvekcijo!
- Kako je definiran toplotni tok in kakšna je njegova enota?
- Od česa je odvisen toplotni tok pri prevajanju skozi snov?
- Kako je definirana toplotna prevodnost in kakšna je njena enota?
- Kakšna je razlika med toplotnimi prevodniki in izolatorji?
- Od česa je odvisen toplotni tok pri sevanju?
- Kako obrazložimo pojav tople grede?

NALOGE

8.6.1.) Imamo 10 kg kos železa, katerega specifična toplota je $0,24 \text{ Whkg}^{-1}\text{K}^{-1}$. Koliko toplote potrebujemo, da ga segrejemo za $10 \text{ }^{\circ}\text{C}$?

R: $Q = 24 \text{ Wh}$

8.6.2.) V dvolitrski steklenici je olje z gostoto $0,9 \text{ g/cm}^3$ in specifično toploto $0,6 \text{ Whkg}^{-1}\text{K}^{-1}$. Koliko toplote odda olje, če se ohladi za $20 \text{ }^{\circ}\text{C}$? Koliko toplote moramo dovesti olju, če ga želimo segreti z $20 \text{ }^{\circ}\text{C}$ na $120 \text{ }^{\circ}\text{C}$?

R: a) $Q = 21,6 \text{ Wh}$, b) $Q = 108 \text{ Wh}$

8.6.3.) En liter zelo vroče vode ($97\text{ }^{\circ}\text{C}$) zlijemo v lonec s 4 litri vode pri sobni temperaturi ($20\text{ }^{\circ}\text{C}$). Toplotne izgube zanemarimo. Kolikšna je temperatura mešanice?

$$\text{R: } T_m = 36\text{ }^{\circ}\text{C}$$

8.6.4.) Dva litra zelo vroče vode ($97\text{ }^{\circ}\text{C}$) zlijemo v lonec s 7 litri vode pri sobni temperaturi ($17\text{ }^{\circ}\text{C}$). Toplotne izgube zanemarimo. Kolikšna je temperatura mešanice?

$$\text{R: } T_m = 34\text{ }^{\circ}\text{C}$$

8.6.5.) V banji imamo 30 l vode pri $25\text{ }^{\circ}\text{C}$. Vanjo vlijemo vročo vodo s temperaturo $95\text{ }^{\circ}\text{C}$. Koliko litrov vode smo dolili, če je zmesna temperatura $67\text{ }^{\circ}\text{C}$?

$$\text{R: } V = 45\text{ l}$$

8.6.6.) V kalorimeter, ki vsebuje 200 g vode s temperaturo $20\text{ }^{\circ}\text{C}$, vržemo 1,5 kg kos kovine s temperaturo $260\text{ }^{\circ}\text{C}$. Po izenačitvi je temperatura $65\text{ }^{\circ}\text{C}$. Koliko je specifična toplota kovine?

$$\text{R: } c_k = 129\text{ J/kgK}$$

8.6.7.) V posodo z vodo, kjer je temperatura $30\text{ }^{\circ}\text{C}$, pade 4 kg kos svinca, ki je imel prej temperaturo $600\text{ }^{\circ}\text{C}$. Čez nekaj časa izmerimo temperaturo v posodi in dobimo $50\text{ }^{\circ}\text{C}$. Specifična toplota vode je $4,2\text{ kJkg}^{-1}\text{K}^{-1}$, specifična toplota svinca pa $130\text{ Jkg}^{-1}\text{K}^{-1}$. Koliko je v posodi vode? Izgube zanemarimo.

$$\text{R: } m = 3,4\text{ kg}$$

8.6.8.) V kalorimeter s 5,0 l vode pade kos svinca. Pred padcem je bila temperatura vode $20\text{ }^{\circ}\text{C}$, temperatura svinca pa $400\text{ }^{\circ}\text{C}$. Ko se temperatura v kalorimetru ustali, izmerimo $40\text{ }^{\circ}\text{C}$. Specifična toplota svinca je $130\text{ Jkg}^{-1}\text{K}^{-1}$. Kolikšna je masa svinca?

$$\text{R: } m = 9,0\text{ kg}$$

8.6.9.) Imamo 3 kg ledu pri temperaturi $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ v toplotno izolirani posodi. a) Koliko toplote moramo dovesti ledu, da ga segrejemo na $0\text{ }^{\circ}\text{C}$? Specifična toplota ledu je $0,6\text{ Whkg}^{-1}\text{K}^{-1}$. b) Koliko toplote potrebujemo, da ves led pri $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ stalimo? Talilna toplota ledu je 336 kJ/kg . c) Koliko toplote potrebujemo, da nastalo vodo segrejemo na $100\text{ }^{\circ}\text{C}$? č) Koliko toplote potrebujemo, da vso vodo pri $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ izparimo? Izparilna toplota vode je $2,26\text{ MJ/kg}$.

$$\text{R: a) } Q = 18\text{ Wh, b) } Q = 1,00\text{ MJ, c) } Q = 1,26\text{ MJ, č) } 6,78\text{ MJ}$$

8.6.10.) V toplotno izolirani posodi imamo 5 kg ledu pri temperaturi $0\text{ }^{\circ}\text{C}$. a) Koliko toplote potrebujemo, da ves led stalimo? b) Koliko toplote potrebujemo, da nastalo vodo zavremo? c) Koliko toplote potrebujemo, da vrelo vodo izparimo?

$$\text{R: a) } Q = 1,68\text{ MJ, b) } Q = 2,1\text{ MJ, c) } Q = 11,3\text{ MJ}$$

8.6.11.) V toplotno izolirani posodi imamo 4 kg nasičene pare pri $100\text{ }^{\circ}\text{C}$. Koliko toplote odda para, ko vsa zmrzne? ($q_t = 336\text{ kJ/kg}$, $q_i = 2,26\text{ MJ/kg}$)

$$\text{R: } Q = 12\text{ MJ}$$

8.6.12.) V posodi imamo 5,0 l vode in 3,0 kg ledu. Specifična talilna toplota ledu je 336 kJ/kg in specifična izparilna toplota vode 2,26 MJ/kg. Koliko toplote je potrebno, da iz te posode izparijo 3,0 l vode ?

$$R: Q = 11,2 \text{ MJ}$$

8.6.13.) V sobi je temperatura 20 °C, zunaj hiše pa –10 °C. Toplotna prevodnost stekla je $0,80 \text{ W m}^{-1} \text{ K}^{-1}$. Kolikšen je tok skozi okno z enim samim steklom površine 2,5 m² in debeline 5,0 cm?

$$R: P = 1200 \text{ W}$$

8.6.14.) V sobi je temperatura 18 °C, zunaj hiše pa 4 °C. Toplotna prevodnost stekla je $0,80 \text{ W m}^{-1} \text{ K}^{-1}$. Kolikšen je toplotni tok skozi okno z enim samim steklom, ki meri 200 cm × 200 cm × 7,0 cm?

$$R: P = 640 \text{ W}$$

8.6.15.) Hladilna skrinja, visoka 1,0 m, široka 1,0 m in dolga 2,0 m, ima 5,0 cm debele stene s toplotno prevodnostjo $0,02 \text{ W m}^{-1} \text{ K}^{-1}$. Temperatura v skrinji je 0 °C, zunaj nje je 25 °C. Kolikšen je toplotni tok skozi stene skrinje?

$$R: P = 100 \text{ W}$$

8.6.16.) Stene stanovanja, ki mejijo na ulico, merijo 60 m² in so debele 60 cm. Toplotna prevodnost stene je $0,80 \text{ W/mK}$. Kolikšen je toplotni tok iz sobe, če je zunanja temperatura –25 °C, notranja pa 20 °C? Koliko toplote odteče iz sobe v 5 urah?

$$R: P = 3,6 \text{ kW}, Q = 18 \text{ kWh}$$

8.6.17.) Zunanja stena sobe ima dimenzije 15 m × 3,5 m in debelino 35 cm. Toplotna prevodnost stene je $0,60 \text{ W m}^{-1} \text{ K}^{-1}$. Kolikšen je toplotni tok iz sobe, če je zunanja temperatura –25 °C, notranja 20 °C? Koliko toplote odteče iz sobe v 300 minutah?

$$R: P = 4,0 \text{ kW}, Q = 20 \text{ kWh}$$

8.6.18.) Okno v steni sobe ima dimenzije 3,0 m × 2,0 m in debelino 20 cm. Toplotna prevodnost okna je $0,90 \text{ W m}^{-1} \text{ K}^{-1}$. Kolikšen je toplotni tok skozi okno, če je zunanja temperatura –15 °C, notranja 22 °C? Koliko toplote odteče skozi okno v 7 urah?

$$R: P = 1,0 \text{ kW}, Q = 7,0 \text{ kWh}$$

8.6.19.) Posoda, v kateri mora biti stalna temperatura 80 °C, ima površino sten 20 m². Debelina stene je 12 cm. Okrog posode je zrak s temperaturo 20 °C. Toplotni tok skozi stene posode je 7,2 kW. Kolikšna je toplotna prevodnost snovi, iz katere je posoda?

$$R: \lambda = 0,72 \text{ W/mK}$$

8.6.20.) Vrelišče vode je pri normalnem tlaku 100 °C. Kaj moramo storiti, da bo voda vrela pri 120 °C? [C]

- A. Vodo moramo pri stalnem tlaku močno mešati.
- C. Tlak moramo povečati.

- B. Uporabiti moramo destilirano vodo.
- D. Tlak moramo zmanjšati.

8.6.21.) V mrzlem večeru pritečete od zunaj v sobo in očala se vam zarosijo. Zakaj? Izberite najustreznejši odgovor. [B]

- | | |
|---|--|
| A. Ker ima zrak v sobi višjo temperaturo. | B. Ker se topel zrak ob mrzlem steklu ohladi in se vlaga izloči. |
| C. Ker si upehan in hitro dihaš. | D. Ker topel zrak ne more vsebovati toliko vlage kot mrzel. |

8.6.22.) Pri normalnem tlaku se led tali pri temperaturi $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ in voda vre pri temperaturi $100\text{ }^{\circ}\text{C}$. Če tlak povečamo, velja da se: [B]

- | | |
|---|--|
| A. temperatura tališča in vrelišča poveča. | B. temperatura tališča zniža in vrelišča poveča. |
| C. temperatura tališča se ne spremeni in vrelišča poveča. | D. temperatura tališča poveča in vrelišča zniža. |

8.6.23.) Pri normalnem tlaku voda vre pri $100\text{ }^{\circ}\text{C}$. Če tlak povečamo, potem za vrelišče velja, da se [A]

- | | |
|-------------------|--|
| A. je zvišalo. | B. je znižalo. |
| C. ni spremenilo. | D. je najprej znižalo in nato zvišalo. |

8.6.24.) Pri normalnem tlaku se led tali pri $0\text{ }^{\circ}\text{C}$. Če tlak povečamo, potem za tališče velja, da se je [B]

- | | |
|-------------------|-------------------------------------|
| A. zvišalo. | B. znižalo. |
| C. ni spremenilo. | D. najprej znižalo in nato zvišalo. |

8.6.25.) Zakaj je hrana v ekonom loncu kuhana prej kot v loncu, ki je pokrit z običajno pokrovko? [A]

- | | |
|--|--|
| A. Ker je pri višjem tlaku višje vrelišče in zato kemične reakcije hitreje potekajo. | B. Ker je pri nižjem tlaku višje vrelišče in zato kemične reakcije hitreje potekajo. |
| C. Ker je pri višjem tlaku nižje vrelišče in zato kemične reakcije hitreje potekajo. | D. Ker je pri nižjem tlaku nižje vrelišče in zato kemične reakcije hitreje potekajo. |

8.6.26.) Puščavski popotniki nosijo vodo v mehovih iz živalskih kož, saj se v plastičnih posodah voda bolj segreje. Zakaj? [A]

- | | |
|--|--|
| A. Ker voda pronica skozi kožo in izhlapeva, jemlje energijo mehu in ga hladi. | B. Ker voda v mehu prejme manj toplote kot v plastični posodi. |
| C. Ker se plastična posoda bolj razteza kot meh. | D. Ker je plastična posoda svetlejša, meh pa temnejši. |

8.6.27.) Učenec oddaja med poslušanjem učitelja povprečno 150 W toplotnega toka. Koliko toplote odda 30 učencev v šolski uri, ki traja 45 minut? [D]

- | | |
|------------------------------|------------------------------|
| A. $1,2 \cdot 10^4\text{ J}$ | B. $1,2 \cdot 15^4\text{ J}$ |
| C. $1,2 \cdot 10^6\text{ J}$ | D. $1,2 \cdot 10^7\text{ J}$ |

8.6.28.) Med testom učenec oddaja povprečno 200 W toplotnega toka. Za koliko stopinj bi se med eno uro trajajočim testom segrela učilnica s 400 kg zraka s $c_p = 1000\text{ Jkg}^{-1}\text{K}^{-1}$, če piše test 20 učencev in bi se vsa oddana toplota porabila za segrevanje zraka? [C]

- | | |
|-----------------------------------|----------------------------------|
| A. $0,36\text{ }^{\circ}\text{C}$ | B. $3,6\text{ }^{\circ}\text{C}$ |
| C. $36\text{ }^{\circ}\text{C}$ | D. $72\text{ }^{\circ}\text{C}$ |

8.6.29.) Absolutna temperatura črnega telesa se poveča za 100 %. Koliko se poveča izsevana moč telesa? [C]

- A. 2-krat
- B. 4-krat
- C. 8-krat
- D. 16-krat

8.6.30.) Telo seva energijski tok P . Absolutno temperaturo telesa podvojimo. Kolikokrat večji je sedaj energijski tok, ki ga telo oddaja s sevanjem? [C]

- A. dvakrat
- B. štirikrat
- C. osemkrat
- D. šestnajstkrat

8.6.31.) Absolutna temperatura črnega telesa se poveča za 200 %. Kolikokrat se poveča izsevani toplotni tok? [D]

- A. 4-krat
- B. 16-krat
- C. 9-krat
- D. 81-krat

9 ELEKTRIČNI NABOJ IN ELEKTRIČNO POLJE

Kaj se bomo naučili:

- ✓ pojasniti, kako naelektrimo telesa ter kakšne so lastnosti naelektrenih teles,
- ✓ ločiti med prevodniki in izolatorji,
- ✓ pojasniti delovanje elektroškopa,
- ✓ zapisati Coulombov zakon,
- ✓ uporabiti Coulombov zakon pri računanju sil med dvema točkastima nabojema,
- ✓ definirati jakost električnega polja in z električnimi silnicami ponazoriti električno polje točkastega naboja, električnega dipola in ploščatega kondenzatorja,
- ✓ uporabiti elektronvolt kot enoto za energijo,
- ✓ definirati kapaciteto kondenzatorja in uporabiti definicijo v računskih primerih,
- ✓ pojasniti z mikroskopskega stališča pojav influence v kovinah in Faradayevo kletko.

Minimalni standard. Dijak ...

- ✓ pojasni naelektritev teles in odnose med naelektrenimi telesi,
- ✓ zapiše Coulombov zakon in zakon o ohranitvi električnega naboja,
- ✓ definira jakost električnega polja,
- ✓ navede enoto za električno napetost.

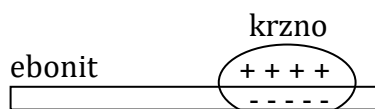
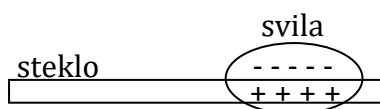
9.1 NABOJ IN NAELEKTRITVE

Naboj je lastnost/stanje snovi, ki povzroči vrsto pojavov, ki jih imenujemo električni pojavi. Vsi smo že videli, kako se naelektrijo suhi lasje ob česanju s plastičnim glavnikom ali ko si čez glavo potegnemo sintetični pulover.

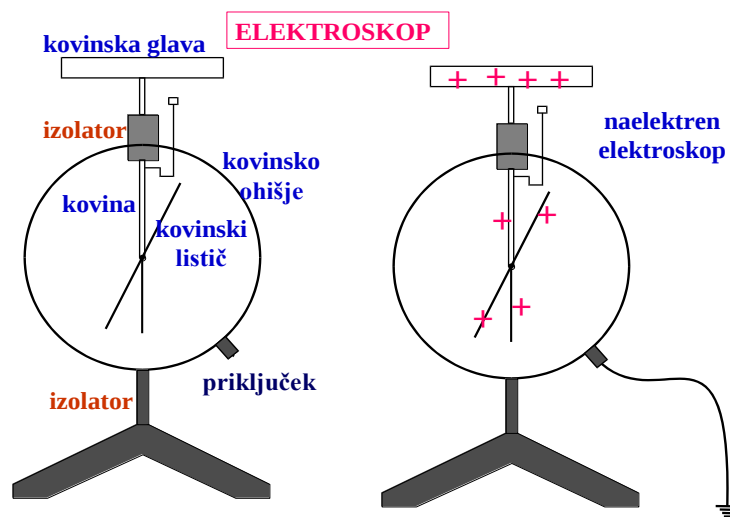
Ti pojavi dokazujejo, da se telesa ob drgnjenju naelektrijo (dobijo naboj) in da **med nabitimi (naelektrenimi) telesi** delujejo **električne sile**.

Če imata telesi enako predznačen naboj, se odbijata, če pa sta naboja na telesih različna, se privlačita.

Telo naelektrimo z drgnjenjem, če mu približamo naelektreno telo (z influenco—prevodniki, s polarizacijo—izolatorji) ali če se ga dotaknemo z naelektrenim telesom (s prenosom naboja).



Naelektritev telesa meri elektroskop.



Z naboji ste se srečali prvič, ko ste razlagali zgradbo atoma: okoli pozitivno nabitega jedra (protoni) se nahaja oblak negativno nabitih elektronov.

V naravi obstajajo pozitivni in negativni naboji. Pozitivni naboj imajo protoni in pozitivni ioni (kationi), negativnega pa elektroni in negativni ioni (anioni).

Naboj označujemo s črko **e**, njegova enota je **1 C (Coulomb)** preberemo **kulón**) ali **1 As** (ampersekunda).

Najmanjši nabiti (električni) delec je elektron. Njegov naboj predstavlja **osnovni naboj** in ga označimo z e_0 .

$$e_0 = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{As}$$

Naboj je kvantiziran. To pomeni, da je njegova vrednost lahko le celoštevilčni večkratnik osnovnega naboja.

$$e = Ze_0$$

Pozitivno naelektreno telo je elektrone oddalo, zato ima presežek pozitivnega naboja.

Negativno naelektreno telo je elektrone sprejelo, zato ima presežek negativnega naboja.

“Nevtralno” telo ima enako število pozitivnih in negativnih nabojev.

Prevodniki in izolatorji

Naboji se v prevodnikih lahko skoraj prosto gibljejo. Sem sodijo kovine (baker, aluminij, železo) in raztopine elektrolitov (npr. slana voda). V kovini so pozitivni ioni (oscilirajo na mestu), ki jo obdaja morje prostih elektronov. Električni tok je usmerjeno gibanje nabitih delcev. V kovinah se gibljejo elektroni, v raztopinah elektrolitov pa se gibljejo tako pozitivni kot negativni delci.

Naboji so v izolatorjih vezani in se ne morejo prosto premikati po snovi (npr.: les, guma, svila, steklo).

Statična elektrika v praksi

Elektrostatični pojavi se uporabljajo pri fotokopirnih strojih, bralnikih prstnih odtisov, elektrostatičnih filtrih, barvanju s pršilkami in tudi preprečevanju požarov.

Poskusi in opazuj

1. Plastično žlico, svinčnik, glavnik, steklenico in steklen kozarec podrgni ob volneno ali poliestrsko oblačilo in ga nato približaj drobnim koščkom časopisnega papirja in tankemu curku vode iz pipe, ki se ga ne smeš dotakniti.
2. Podrgni napihnjen balon ob volneno ali poliestrsko oblačilo in ga nato pritisni ob steno ali strop.
3. Na krožniku iz keramike zmešaj debelo sol in mleti poper. Plastično žlico podrgni ob volneno ali poliestrsko oblačilo in jo približaj mešanici na krožniku.
4. Na krožnik iz keramike in krožnik iz kovine posuj drobno sol. Plastično žlico podrgni ob volneno ali poliestrsko oblačilo in jo približaj kovinskemu krožniku in enako ponovi pri keramičnem.
5. V temi sleci sintetično oblačilo.

Pojasni

Zakaj plastična žlica, svinčnik, glavnik, steklenic in steklen kozarec privlači koščke papirja in vodni curek? Zakaj se naelektreni balon prilepi na steno? Zakaj se loči sol od popra?

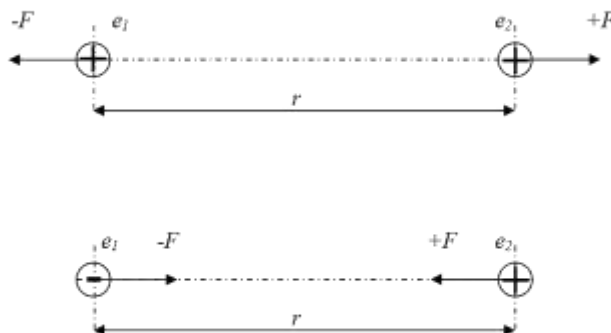
Zakaj sol močno poskakuje na kovinskem in slabše na keramičnem krožniku? Kaj slišiš in vidiš pri slačenju sintetičnega oblačila? Zakaj se na gramofonski plošči in TV ekranu nabira prah?

Ali je naše ozračje naelektreno v jasnem in nevihtnem vremenu? Kako se naelektrijo nevihtni oblaki, drevo in stavbe? Kdaj in kako udari strela? Kako deluje strelovod? Ali je človeško telo prevodnik ali izolator? Kdaj je lahko dežnik nevaren?

Coulombov zakon

Delca z enakim nabojem se odbijata, delca z različnima nabojema pa se privlačita.

Za okrogla naelektrena telesa velja, da je sila med njima premo sorazmerna z velikostjo obeh nabojev in obratno sorazmerna s kvadratom oddaljenosti med telesoma. Te ugotovitve podaja Coulombov zakon:



$$F = \frac{e_1 e_2}{4\pi\epsilon_0 r^2}$$

Vrednosti e_1 in e_2 sta velikosti nabojev, r je razdalja med nabojema, ϵ_0 pa influenčna konstanta.

$$\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12} \frac{C^2}{Nm^2}$$

9.2 ELEKTRIČNO POLJE

Definicija jakosti električnega polja

Kako drugi električni delec sploh čuti silo prvega električnega delca? Posebno, kadar je nabitih delcev več, rečemo, da se vsak delec obda z električnim poljem. Drugi delec ne čuti prisotnosti prvega delca direktno, ampak zaradi prisotnosti električnega polja. V tem smislu električno polje deluje kot "vmesnik" med obema nabitima delcema.

Električno polje je lastnost prostora, da v njem deluje na naelektrene delce električna sila. Namesto da govorimo o električni sili, s katero okoliški naboji delujejo na izbrani naboj, raje rečemo, da okoliški naboji povzročajo električno polje, to pa nato deluje na izbrani naboj z električno silo.

Električni naboji spremenijo lastnosti prostora. Prostor zaradi njih postane električno polje. Če v ta prostor postavimo električni naboj, deluje nanj električna sila.

Električno polje je prostor, v katerem deluje električna sila na električni naboj. Določeno je z jakostjo električnega polja.

Jakost električnega polja

Kako močno je električno polje v dani točki, ugotovimo tako, da tja položimo **testni naboj** e in izmerimo **električno silo** F , s katero polje deluje nanj. Ta je premo sorazmerna z velikostjo naboja:

$$F = eE$$

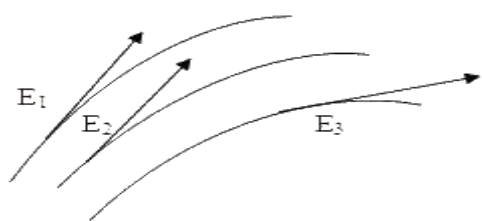
Sorazmernostni faktor med električno silo F in nabojem e je **jakost električnega polja** E . Z njo izrazimo, kako močno je v dani točki električno polje.

$$E = \frac{F}{e}$$

Jakost električnega polja pove **električno silo** na **enoto pozitivnega naboja**; njena merska enota je kvocient enote sile in enote naboja:

$$1 \frac{\text{N}}{\text{C}} = 1 \frac{\text{N}}{\text{As}}$$

Jakost električnega polja je vektor, ki ima smer električne sile na pozitivni naboj.



Električno polje grafično ponazorimo s silnicami. **Silnica** je **črta**, katere tangente imajo smer jakosti električnega polja.

Silnice izvirajo iz pozitivnih nabojev in ponikujejo v negativnih. Narišemo toliko silnic, kolikor je potrebno za ponazoritev polja. Kolikor silnic izvira iz pozitivnih nabojev, toliko jih v negativnih ponikuje. Število silnic, ki izhajajo iz naboja, je sorazmerno z velikostjo naboja.

Smer električnega polja je tangenta na narisane silnice. Število silnic na izbranem mestu je merilo za jakost električnega polja: gostejše kot so silnice, močnejše je električno polje. Silnice se nikoli ne sekajo!

Vrste električnih polj

Glede na obliko silnic električnega polja ločimo

- homogeno električno polje,
- nehomogeno električno polje.

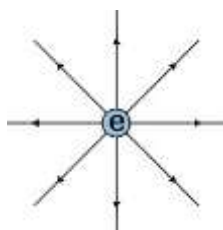
Homogeno električno polje prepoznamo po ravnih in vzporednih silnicah električnega polja, ki so vse enako oddaljene druga od druge (enakomerno goste). V homogenem električnem polju je jakost električnega polja v vseh točkah enaka po smeri in po velikosti.

Kadar pa silnice niso vzporedne, niso enako oddaljene druga od druge ali so ukrivljene, je električno polje **nehomogeno**. V nehomogenem električnem polju je jakost električnega polja v vsaki točki drugačna (različno velika in/ali različno usmerjena).

PRIMERI ELEKTRIČNIH POLJ

Točkast naboj

Električno polje v okolici točkastega naboja je radialno simetrično, silnice so ravni žarki. Silnice iz **pozitivno** nabitega delca **izvirajo** (usmerjene so navzven - Slika 1) in v negativnem **naelektrenem** delcu **ponikujejo** (usmerjene so navznoter - Slika 2).



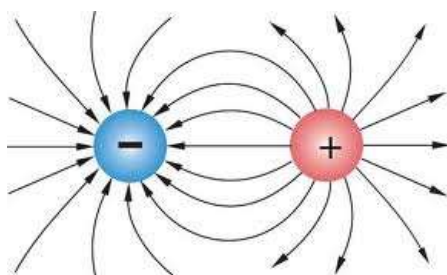
Slika 1



Slika 2

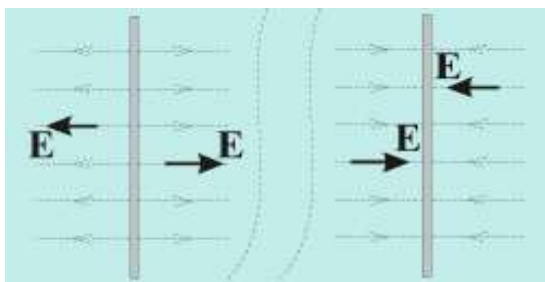
Električni dipol

Kadar sta dva naelektrena naboja blizu drug drugega, se njuni električni polji med seboj seštevata (podobno kot sile). Silnice v tem primeru niso ravne črte in električno polje ni homogeno.



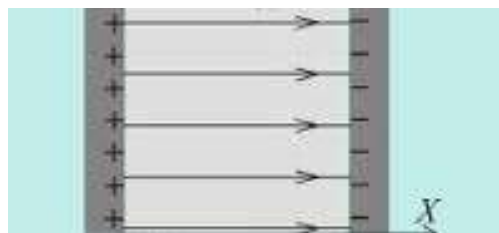
Slika 3

Naelektrena plošča



Okoli dolge naelektrene plošče se ustvari električno polje iz ravnih in vzporednih silnic. Leva plošča je naelektrena pozitivno (silnice izvirajo), desna pa negativno (silnice ponikujejo).

Kondenzator



Kondenzator je električni element, ki ga sestavljata dve ravni plošči. Ena od plošč se naelektri s pozitivnim, druga pa z negativnim nabojem. Znotraj plošč se vzpostavi električno polje, zunaj plošč pa električnega polja ni.

SNOV V ELEKTRIČNEM POLJU

Prevodniki

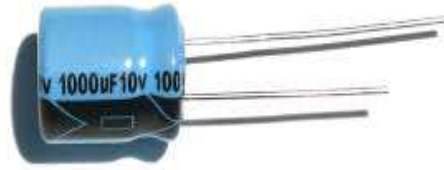
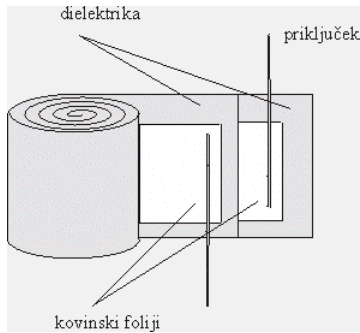
V prevodniku so električni naboji prosto gibljivi. Ko damo prevodno snov v električno polje, na naboje v njej deluje električna sila. Ta je za vsak predznak nasprotno usmerjena. Ker so naboji prosto gibljivi, se gibljejo in nabirajo na površini snovi, vsak predznak na svoji strani. S tem ustvarjajo zunanjemu polju nasprotno notranje polje. Naboji se na površini nabirajo toliko časa, da ustvarijo notranje električno polje, ki povsem izniči zunanjega in znotraj prevodne snovi tako ni električnega polja.

Dielektriki

V izolatorjih so naboji vezani na gradnike (atome oziroma molekule), ki so bolj ali manj polarni. Dokler je izolator zunaj električnega polja, so gradniki neurejeno razmetani po smereh, ko pa ga damo v električno polje, jih električna sila zasuče tako, da so s silnicami vzporedni in vsi obrnjeni z istim polom na isto stran. To povzroči, da se nasprotni površini izolatorja nasprotno naelektrita. S tem nastane zunanjemu nasprotno usmerjeno notranje električno polje, ki ga bolj ali manj oslabi (ne more pa ga povsem izničiti).

KONDENZATOR

Kondenzator je naprava (pasivni električni element), ki lahko sprejme, shranjuje in oddaja naboj in električno potencialno energijo. Sestavljen je iz dveh kovinskih plošč (folij), ki sta ločeni z izolatorjem (na primer zrak, papir, kovinski oksid, keramika). Lahko je različne oblike (ploščat, valjni, krogelni, ...).



Na kovinski plošči nanesemo enako velik, ampak nasprotno predznačeni naboj, tako da kondenzator priklopimo na baterijo. V bistvu baterija prenese naboj iz ene plošče kondenzatorja na drugo.

Ko baterijo odklopimo, naboji na ploščah kondenzatorja ostanejo nespremenjeni. Med različno nabitimi naboji se pojavi električno polje in posledično tudi potencialna razlika – napetost U .

Količina naboja, ki je shranjena v kondenzatorju, je sorazmerna z napetostjo med ploščama

$$e = CU$$

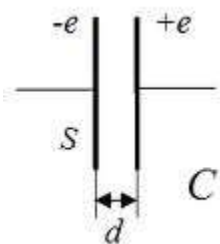
kjer je sorazmernostna konstanta **C kapaciteta kondenzatorja** in meri zmožnost kondenzatorja, da shrani naboj.

Če kapaciteto C izrazimo iz zgornje enačbe, dobimo **$C = e/U$** , in vidimo, da kapaciteta kondenzatorja pove, koliko naboja lahko shrani kondenzator pri napetosti med ploščama kondenzatorja 1V.

Osnovna enota za kapaciteto kondenzatorja je **farad (F)**. $1 \text{ F} = 1 \text{ As/V}$. To je zelo velika enota. Običajno se uporablja manjše enote: $\mu\text{F} = 10^{-6} \text{ F}$, $\text{nF} = 10^{-9} \text{ F}$, $\text{pF} = 10^{-12} \text{ F}$.

Kapaciteta ploščatega kondenzatorja C je odvisna od njegove zgradbe. Pomembno je, kolikšna je površina plošč S , kako daleč druga od druge so te plošče d ter kaj je med ploščama ϵ . Kapaciteta se poveča, če povečamo površino plošč (premo sorazmerje) in zmanjšamo razmak med ploščama (obratno sorazmerje).

$$C = \epsilon \epsilon_0 \frac{S}{d}$$



10 ELEKTRIČNI TOK

Kaj se bomo naučili:

- ✓ opisati učinke električnega toka,
- ✓ zapisati zvezo med električnim nabojem in električnim tokom ter navesti osnovni naboj,
- ✓ zapisati Ohmov zakon in definirati upor,
- ✓ izračunati nadomestni upor zaporedno ali vzporedno vezanih električnih upornikov,
- ✓ pojasniti vezavo ampermetra in voltmetra v električnem krogu,
- ✓ zapisati enačbe za električno delo in moč enosmernega in izmeničnega toka in jih uporabiti v primerih enega napetostnega izvira in enega porabnika.

Minimalni standard. Dijak ...

- ✓ električni tok in našteje nekaj primerov,
- ✓ pojasni toplotni učinek električnega toka in navede primere uporabe,
- ✓ zapiše zvezo med električnim nabojem in tokom (definicija jakosti električnega toka),
- ✓ navede enoto za električni tok,
- ✓ razlikuje med enosmernim in izmeničnim električnim tokom,
- ✓ sestavi enostavni električni krog (sestavljen iz enega vira in enega porabnika) in pojasni vlogo posameznih elementov,
- ✓ pozna Ohmov zakon,
- ✓ našteje glavne značilnosti vzporedne in zaporedne vezave upornikov,
- ✓ izračuna porabo električne energije in oceni mesečne stroške.

Električni tok je usmerjeno gibanje električnih delcev. Splošno je gibanje delcev v snovi neurejeno—termično in takšno gibanje nabojev ne predstavlja električnega toka. Gibanje nabojev v snovi postane usmerjeno, ko snov priključimo na vir napetosti.

ZVEZA MED ELEKTRIČNIM NABOJEM IN ELEKTRIČNIM TOKOM:

Definicija električnega toka

- z enačbo: $I = \frac{\Delta e}{\Delta t} = \frac{Ne_0}{\Delta t}$, kjer je e_0 osnovni električni naboj ($e_0 = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{As}$),
- z besedami: Električni tok je enak količini električnega naboja, ki se pretoči skozi izbran presek v časovni enoti.

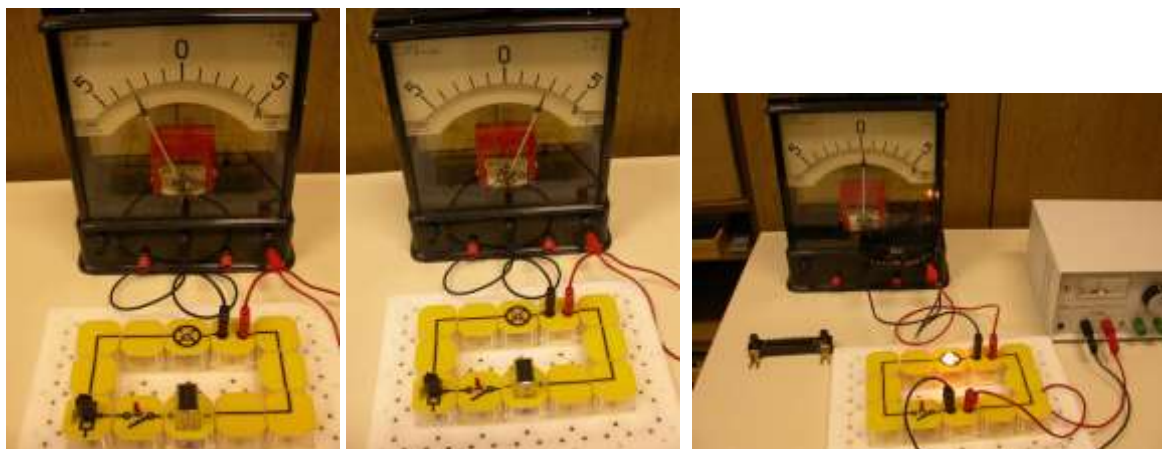
Osnovna enota za električni tok je **amper**, označimo pa jo z veliko tiskano črko **A**.

SMER ELEKTRIČNEGA TOKA IN POGOJI, DA ELEKTRIČNI TOK TEČE:

Električni tok je usmerjeno gibanje električnih delcev (v splošnem obeh predznakov) od enega napetostnega potenciala k drugemu. Enako kot voda, ki teče iz višje ležeče posode v nižje ležečo, **teče električni tok od pozitivnega potenciala k negativnemu oz. od pozitivnega k negativnemu priključku vira napetosti**. Ker električna sila deluje na negativne naboje v nasprotni smeri kot na pozitivne, teče tok pozitivnih delcev v eno smer, tok negativnih pa v nasprotno. K električnemu toku pa prispevata naboja obeh predznakov. Dogovorili so se, da ima električni tok smer gibanja pozitivnih nabojev. To je sicer v

nasprotju z gibanjem elektronov (ki se gibljejo od negativnega pola k pozitivnemu in s tem v nasprotni smeri, kot teče tok), ampak takšen je dogovor v fiziki.

Električni tok lahko teče samo po **zaključeni** prevodni poti, ki jo imenujemo **tokokrog**. Če tokokrog prekinemo, tok ne teče več. Električni tok teče samo, če je v zaključenem tokokrogu **prisoten vir napetosti**.



UČINKI ELEKTRIČNEGA TOKA:

Električni tok ima naslednje učinke, ki jih lahko izkoriščamo v praktične namene:

- **toplotne in svetlobne** (električni grelniki, svetila),
- **magnetne** (elektromotorji) in
- **kemične** učinke (elektroliza).

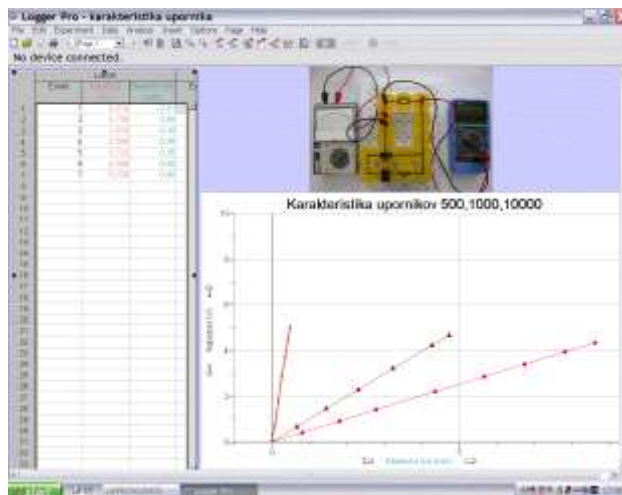


OHMOV ZAKON IN ELEKTRIČNI UPOR

Za nekatere električne elemente (ki jih imenujemo tudi upori ali uporniki) velja **Ohmov zakon**, ki pravi, da je pri stalni temperaturi **tok skozenj premo sorazmeren z napetostjo** med njhovima priključkoma.

$$\text{Ohmov zakon: } U = R I$$

R – upor; U – napetost; I – tok



Razmerje med napetostjo na prevodniku in tokom skozenj imenujemo upor. Če za nek prevodnik velja Ohmov zakon, je razmerje vedno enako.

Upor upornika izračunamo tako, tako da napetost med njegovima krajiščema delimo s tokom, ki teče skozenj ($R = U/I$).

Na splošno izračunamo upor električnega elementa iz grafa, ki se imenuje karakteristika. Karakteristika upornika je premica in njena strmina predstavlja upor. Izračunamo jo tako, da si na grafu izberemo dve poljubni točki in uporabimo enačbo:

$$R = \Delta U / \Delta I = (U_2 - U_1) / (I_2 - I_1).$$

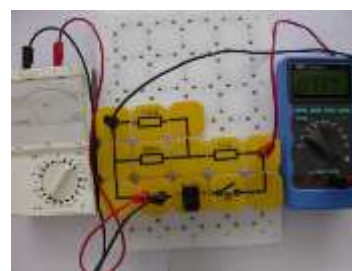
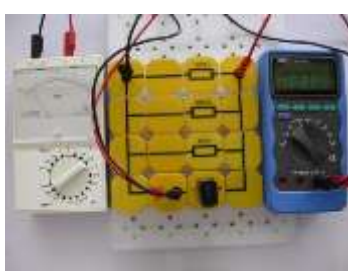
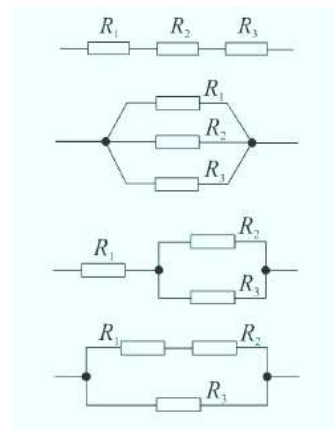
Enota za upor je Ohm (Ω). Prevodnik ima upor 1 ohm, če napetost 1 volt na njegovih sponkah povzroči, da skozenj teče tok 1 amper.

VEZAVE UPORNIKOV

Elemente tokokroga lahko vežemo na različne načine: zaporedno, vzporedno in mešano. Kolikšen tok ter kakšna napetost bo na posameznem elementu, določimo s pomočjo dveh Kirchhoffovih zakonov in že poznane Ohmovega zakona.

Prvi Kirchhoffov zakon: Vsota tokov, ki pritekajo v neko vozlišče v električnem krogu, je enaka vsoti tokov, ki iz tega vozlišča odteka.

Drugi Kirchhoffov zakon: V sklenjeni tokovni zanki je vsota padcev napetosti na vseh elementih v zanki enaka vsoti napetosti na vseh izvirih napetosti, ki nastopajo v zanki.



Pri **zaporedni vezavi** teče skozi vse elemente isti tok ($I_1 = I_2 = I_3 = I$), napetost vira pa se razdeli med posamezne elemente ($U_1 + U_2 + U_3 = U$). Napetost se med upore razdeli v razmerju njihovih upornosti (večji upor – večja napetost: $U_1/U_2 = R_1/R_2$). Nadomestna upornost: $R = R_1 + R_2 + R_3$. Slabost take vezave je, da en pokvarjen element prekine tokokrog.

Vzporedna vezava pomeni, da ima tok na razpolago več poti. Zato se celoten tok razdeli in teče po vseh vejah istočasno. Napetost na posameznem elementu je enaka napetosti vira ($U_1 = U_2 = U_3 = U$). Celoten tok (tok skozi vir) je enak vsoti tokov skozi posamezne elemente ($I_1 + I_2 + I_3 = I$). Tok se med upore razdeli v obratnem razmerju njihovih upornosti (večji upor – manjši tok: $I_1/I_2 = R_2/R_1$). Nadomestna upornost: $R = (1/R_1 + 1/R_2 + 1/R_3)^{-1}$. Če se pokvari eden od elementov, bo tok skozi ostale še vedno tekkel.

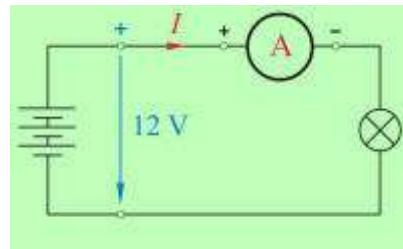
Mešana vezava pomeni, da elemente vežemo vzporedno in zaporedno.

VEZAVA AMPERMETRA

Električni tok merimo z **ampermetrom**. Če želimo električni tok izmeriti, ga moramo speljati **skozi** A-meter. V ta namen električni tokokrog najprej razklenemo in ga z vključitvijo A-metra v razklenjeni del spet sklenemo.

Ampermeter **vključimo** v električni tokokrog **zaporedno** s porabnikom in izvorom napetosti.

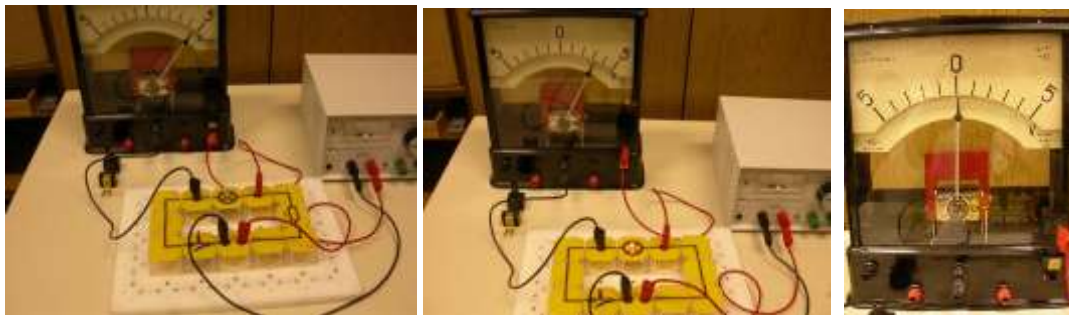
Upor ampermetra mora biti čim manjši. Ko v tokokrog dodamo ampermeter, se poveča skupni upor tokokroga in je tako tok manjši, kot če ampermetra v tokokrogu ne bi bilo.



AMPERMETER

FUNKCIJA	MERILNIK ELEKTRIČNEGA TOKA
SIMBOL	
VEZAVA	ZAPOREDNO Z MERJENCEM:
NOTRANJI UPOR R_A	IDEALNO: $R_A = 0$, REALNO: ČIM MANJ (nekaj Ω)
MERILNO OBMOČJE	I_0 – NAJVEČJA DOVOLJENA VREDNOST MERJENEGA TOKA

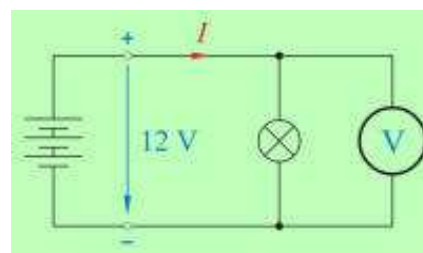
VEZAVA VOLTMETRA



Električno napetost merimo z **voltmetrom**. Električno napetost merimo tako, da sponki V-metra priključimo na sponki, med katerima želimo ugotoviti razliko električnih potencialov oziroma napetost.

Voltmeter priključimo **vzporedno** na izvor napetosti ali porabnik v električnem tokokrogu.

Upor voltmetra mora biti čim večji. Ko v tokokrog dodamo voltmeter, zmanjšamo upor tokokroga in skozenj steče večji tok, kot če voltmetra v tokokrogu ne bi bilo.



VOLTMETER

FUNKCIJA	MERILNIK ELEKTRIČNE NAPETOSTI
SIMBOL	
VEZAVA	VZPOREDNO Z MERJENCEM:
NOTRANJI UPOR R_V	IDEALNO: $R_V = \text{NESKONČNO}$, REALNO: ČIM VEČ (nekaj $M\Omega$)
MERILNO OBMOČJE	U_0 – NAJVEČJA DOVOLJENA VREDNOST MERJENE NAPETOSTI

SPECIFIČNI UPOR SNOVI IN UPOR DOLGE ŽICE

Vsak vodnik se električnemu toku upira. Upornost trdnih vodnikov je pri stalni temperaturi konstantna. **Upornost** vodnika – **dolge žice je premo sorazmerna z dolžino (l) in obratno sorazmerna s prerezom (S) vodnika**

$$R = \frac{\xi l}{S}$$

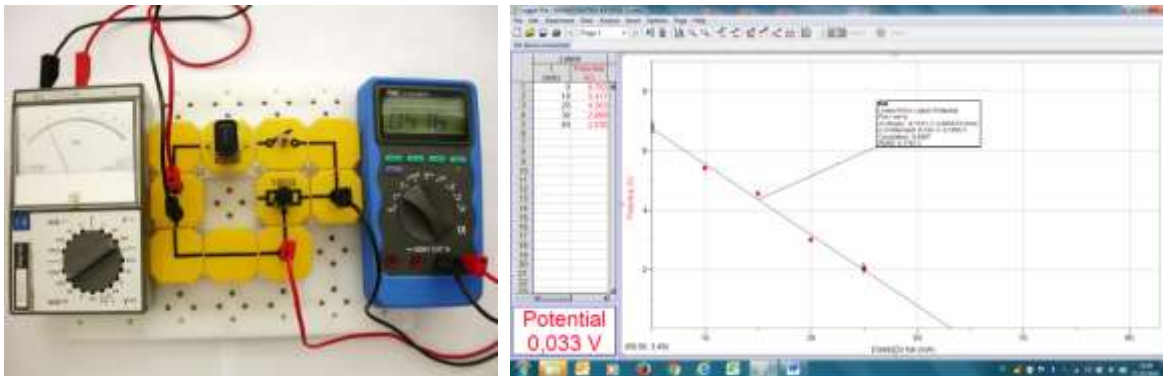
Premo sorazmernostni faktor ξ [ksi] imenujemo **specifična električna upornost snovi** in je značilnost snovi. Njena enota je $\Omega\text{mm}^2/\text{m}$.

Prevodniki imajo majhno specifično upornost, izolatorji pa zelo veliko.

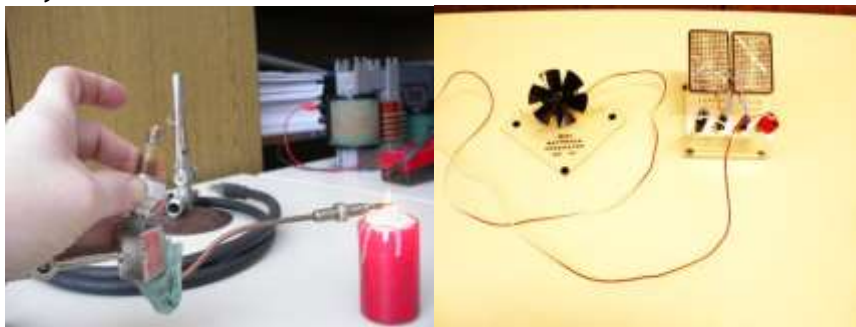
Odvisnost električne upornosti od osvetljenosti in temperature ter superprevodnost

Specifična električna upornost snovi je odvisna od temperature. Vzrok spremembe električne upornosti pri spremembi temperature je sprememba intenzivnosti nihanja atomov okoli svojih osrednjih leg in sprememba števila prostih elektronov. **Pri čistih kovinah** in nekaterih zlitinah **se upornost s temperaturo večja**, pri nekaterih zlitinah in elektrolitih **pa pada**.

GONILNA NAPETOST IN NOTRANJI UPOR GENERATORJA



Vrste generatorjev



ELEKTRIČNO DELO IN MOČ

Električna napetost:

$$U = \frac{A}{e}$$

Električno delo:

$$A = Ue$$

Električna moč:

$$P = UI = RI^2 = \frac{U^2}{R}$$

10.2 KJE ELEKTRIČNI TOK TEČE

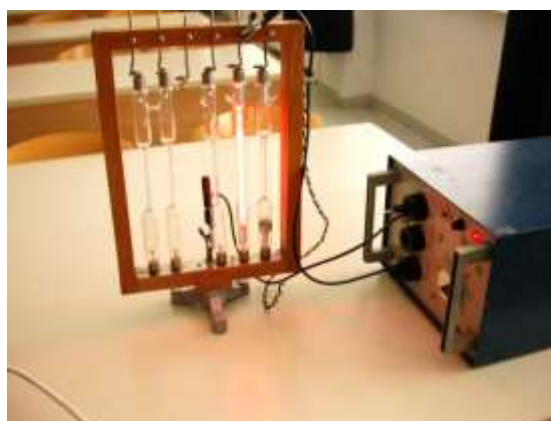
Električni tok v vakuumu

Prevajanje električnega toka omogoča tudi **vakuum**, če z elektronsko emisijo poskrbimo, da bodo v njem prosti elektroni (primer: klasične elektronke).



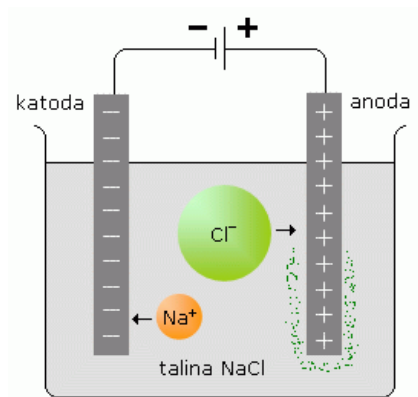
Električni tok v plinih

Prevajanje električnega toka v plinih je možno, če plin vsebuje ionizirane molekule in proste elektrone (primer: neonske luči).



Električni tok v kapljevinah

Raztopina snovi prevaja električni tok, če so v njej prosto gibljivi električni delci (**ioni**). Takim snovem pravimo **elektroliti**. **Pozitivni ioni** (kationi) se pomikajo od pozitivnega pola (anode), ki jih odbija, proti negativnemu polu (katodi), ki jih privlači; **negativni ioni** (anioni) pa potujejo od katode (negativnega pola), ki jih odbija proti anodi (pozitivnemu polu), ki jih privlači.



Električni tok v trdninah (prevodniki–kovine, polprevodniki, izolatorji)

Kovine prevajajo električni tok, ker vsebujejo prosto gibljive elektrone. Ker so elektroni negativni delci, se gibljejo od negativnega priključka k pozitivnemu, ki jih privlači.

10.3 NAPETOST IN TOK V ELEKTRIČNEM OMREŽJU

Napetost in tok v električnem omrežju

Kot omrežno napetost označujemo električno napetost, ki jo v električno omrežje odda dobavitelj električne energije. V Evropi in večini držav po svetu znaša 220–230 V.

Napetost, ki poganja tok po električnem krogu ves čas v eno smer (enosmerni tok: DC), se imenuje enosmerna napetost. **V omrežju pa imamo izmenično napetost.**

Izmenična napetost poganja tok, ki neprestano spreminja smer (izmenični tok: AC). Pola vira (pozitivni in negativni) izmenične napetosti se neprestano menjavata. **Predznak takšne napetosti se spreminja** – ko se zamenjata pola vira, se spremeni tudi predznak.

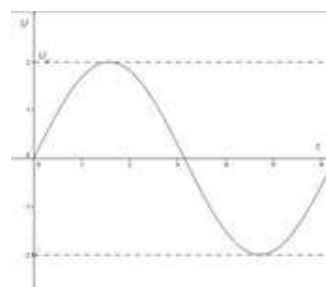
Izmenične napetosti se lahko na različne načine spreminjajo s časom. **Omrežna napetost se spreminja sinusno.**

Pri izmenični napetosti in toku, ki se spreminja sinusno, velja:

$$U(t) = U_0 \sin(\omega t)$$

$$I(t) = I_0 \sin(\omega t)$$

Kjer so U_0 , I_0 **amplituda** napetosti oziroma toka, ω krožna frekvenca, ν **frekvenca** napetosti oziroma toka in t_0 **nihajni čas**.



Električna moč izmeničnega toka je zato

$$P(t) = U(t) I(t) = U_0 I_0 \sin^2(\omega t)$$

Povprečna moč, ki izhaja iz enako velikega dela kot pri spremenljivi moči $A = P t$, pa je

$$\bar{P} = \frac{P_0}{2} = \frac{U_0 I_0}{2} = \frac{U_0}{\sqrt{2}} \cdot \frac{I_0}{\sqrt{2}} = U_{\text{ef}} I_{\text{ef}} = I_{\text{ef}}^2 R = \frac{U_{\text{ef}}^2}{R}$$

Za računanje dela izmeničnega toka se je pokazalo kot praktično, če ga računamo z ekvivalentnim enosmernim tokom, ki ima pri istem porabniku in pri enakih pogojih enak

učinek (efekt) kot izmenični tok. (Pri segrevanju npr. vode bi bil izmeničnemu toku ekvivalentni tok tisti enosmerni tok, ki bi isto vodo segrel z istim grelnikom v enakem času za enako temperaturno razliko.)

Izmeničnemu toku po učinku ekvivalenten enosmerni tok imenujemo torej **efektivni tok** izmeničnega toka.

Izmenični napetosti po učinku ekvivalentno enosmerno napetost pa imenujemo **efektivna napetost** izmenične napetosti.

Omrežna napetost ima frekvenco 50 Hz, efektivno napetost 220–230 V, amplitudo pa 311 V. Merilni inštrumenti za izmenično napetost vedno kažejo efektivne vrednosti.

10.4 NEVARNOSTI PRI DELU Z ELEKTRIČNIM TOKOM

Če se dotaknemo neizolirane priključne žice pralnega stroja ali vrtalnega stroja, v kateri je električni tok napetosti 230 V, nas ta električni tok lahko ubije. Če z moko roko primemo vtikač vklopljenega bojlerja ali električne peči v kopalnici, električni tok lahko steče v nas in nas lahko ubije.

Na nevarnost električnega toka vpliva več dejavnikov. Pomembno je, kolikšen tok je tekel skozi naše telo, kako dolgo je tok tekel, ali je bil tok enosmeren ali izmeničen in skozi kateri del telesa je tekel.

Smrtno nevaren je lahko že izmenični tok $I = 20 \text{ mA}$ oz. enosmerni tok $I = 80 \text{ mA}$, čemur v neugodnih okoliščinah ustreza izmenična napetost 25 V oziroma enosmerna napetost 70 V.

Pomembno je, ali se vodnika primemo ali pa se ga le dotaknemo. Ob dotiku roko instinktivno odmaknemo, pri prijemu pa zaradi krča tega ne moremo storiti. Celo tok 100 mA še ne povzroči smrti, če traja manj kot 0,2 s. Najnevarneje je, če se vodnika dotaknemo z obema rokama, saj takrat tok steče preko srca. Električni tok lahko povzroči različne poškodbe: opekline, nepravilno delovanje srca, oškodovanje celic v različnih organih.

PRAVILA PRI DELU Z ELEKTRIČNIM TOKOM

Osnovna pravila zaščite pred električnim udarom:

- nevarni deli pod napetostjo morajo biti tako zaščiteni, da se jih ne da dotakniti;
- na prevodnih delih, ki se jih lahko dotaknemo, se ne sme pojaviti nevarna napetost dotika;
- vodnike in električne naprave priklapljamo, odklapljamo samo takrat, ko niso pod napetostjo; pri delu z električnimi napravami imejmo vedno suhe roke.

Pred priključitvijo električnih naprav na električno napetost se moramo vedno prepričati, kakšno električno napetost (enosmerno ali izmenično, pa tudi njeno velikost v V in druge podatke) potrebuje za pravilno delovanje.

V HIŠNO NAPELJAVO VKLJUČUJEMO VAROVALNE ELEMENTE

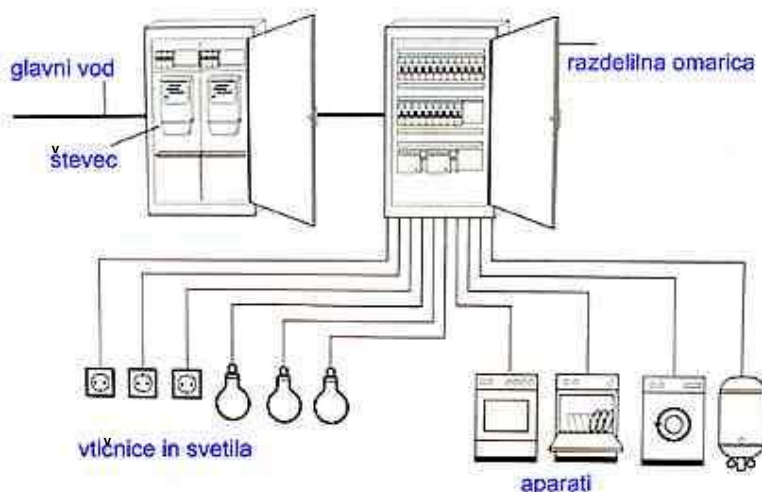


Varovalko vključimo v tokokrog zaradi nevarnosti prevelikega toka (kratkega stika). Če zaradi napake steče po tokokrogu prevelik tok, mora najprej pregoreti žička v varovalki. S tem je tokokrog prekinjen in ni več nevarnosti za vžig ali dodatne poškodbe na napravah ali napeljavi. NAZIVNI TOK je tok, ki ga varovalka lahko zadrži, ne da bi pregorela. Kupimo lahko samo varovalke določenih nazivnih vrednosti, npr. 6A, 10A, 16A. Varovalke so običajno nameščene v bližini električnega števca. V starejših zgradbah se ponekod še uporabljajo klasične taljive varovalke, v novejših pa avtomatske varovalke.

NIKOLI se ne dotikaj nobenega dela električne napeljave, ne da bi prej odvil ali izključil ustrezno varovalko.

Zaščitno tokovno stikalo (FID): prekine fazni in ničelni vodnik. Varuje ljudi pred nevarnostjo tistega toka, ki bi v primeru okvare tekel mimo vodnikov preko človeškega telesa v zemljo (nevarnost pred preveliko napetostjo dotika).

V razdelilni omarici stanovanja, salona ipd. se glavni vod električnega priključka razdeli na več električnih krogov, ki so posamično varovani z varovalkami.



Za vsak prostor ali skupino prostorov (kopalnico, hodnik) in za posamezne aparate z več kot 2 kW moči je predvidena lastna varovalka, običajno 16 A. Razdelilnik naj bi poleg tega vseboval tudi enega ali več FID stikal.

Zaščitni ukrepi ob nesreči z električnim tokom

Kadar pride do nesreče z električnim tokom, je potrebno **vir napetosti takoj izklopiti**. Če to ni mogoče, ponesrečenca odvedemo s pomočjo kakšnega neprevodnega predmeta ali pa tako, da ga potegnemo za obleko. Pri tem moramo biti zelo previdni.

Če ponesrečenec ne kaže znakov življenja, pokličemo prvo pomoč in takoj pričnemo z oživljenjem. Kadar je pri zavesti, ga položimo na hrbet z dvignjenima nogama, v nasprotnem primeru pa ga položimo v položaj za nezvestne. Čim prej je potrebno poklicati reševalno službo.