

Obrazci in tabele so prepisani iz knjige Franca Kvaternika »**Fizikalni obrazci in tabele**«, dodane pa so še nekatere stvari, ki smo jih počeli na vajah Fizike I. Skripta je pisana za **univerzitetni študij**. (Med VS in UNI programi obstajajo razlike v zapisu nekaterih enačb.) Zahvaljujem se dr. Marku Pinteriču, ker je pregledal skripto. (Zadnjič spremenjeno 4.X.2004, Klemen Ponikvar)

## Merjenje v fiziki

### Osnovne enote

količina	znak	enota
dolžina	l, s	meter [m]
masa	m	kilogram [kg]
čas	t	sekunda [s]
električni tok	I	amper [A]
temperatura	T	kelvin [K] ali [°C]
svetilnost	I	candela (sveča) [cd]
ravninski kot	$\varphi$	radian [rd = 1]
prostorski kot	$\Omega$	steradian [srd = 1]

### Izpeljane enote

#### Mehanika

količina	znak	definic. obrazec	enota
površina	S	$S=l^2$	$m^2$
prostornina	V	$V=l^3$	$m^3$
prostorninski tok	$\Phi_v$	$\Phi_v = \frac{V}{t}$	$m^3/s$
frekvenca	$\nu$	$\nu = \frac{1}{t}$	1/s
hitrost	v, c	$v = \frac{\Delta s}{\Delta t}$	m/s
pospešek	a, g	$a = \frac{\Delta v}{\Delta t}$	$m/s^2$
kotna hitrost	$\omega$	$\omega = \frac{\Delta \phi}{\Delta t}$	(rd)/s
kotni pospešek	$\alpha$	$\alpha = \frac{\Delta \omega}{\Delta t}$	(rd)/s <sup>2</sup>
gostota snovi	$\rho$	$\rho = \frac{m}{V}$	$kg/m^3$
masni tok	$\Phi_m$	$\Phi_m = \frac{m}{t}$	kg/s
Sila	F	$F=ma$	$kg\ m/s^2 = \text{newton N}$

količina	znak	definic. obrazec	enota
tlak	p	$p = \frac{F}{S}$	N/m <sup>2</sup> = pascal Pa
gibalna količina	G	$G = mv$	kg m/s
sunek sile	I	$I = Ft$	Ns
delo (energija)	A, W	$A = Fs$	kg m <sup>2</sup> /s <sup>2</sup> = joule J
moč	P	$P = \frac{A}{t}$	kg m <sup>2</sup> /s <sup>3</sup> = watt W
viskoznost	η	$\eta = \frac{F/S}{v/x}$	Ns/m <sup>2</sup>

### Kalorika

količina	znak	definic. obrazec	enota
toplota	Q	$Q = cm\Delta T$	J
specifična toplota	c	$c = \frac{Q}{m\Delta T}$	J/kg K
toplotna kapaciteta	C	$C = cm$	J/K
temperaturno koeficient premega raztezka	α	$\alpha = \frac{\Delta l}{l\Delta T}$	1/K
temperaturni koeficient prostorskega raztezka	β	$\beta = \frac{\Delta V}{V\Delta T}$	1/K
toplotni tok	P	$P = \frac{Q}{t}$	W
gostota toplotnega toka	j	$j = \frac{P}{S}$	W/m <sup>2</sup>
temperaturni gradient		$\frac{\Delta T}{l}$	K/m
toplotna prevodnost	λ	$\lambda = \frac{j}{\Delta T/l}$	W/m K

### Elektrika in magnetizem

količina	znak	definic. obrazec	enota
električni naboj	e	$e = It$	As = coulomb Cb
električna napetost	U	$U = \frac{A}{e}$	J/As = volt V
električna moč	P	$P = UI$	VA = watt W
električno delo	A	$A = UIt$	V As = Ws = J

Količina	znak	definic. obrazec	enota
električna upornost	R	$R = \frac{U}{I}$	V/A = ohm $\Omega$
specifična upornost	$\rho$	$\rho = \frac{RS}{l}$	$\Omega\text{m}$
kapacitivnost	C	$C = \frac{e}{U}$	As/V = farad F
električna poljska jakost	E	$E = \frac{F}{e}$	N/As = V/m
električna poljska gostota	D	$D = \epsilon_0 E$	As/m <sup>2</sup>
permitivnost vakuumu	$\epsilon_0$	$\epsilon_0 = \frac{\sigma}{E}$	As/Vm
električna permitivnost	$\epsilon_r$	$\epsilon_r = \frac{D}{\epsilon_0 E}$	1
magnetna poljska jakost	H	$H = \frac{NI}{l}$	A/m
magnetna poljska gostota	B	$B = \frac{F}{Il}$	N/Am = Vs/m <sup>2</sup> = tesla T
magnetni pretok	$\Phi$	$\Phi = BS$	Vs = weber Wb
induktivnost	L	$L = \frac{\Phi}{I}$	Vs/A = henry H
permabilnost vakuumu	$\mu_0$	$\mu_0 = \frac{B}{H}$	Vs/Am
magnetna permeabilnost	$\mu_r$	$\mu_r = \frac{L}{L_0}$	1

### Optika

količina	znak	definic. obrazec	fizikalna enota	fiziološka enota
svetlobni tok	P	$P = I\Omega$	W	lm (lumen)
gostota svetlobnega toka	j	$j = \frac{P}{S}$	W/m <sup>2</sup>	lm/m <sup>2</sup>
osvetljenost	j'	$j' = \frac{P}{S}$	W/m <sup>2</sup>	lm/m <sup>2</sup> = lx (lux)
svetlost	B	$B = \frac{I}{S_n}$	W/m <sup>2</sup> (srd)	cd/cm <sup>2</sup> = sb (stilb)
svetlobna energija	W	$W = Pt$	Ws	lms

## Druge različne enote in njihovi pretvorniki

### Dolžina

$$1 \mu (\text{mikron}) = 10^{-6} \text{ m}$$

$$1 \text{ \AA} (\text{\AA ngstr\"om}) = 10^{-10} \text{ m}$$

$$1 \text{ X} = 10^{-3} \text{ m}$$

$$1 \text{ f (fermi)} = 10^{-15} \text{ m}$$

$$1 \text{ cola} = 0.0254 \text{ m}$$

$$1 \text{ \v{c}evelj} = 0.3048 \text{ m}$$

$$1 \text{ jard} = 0.9144 \text{ m}$$

$$1 \text{ angleška milja} = 1609 \text{ m}$$

$$1 \text{ morska milja} = 1852 \text{ m}$$

$$1 \text{ svetlobno leto} = 9.4638 \times 10^{15} \text{ m}$$

$$1 \text{ parsek} = 3.08 \times 10^{16} \text{ m}$$

### Masa

$$1 \text{ t (tona)} = 10^3 \text{ kg}$$

$$1 \text{ c (cent)} = 10^2 \text{ kg}$$

$$1 \text{ karat} = 2 \times 10^{-4} \text{ kg}$$

$$1 \text{ N} = 100 \text{ pondov}$$

### Čas

$$1 \text{ h (ura)} = 3600 \text{ s}$$

$$1 \text{ d (dan)} = 86400 \text{ s}$$

$$1 \text{ leto} = 31\,556\,925.975 \text{ s}$$

### Delo in energija

$$1 \text{ Wh} = 3600 \text{ Ws (J)}$$

$$1 \text{ kpm (kilopondmeter)} = 10 \text{ J}$$

$$1 \text{ kcal} = 4200 \text{ J}$$

$$1 \text{ eV (elektronvolt)} = 1.6 \times 10^{-19} \text{ J}$$

$$1 \text{ erg} = 10^{-7} \text{ J}$$

$$1 \text{ kWh} = 3.6 \text{ MJ}$$

### Sila

$$1 \text{ kp (kilopond)} = 10 \text{ N}$$

$$1 \text{ Mp (megapond)} = 10^4 \text{ N}$$

$$1 \text{ dina} = 10^{-5} \text{ N}$$

### Moč

$$1 \text{ erg/s} = 10^{-7} \text{ W}$$

$$1 \text{ KM (konjska moč)} = 750 \text{ W}$$

### Tlak

$$1 \text{ at (tehn. atmosfera)} = 1 \text{ kp/cm}^2 = 735 \text{ mm Hg} = 0.98 \times 10^5 \text{ Pa}$$

$$1 \text{ atm (fizik. atmosfeta)} = 1.033 \text{ kp/cm}^2 = 760 \text{ mm Hg} = 1.013 \times 10^5 \text{ Pa}$$

$$1 \text{ b (bar)} = 10 \text{ N/cm}^2 = 750 \text{ mm Hg} = 10^5 \text{ Pa}$$

$$1 \text{ mm Hg} = 1 \text{ tor} = 133.3 \text{ Pa}$$

$$1 \text{ mb (milibar)} = 1 \text{ cN/cm}^2 = 100 \text{ Pa}$$

### Optika

$$1 \text{ dioptrijska} = 1 \text{ m}^{-1}$$

$$1 \text{ fot} = 10^4 \text{ lx}$$

### Temperatura

$$1 \text{ st} = 1^\circ\text{C} = 1\text{K}$$

$$T \text{ }^\circ\text{C} = (T + 273) \text{ K}$$

### Toplotna prevodnost

$$1 \text{ kcal/msth} = 1.16 \text{ W/mst}$$

### Viskoznost

$$1 \text{ p (poise)} = 10^{-1} \text{ Ns/m}^2$$

*Elektrika in magnetizem*

$$1 \text{ } \Omega\text{mm}^2/\text{m} = 10^{-6} \text{ } \Omega\text{m}$$

$$1 \text{ cm} = 1.11 \times 10^{-12} \text{ F}$$

$$1 \text{ } \emptyset \text{ (oerstedt)} = \frac{10^3}{4\pi} \text{ A/m}$$

$$1 \text{ G (gauss)} = 10^{-4} \text{ T}$$

$$1\text{M (maxwell)} = 10^{-8} \text{ Vs}$$

*Desetiški večkratniki in deli enot*

$$\text{deka (da)} = 10$$

$$\text{hekto (h)} = 10^2$$

$$\text{kilo (k)} = 10^3$$

$$\text{mega (M)} = 10^6$$

$$\text{giga (G)} = 10^9$$

$$\text{tera (T)} = 10^{12}$$

$$\text{deci (d)} = 10^{-1}$$

$$\text{centi (c)} = 10^{-2}$$

$$\text{mili (m)} = 10^{-3}$$

$$\text{mikro (\mu)} = 10^{-6}$$

$$\text{nano (n)} = 10^{-9}$$

$$\text{piko (p)} = 10^{-12}$$

$$\text{femto (fm)} = 10^{-15}$$

$$\text{atto (a)} = 10^{-18}$$

*Definicije važnejših enot*

*Meter [m]* je razdalja med srednjima zareza na parametru, shranjenem v Parizu, v uradu za mere in uteži.

*Kilogram [kg]* je masa prakilograma, shranjenega v Parizu, v uradu za mere in uteži. (To je približna masa 1 litra kemično čiste vode pri 4°C.)

*Sekunda [s]* je 1/86400 poprečnega sončnega dne, ta pa je 1/265.242 tropskega leta.

*Newton [N]* je sila, ki da masi 1 kg pospešek  $1\text{m/s}^2$ .

*Joule [J]* je delo, ki ga opravi sila 1N v svoji smeri na poti 1 m.

*Watt [W]* je moč, pri kateri je v 1 sekundi opravljeno delo 1 J.

*Pascal [Pa]* je tlak, ki ga povzroči sila 1 N, enakomerno porazdeljena na ploskvi  $1 \text{ m}^2$ , pravokotno na smer sile.

*Radian [rd]* je kot, pri katerem je lok enak polmeru.

*Steradian [srd]* je prostorski kot ob vrhu krogelnega izseka, ki mu pri polmeru 1m pripada ploskev  $1 \text{ m}^2$ .

*Kelvin [K]* je 273.16 del termodinamične temperaturne skale, pri kateri je temperatura trojne točke vode 273.16 stopinj.

*Kilomol [kmol]* je količina snovi, ki vsebuje toliko molekul, kolikor atomov je v 12 kg izotopa  $\text{C}^{12}$ .

*Amper [A]* je tok, ki teče po dveh vzporednih vodnikih v razdalji 1m, če se vodnika na dolžini 1 m privlačujeta s silo  $2 \times 10^{-7} \text{ N}$ .

*Ampersekunda [As]* je množina elektrike, ki jo prenese tok 1 A v 1 sekundi.

*Volt [V]* je napetost med dvema točkama vodnika, po katerem teče tok 1 A, če je pri tem porabljena moč 1 W.

*Ohm [ $\Omega$ ]* je upornost vodnika, ki ne vsebuje nikakršnega izvora napetosti, če napetost 1 V med koncema vodnika povzroči v njem tok 1 A.

*Farad [F]* je kapacitivnost kondenzatorja, ki pri napetosti 1 V sprejme na vsako ploščo naboj 1 As.

*Volt na meter [V/m]* je električna poljska jakost v homogenem polju ploščatega kondenzatorja, če sta plošči razmaknjeni 1m in je med njima napetost 1 V.

*Voltsekunda ali weber [Vs ali Wb]* je magnetni pretok, ki v obkrožujočem vodniku inducira napetost 1 V, če pade v 1 s enakomerno na vrednost 0.

*Tesla [T ali Vs<sup>m<sup>-2</sup>]</sup>* je gostota homogenega magnetnega pretoka na mestu, kjer je magnetni pretok skozi ploskev 1m<sup>2</sup> v pravokotni smeri Vs.

*Henri [H ali VsA<sup>-1</sup>]* je induktivnost tuljave, v kateri tok 1 A povzroči magnetni pretok 1 Vs.

*Sveča [cd]* je 1/60 svetilnosti, ki jo ima 1 cm<sup>2</sup> črnega telesa pri temperaturi tališča platine (1773°C).

*Lumen [lm]* je svetlobni tok, ki ga seva v prostorski kot 1 srd točkasto svetilo, katerega svetilnost v vseh smereh znaša 1 cd.

*Nit* je svetlost svetila, ki ima na 1 m<sup>2</sup> svoje navidezne površine svetilnost 1 cd.

*Luks [lx]* je osvetljenost ploskve, če pada na 1 m<sup>2</sup> ploskve svetlobni tok 1 lm.

## Kinematika

### Neenakomerno gibanje

$$s = v_1 \Delta t_1 + v_2 \Delta t_2 + \dots = \int_{t_1}^{t_2} v dt$$

$$\bar{v} = \frac{s_1 + s_2}{t_1 + t_2}$$

$v$  trenutna hitrost [m/s]

$\bar{v}$  srednja povprečna hitrost [m/s]

$$v = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta s}{\Delta t} = \frac{ds}{dt}$$

$$\bar{a} = \frac{v_2 - v_1}{t_2 - t_1} = \frac{\Delta v}{\Delta t}$$

$$a = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{dv}{dt}$$

*Enakomerno gibanje:*  $v = \text{konst.}$

$$v = \frac{s - s_0}{t}$$

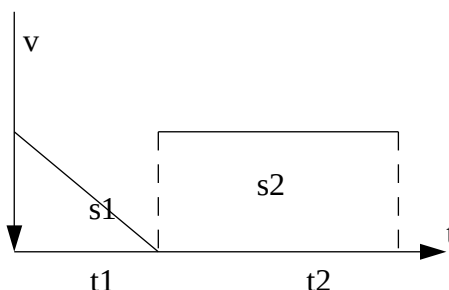
$$s = vt + s_0$$

Poseben primer:  $s_0 = 0$

$$v = \frac{s}{t}$$

$$s = vt$$

$s$  pot [m]  
 $t$  čas [s]



$a$  (trenutni) pospešek [m/s<sup>2</sup>]

$\bar{a}$  srednji (poprečni) pospešek [m/s<sup>2</sup>]

$s$  pot [m]  
 $s_0$  pot ob času  $t = 0$   
 $t$  čas gibanja [s]

$v$  hitrost [m/s]

*Enakomerno pospešeno gibanje:*  $a = \text{konst.}$

$$v = v_0 + at$$

$$v^2 = v_0^2 + 2as$$

$$s = \frac{v_0 + v}{2} t$$

$$s = v_0 t + \frac{at^2}{2}$$

Poseben primer:  $v_0 = 0$

$$v = at$$

$$v = \sqrt{2as}$$

$$s = \frac{vt}{2}$$

$$s = \frac{at^2}{2}$$

$s$  pot med pospeševanjem [m]

$t$  čas pospeševanja [s]

$v_0$  hitrost ob začetku pospešenega gibanja [m/s]

$v$  hitrost pospešenega gibanja po času  $t$  [m/s]

$a > 0$  pospešek [m/s<sup>2</sup>]

$a < 0$  pojemek [m/s<sup>2</sup>]

Navedeni obrazci veljajo tudi za enakomerno pojemajoče gibanje od določenega trenutka do mirovanja.

*Prosti pad:*  $a = g = 9.8 \text{ m/s}^2$

$$v = gt$$

$$v = \sqrt{2gh}$$

$$h = \frac{vt}{2}$$

$$h = \frac{gt^2}{2}$$

$h$  višina padanja [m]

$t$  čas padanja [s]

$v$  hitrost (po padcu z višine  $h$ ) [m/s]

$g$  pospešek prostega pada [m/s<sup>2</sup>]

*Navpični met:*

a) navzdol:  $a = g$

$$v = v_0 + gt$$

$$s = v_0 t + \frac{gt^2}{2}$$

$$v^2 = v_0^2 + 2gs$$

$v_0$  začetna hitrost [m/s]

$t$  čas gibanja [s]

$s$  višina padca v času  $t$  [m]

b) navzgor:  $a = -g$

$$v = v_0 - gt$$

$$h = v_0 t - \frac{gt^2}{2}$$

$$v^2 = v_0^2 - 2gs$$

$$t_0 = \frac{v_0}{g}$$

$$H = \frac{v_0^2}{2g}$$

$v_0$  začetna hitrost [m/s]

$H$  metna višina [m]

$t_0$  čas dviganja (do vrha) [s]

$t$  čas dviganja do višine  $h$  [s]

$h$  višina dviga v času  $t$  [m]

$v$  hitrost dviganja po času  $t$  [m/s]

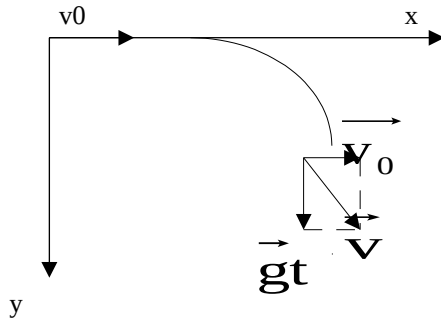
**Vodoravni met**

$$x = v_0 t$$

$$y = -\frac{gt^2}{2}$$

$$y = -\frac{g}{2v_0^2} x^2$$

$$v = \sqrt{v_0^2 + (gt)^2}$$



Vodoravni met

$v_0$  začetna hitrost v vodoravni smeri [m/s]

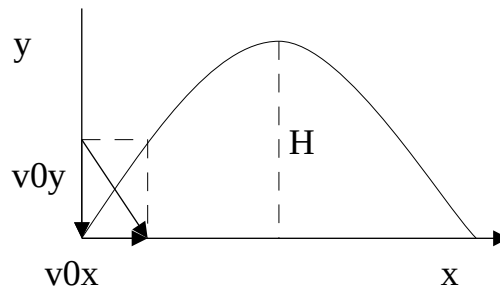
$t$  čas gibanja [s]

$x$  oddalj. v vodoravni smeri po času  $t$  [m]

$y$  globina padca po času  $t$  [m]

$v$  hitrost po času  $t$  [m/s]

$g$  pospešek prostega pada [m/s<sup>2</sup>]



Poševni met

**Čas dviganja = čas padanja****Poševni met**

$$v_x = v_0 \cos \phi$$

$$v_y = v_0 \sin \phi - gt$$

$$x = v_0 \cos \phi \cdot t$$

$$y = v_0 \sin \phi \cdot t - \frac{gt^2}{2}$$

$$t_0 = \frac{v_0 \sin \phi}{g}$$

$$H = \frac{v_0^2 \sin^2 \phi}{2g}$$

$$X_{\max} = \frac{v_0^2 \sin 2\phi}{g}$$

$$v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2}$$

$\phi$  dvižni kot (elevacija) [rd]

$t$  čas od zalučanja do določenega trenutka [s]

$v_0$  začetna hitrost v dani smeri ( $\phi$ ) [m/s]

$v_x$  vodoravna komponenta hitrosti [m/s]

$v_y$  navpična komponenta hitrosti [m/s]

$x$  vodoravna oddaljenost telesa po času  $t$  [m]

$y$  dosežena višina po času  $t$  [m]

$t_0$  čas dviganja [s]

$H$  višina, ki jo telo doseže v času  $t_0$  [m]

$X_{\max}$  domet [m]

$g$  pospešek prostega pada [m/s<sup>2</sup>]

$v$  hitrost po času  $t$  [m/s]

**Gibanje po klanecu navzdol:**  $a = g \sin \phi$  (če je  $v_0 = 0$ )

$$v = g \sin \phi \cdot t$$

$$v_k = \sqrt{2gh}$$

$$s = \frac{1}{2} g \sin \phi \cdot t^2$$

$\phi$  nagib klanca [rd]

$g$  pospešek prostega pada [m/s<sup>2</sup>]

$t$  čas gibanja po klanecu [s]

$s$  pot v času  $t$  [m]

$v_k$  hitrost na dnu klanca (neodvisno od nagiba) [m/s]

$v$  hitrost po času  $t$  [m/s]



## Kroženje in vrtenje

a) enakomerno kroženje (vrtenje):  $\omega = \text{konst.}$ 

$$v = \frac{N}{t} = \frac{1}{t_0}$$

$$\omega = \frac{2\pi}{t_0} = 2\pi v$$

$$v = \frac{2\pi r}{t_0} = 2\pi r v$$

$$v = r\omega$$

$$s = r\phi$$

$$\phi = \omega t$$

$$a_r = \frac{v^2}{r} = r\omega^2$$

N število obhodov (vrtljajev) [1]

t čas kroženja (vrtenja) [s]

v frekvenca (št. vrtljajev) [1/s]

 $\phi$  kot zasuka [rd=1]

r polmer kroženja [m]

 $t_0$  obhodni čas (čas enega vrtljaja) [s] $\omega$  kotna hitrost [(rd)/s]

v krožila hitrost [m/s]

 $a_r$  radialni pospešek [m/s<sup>2</sup>]s pot ki ustreza zasuki  $\phi$  [m]b) enakomerno pospešeno kroženje:  $\alpha = \text{konst.}$ 

$$\alpha = \frac{\omega - \omega_0}{t}$$

$$\omega = \omega_0 + \alpha t$$

$$\phi = \omega_0 t + \frac{\alpha t^2}{2}$$

Pospešek

$$a_t = r\alpha$$

$$a_r = r\omega^2$$

$$a = \sqrt{a_t^2 + a_r^2}$$

Poseben primer:  $\omega_0 = 0$ 

$$\alpha = \frac{\omega}{t}$$

$$\omega = \alpha t$$

$$\phi = \frac{\alpha t^2}{2}$$

t čas enakomerno pospešenega kroženja [s]

 $\alpha$  kotni pospešek [(rd)/s<sup>2</sup>] $\omega_0$  kotna hitrost ob času  $t = 0$  [(rd)/s] $\omega$  kotna hitrost po času  $t$  [(rd)/s] $\phi$  zasuk v času  $t$  [rd] = 1] $a_t$  tangentna komponenta pospeška [m/s<sup>2</sup>] $a_r$  radialna komponenta pospeška [m/s<sup>2</sup>] $\alpha$  celoten pospešek [(rd)/s<sup>2</sup>]

r polmer kroženja [m]

## Kotaljenje

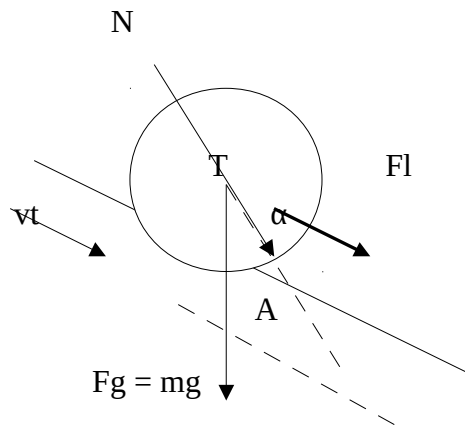
Pogoja za idealno kotaljenje (brez podrsavanja)

$$a_T = r \cdot \alpha$$

$$v_T = r \cdot \omega$$

$a_T$  = pospešek težišča valja

$v_T$  = hitrost težišča valja



Kotaljenje okoli točke A

$$\sum \vec{M}_A = J_A \cdot \alpha$$

$$rmg \sin \phi = (J_T + mr^2) \alpha$$

Kotaljenje računano z energijo

Okoli točke A

$$E_{kin} = \frac{1}{2} J_A \cdot \omega^2$$

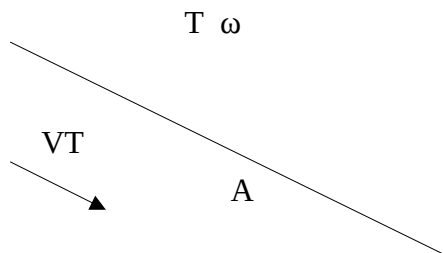
$$E_{kin} = \frac{1}{2} (J_T + mr^2) \left( \frac{v_T}{r} \right)^2$$

Kotaljenje lahko računamo na dva načina:

- vrtenje okoli točke A (obračališče)
- vrtenje okoli točke T (težišče)

Okoli točke B

$$E_{kin} = \frac{1}{2} m v_T^2 + \frac{1}{2} J_T \omega^2$$



Obrazci za površino in volumen nekaterih likov

	volumen	površina
kvader	$V = abc$	$S = 2(ab+bc+ca)$
krogla	$V = \frac{4}{3} \pi R^3$	$S = 4 \pi R^2$
valj	$V = \pi R^2 H$	$S = 2 \pi R (R + H)$
kocka	$V = a^3$	$S = 6 a^2$
stožec	$V = \frac{1}{3} \pi R^2 H$	$S = \pi R (R + L)$

# Statika trdnih teles

## Sila

### Merjenje sil

$$F = k \cdot x$$

$$\frac{F}{S} = E \frac{x}{l}$$

Hookov zakon

F sila [N]

x raztezek žice [m]

k raztezni koeficient [N/m]

S prerez žice [m<sup>2</sup>]

l dolžina žice [m]

E prožnostni modul [N/m<sup>2</sup>]

### Sestavljanje sil s skupnim prijemaščem

$$F = \sqrt{F_1^2 + F_2^2 + 2 F_1 F_2 \cos \phi}$$

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

$$F_1 : F_2 : F = \sin \delta : \sin \varepsilon : \sin \phi$$

### Posebni primeri

$$\phi = 90^\circ$$

$$F = \sqrt{F_1^2 + F_2^2}$$

$$F_1 = F \cos \delta$$

$$F_2 = F \sin \delta$$

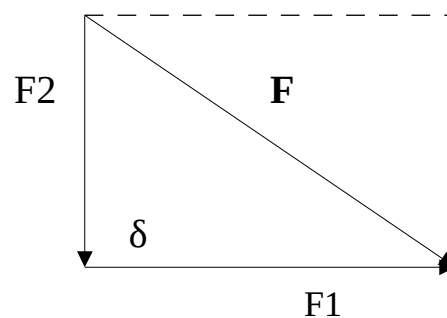
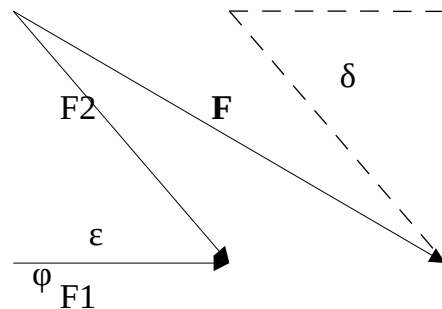
$$\phi = 0^\circ \rightarrow F = F_1 + F_2$$

$$\phi = 180^\circ \rightarrow F = F_1 - F_2$$

F<sub>1</sub>, F<sub>2</sub> sili s skupnim prijemaščem [N]

F rezultanta sil [N]

δ, ε, φ koti (glej sliko) [rd]



### Razstavljanje sile na dve komponenti klanec:

$$F_d = F_g \sin \phi$$

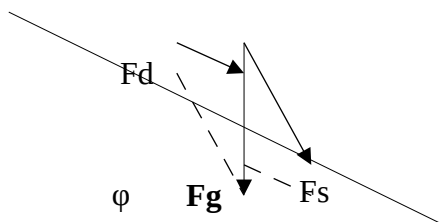
$$F_s = F_g \cos \phi$$

φ nagib klanca [rd]

F<sub>g</sub> teža telesa [N]

F<sub>d</sub> dinamična komponenta [N]

F<sub>s</sub> statična komponenta [N]



## Vrtilni moment (navor sile)

Navor sile

$$\vec{M} = \vec{r} \times \vec{F}$$

$$M = rF \sin \phi$$

$$M = D\phi$$

Rezultanta dveh vzporednih sil

$$F = F_1 \pm F_2$$

$$\frac{r_1}{r_2} = \frac{F_1}{F_2} \Rightarrow r_1 F_1 = r_2 F_2$$

Dvojica sil

$$M = a \cdot F$$

M navor sile [mN]

r razdalja prijemališča sile od osi [m]

$\phi$  kot med vektrojema r in F [rd]

D sučni koeficient [mN]

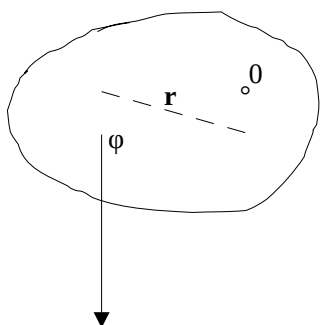
$F_1, F_2$  vzporedni sili [N]

F rezultanta dveh vzporednih sil [N]

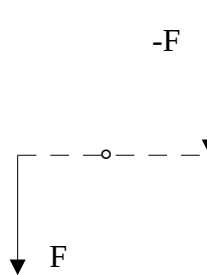
$r_1, r_2$  razdalja dveh vzporednih sil od njune rezultante [m]

M navor sile [mN]

a razdalja dveh enakih nasprotnih sil [m]



Vrtilni moment sile

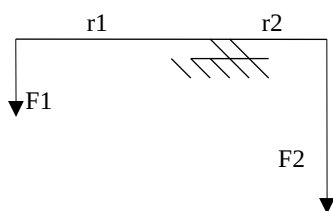


Dvojica sil

## Ravnovesje na orodju

a) vzvod

$$r_1 F_1 = r_2 F_2$$



$F_1, F_2$  sili [N]

$r_1, r_2$  razdalji sil od osi vzvoda [m]

b) vitel

$$RF = rF_g$$

$F_g$  breme [N]

r ročica bremena [m]

F ravnovesna sila [N]

R ročica te sile [m]

c) škripec

pritrjeni  $\rightarrow rF = nR F_g$

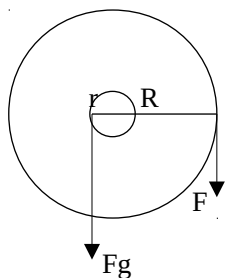
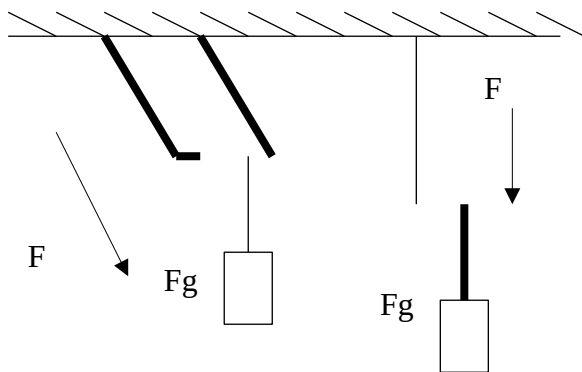
$F_g$  breme [N]

r ročica sile oz. bremena [m]

F ravnovesna sila [N]

R polmer velikega škripca [m]

n število gibljivih škripcev



Škripec pritrjeni, gibljivi

Vitel

Masna središča (posebni primeri):

homogena daljica  $\rightarrow x = \frac{l}{2}$

krožni lok  $\rightarrow y = r \frac{t}{l}$

pol krožnice  $\rightarrow y = r \frac{2}{\pi}$

trikotnik  $\rightarrow y = \frac{h}{3}$

krožni izsek  $\rightarrow y = \frac{2}{3} \cdot \frac{rt}{l}$

polkrožna ploskev  $\rightarrow y = \frac{4}{3\pi} r$

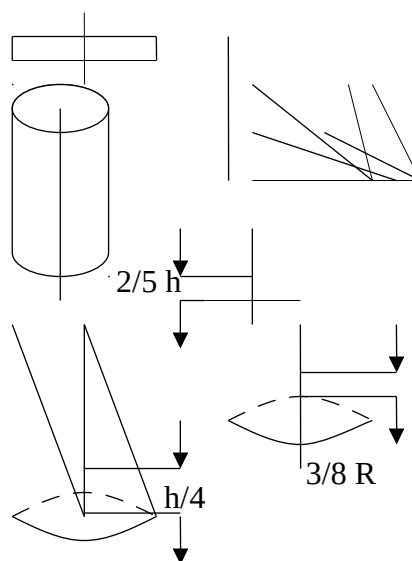
krožni odsek  $\rightarrow y = \frac{t^3}{12S}$

stožec (piramida)  $\rightarrow z = \frac{h}{4}$

polkrogla  $\rightarrow z = \frac{3}{8} r$

krogelni odsek  $\rightarrow z = \frac{2}{5} h$

- R polmer kroga [m]
- t največja tetiva [m]
- l krožni lok [m]
- h višina: trikotnika, stožca, odseka [m]
- S ploščina odseka [m<sup>2</sup>]
- R polmer krogle [m]



Vztrajnostni momenti nekaterih teles okoli težišča:

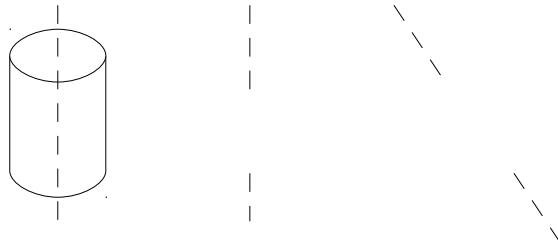
tanek obroč  $J = mr^2$

okrogla plošča ali valj  $J = \frac{1}{2}mr^2$

krogla  $J = \frac{2}{5}mr^2$

tanek drog  $J = \frac{1}{12}ml^2$

cev  $J = \frac{1}{2}m(R^2 + r^2)$



## Dinamika

Osnovni Newtonov zakon

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

$\vec{F}$  rezultanta vseh zunanjih sil, ki delujejo na

telo [N]

m masa telesa [kg]

$\vec{a}$  pospešek telesa v smeri sile  $\vec{F}$  [ $m/s^2$ ]

Teža in masa

$$F_g = mg$$

$$F_g = G \frac{mM}{R^2}$$

$$g_0 = G \frac{M}{R^2}$$

$$g_h = G \frac{M}{(R+h)^2}$$

$$G = 6.7 \cdot 10^{-11} Nm^2 kg^{-2}$$

$F_g$  teža telesa [N]

m masa telesa [kg]

g težni pospešek [ $m/s^2$ ]

M masa zemlje [kg]

R polmer Zemlje [m]

G gravitacijska konstanta [ $Nm^2/kg^2$ ]

$g_0$  težni pospešek na površju Zemlje [ $m/s^2$ ]

$g_h$  težni pospešek v višini h [ $m/s^2$ ]

$$M_{zemlje} = 6.14 \times 10^{24} \text{ kg}$$

$$R_{zemlje} = 6400 \text{ km} = 6.4 \times 10^6 \text{ m}$$

Specifična teža in gostota

$$\sigma = \frac{F_g}{V}$$

$$\rho = \frac{m}{V} \rightarrow \text{pomembno}$$

$$\sigma = \rho g$$

$\sigma$  specifična teža [ $N/m^3$ ]

$F_g$  teža telesa [N]

m masa telesa [kg]

$\rho$  gostota [ $kg/m^3$ ]

V prostornina telesa [ $m^3$ ]

g težni pospešek [ $m/s^2$ ]

Sile pri kroženju

$$a_c = \frac{v^2}{r}$$

$$a_c = r\omega^2$$

$$F_t = mr\alpha$$

$a_c$  centripetalni pospešek [ $m/s^2$ ]

m masa krožečega telesa [kg]

r polmer kroženja [m]

v hitrost kroženja [m/s]

$\omega$  kotna hitrost [(rd)/s]

$F_t$  tangentna sila [N]

$\alpha$  kotni pospešek [(rd)/s<sup>2</sup>]

*Gibanje satelitov*

$$F = G \frac{m_1 m_2}{r^2} \rightarrow 4. N. Z$$

$$\frac{a_i^3}{T_i^2} = konst.$$

3. Keplerjev zakon

$$v = \sqrt{gr} \rightarrow \text{hitrost satelita}$$

$$v_u = \sqrt{2gR} \rightarrow \text{ubežna hitrost}$$

F težnostna sila [N]

G gravitacijska konstanta [Nm<sup>2</sup>/kg<sup>2</sup>]m<sub>1</sub>, m<sub>2</sub> masi Zemlje in satelita [kg]

r razdalja satelita od zemlje [m]

a<sub>i</sub> velika os elipse (pri gibanju satelita) [m]T<sub>i</sub> obhodni čas [s]

v hitrost [m/s]

g težni pospešek na Zemlji [m/s<sup>2</sup>]

R polmer Zemlje [m]

v<sub>u</sub> ubežna hitrost [m/s]*Trenje in lepenje*

$$F_t = k_t N$$

$$F_l \leq k_l N$$

F<sub>t</sub> sila trenja [N]k<sub>t</sub> koeficient trenja [1]

N sila pravokotno na podlago [N]

F<sub>l</sub> sila lepenja [N]k<sub>l</sub> koeficient lepenja [1]*Sunek sile in gibalna količina telesa*

$$\vec{I} = \vec{F} \Delta t$$

$$\vec{G} = m \vec{v}$$

$$F \Delta t = m v_2 - m v_1 \rightarrow \text{izrek o gibalni količini}$$

$$\sum_{i=1}^n m_i v_i = konst. \rightarrow \text{ZOGK}$$

I impulz (sunek) v smeri rezultante [Ns]

F rezultanta zunanjih sil [N]

Δt trajanje delovanja sile [s]

G gibalna količina telesa [kg m/s]

m masa telesa [kg]

v hitrost telesa [m/s]

*Delo in moč sile*

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

$$A = F s \cos \phi$$

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

$$P = F v \rightarrow v = konst.$$

A delo [J = Ws]

F sila [N]

s pot [m]

φ kot med smerjo sile in smerjo poti [rd]

P moč [W]

t časa [s]

v hitrost [m/s]

*Energija telesa*

$$W_p = mgh = F_g h$$

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

$$W_{pr} = \frac{ks^2}{2} \rightarrow \text{vijačna vzmet}$$

$$W_{pr} = \frac{D\phi^2}{2} \rightarrow \text{sučna vzmet (polžasta)}$$

$$\frac{mv^2}{2} + mgh = konst. \rightarrow$$

zakon o ohranitvi mehanske energije v zemeljskem težnostnem polju

W<sub>p</sub> potencialna energija [J]

m masa telesa [kg]

g težni pospešek [m/s<sup>2</sup>]

h višina [m]

F<sub>g</sub> teža telesa [N]W<sub>k</sub> kinetična energija [J]

v hitrost [m/s]

k koeficient vzmeti [N/m]

s raztezek vzmeti [m]

D sučni koeficient [Nm/(rd)]

φ zasuk telesa [rd]

η izkoristek [1]

W<sub>kor</sub> koristno delo, energija [J]

$$\eta = \frac{W_{kor}}{W} \rightarrow \eta = \frac{P_k}{P} \Rightarrow$$

izkoristek stroja

W dovedeno delo [J]  
P moč [W]

Tlak

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

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

F pritisk (= ploskovna sila) [N]  
p tlak [N/m<sup>2</sup> = Pa]  
S površina ploskve [m<sup>2</sup>]

Hookov zakon:

- vijačna vzmet  $F_{vz} = -kx$
- sučna vzmet  $M_{vz} = -D\phi$

Vrtenje (rotacija)

Osnovni Newtonov zakon

$$M = J\alpha$$

$$J_0 = \sum_{i=1}^n m_i r_i^2$$

$$J = J_0 + ma^2$$

M navor [mN]

J vztrajnostni moment [kg m<sup>2</sup>]

$\alpha$  kotni pospešek [(rd)/s<sup>2</sup>]

$J_0$  vzt. moment za os skozi težišče [kg m<sup>2</sup>]

a razdalja osi od vzporedne, glede na katero je podan  $J_0$  [m]

r razdalja masne točke od osi [m]

m masa telesa [kg]

Sunek navora in vrtilna količina

$$Y = M\Delta t$$

$$\Gamma = J\omega$$

$$M\Delta t = J\omega_2 - J\omega_1$$

$$\text{ZOVK: } \sum_{i=1}^n J_i \omega_i = \text{konst.}$$

Y sunek navora [m Ns]

$\Gamma$  vrtilna količina [kg m<sup>2</sup>/s]

$\Delta t$  čas delovanja navora [s]

Delo, moč, energija

$$A = M\phi$$

$$P = M\omega \rightarrow \omega = \text{konst.}$$

$$W_k = \frac{J\omega^2}{2}$$

$$\omega = \sqrt{\frac{2Pt}{J}}$$

$$P = \frac{1}{2} J\alpha^2 t$$

$\omega$  kotna hitrost [(rd)/s]

$\phi$  zasuk [rd]

A delo [J]

P moč [W]

$W_k$  kinetična energija [J]

Primerjava med premim gibanjem in vrtenjem

pot	s	kot	$\phi$
hitrost	$v = \frac{\Delta s}{\Delta t}$	kotna hitrost	$\omega = \frac{\Delta \phi}{\Delta t}$
pospešek	$a = \frac{\Delta v}{\Delta t}$	kotni pospešek	$\alpha = \frac{\Delta \omega}{\Delta t}$
masa	m	vztrajnostni moment	J



<i>sil</i>	F	<i>navor (vrtilni moment)</i>	M
<i>Newtonov zakon</i>	$F = ma$	<i>Newtonov zakon</i>	$M = J\alpha$
<i>gibalna količina</i>	$G = mv$	<i>vrtilna količina</i>	$\Gamma = J\omega$
<i>delo</i>	$A = Fs$	<i>delo</i>	$A = M\phi$
<i>moč</i>	$P = Fv$	<i>moč</i>	$P = M\omega$
<i>kinetična energija</i>	$W_k = \frac{mv^2}{2}$	<i>kinetična energija</i>	$W_k = \frac{J\omega^2}{2}$
<i>Hookov zakon</i>	$F = ks$	<i>Hookov zakon</i>	$M = D\phi$

## Mehanika tekočin in plinov

### Zakoni mirujočega stanja

Pascalov zakon

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

težni tlak

$$p = \rho gh$$

zakon veznih posod

$$h_1 \rho_1 = h_2 \rho_2$$

statični vzgon

$$F_{vzg} = \rho_{sr} g V_{izp}$$

delo tlaka

$$A = p \Delta V$$

stisljivost tekočin

$$\frac{\Delta V}{V} = -\chi \Delta p$$

Boyllov zakon ( $T = \text{konst.}$ )

S ploskev [ $\text{m}^2$ ]

F sila [N]

p težni tlak [ $\text{N}/\text{m}^2 = \text{Pa}$ ]

$\sigma$  specifična teža tekočine (plina) [ $\text{N}/\text{m}^3$ ]

$\rho$  gostota tekočine (plina) [ $\text{kg}/\text{m}^3$ ]

g težni pospešek [ $\text{m}/\text{s}^2$ ]

h višina tekočine [m]

$\rho$  gostota tekočine [ $\text{kg}/\text{m}^3$ ]

$F_{vzg}$  sila vzgona [N]

$\rho$  gostota sredstva (plina, tekočine) [ $\text{kg}/\text{m}^3$ ]

$V_{izp}$  izpodrinjena prostornina [ $\text{m}^3$ ]

A delo [J]

p tlak [Pa]

$\Delta V$  iztisnjena površina [ $\text{m}^3$ ]

$\Delta V/V$  relativno zmanjšanje prostornine [1]

$\Delta p$  sprememba tlaka [Pa]

$\chi$  stisljivost tekočine [ $\text{m}^2/\text{N}$ ]

p tlak [Pa]

V prostornina plina [ $\text{m}^3$ ]

$\rho$  gostota plina [ $\text{kg}/\text{m}^3$ ]

$$p \cdot V = \text{konst.}$$

$$\frac{p_1}{p_2} = \frac{V_2}{V_1}$$

$$\frac{\rho_1}{\rho_2} = \frac{\rho_1}{\rho_2}$$

Površinska napetost

$$F = \gamma l$$

$$\gamma = \frac{A}{\Delta S}$$

## Zakoni gibanja

Prostorninski in masni tok

$$\Phi_v = \frac{V}{t}$$

$$\Phi_v = Sv$$

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

$$\Phi_m = \rho Sv$$

$$S_1 v_1 = S_2 v_2$$

F sila [N]

l dolžina robu [m]

A delo [J]

$\Delta S$  sprememba površine [m<sup>2</sup>]

$\gamma$  površinska napetost [N/m]

$\Phi_v$  prostorninski tok [m<sup>3</sup>/s]

V prost. v času t iztekle tekočine (plina) [m<sup>3</sup>]

t čas iztekanja [s]

$\Phi_m$  masni tok [kg/s]

m masa v času t iztekle tekočine (plina) [kg]

S presek curka [m]

v hitrost toka [m/s]

$\rho$  gostota tekočine (plina) [kg/m<sup>3</sup>]

Bernoullijev zakon:

$$p_2 - p_1 = \frac{\rho v_1^2}{2} - \frac{\rho v_2^2}{2}$$

za vodoravno cev

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

za poševno cev

$$\rightarrow p_2 - p_1 = \frac{\rho v^2}{2}$$

zastojni tlak

$$\text{hitrost iztekanja tekočine} \rightarrow v = \sqrt{2gh}$$

$$\text{hitrost iztekanja plina} \rightarrow v = \sqrt{\frac{2\Delta p}{\rho}}$$

$$\Delta p = \rho g \Delta h$$

$$\Delta p = \frac{1}{2} \rho v^2$$

p tlak [Pa]

$\rho$  gostota tekočine (plina) [kg/m<sup>3</sup>]

h globina tekočine (plina) [m]

v hitrost toka [m/s]

Upor sredstva

$$\text{viskozni upor} \rightarrow \frac{F}{S} = \eta \frac{\Delta v}{\Delta t}$$

$$\text{za kroglo} \rightarrow F = 6\pi\eta rv$$

$$\text{kvadratni zakon upora} \rightarrow F = c_u \frac{\rho v^2}{2} S$$

$$\tau = F/S \quad \text{strižna napetost [N/m}^2\text{]}$$

$$\Delta v / \Delta x \quad \text{strižna hitrost [m/s]}$$

$\eta$  absolutna viskoznost [Ns/m<sup>2</sup>]

F upor proti gibanju [N]

r polmer telesa [m]

S največ. prerez telesa prečno na gibanje [m<sup>2</sup>]

dinamični vzgon  $\rightarrow F_{vzg} = c_v \frac{\rho v^2}{2} S$

Reynoldsovo število  $\rightarrow Re = \frac{2rv\rho}{\eta}$

$c_u$  koeficient upora [1]  
 $\rho$  gostota sredstva [ $\text{kg/m}^3$ ]  
 $F_{vzg}$  dinamični vzgon [N]  
 $c_v$  koeficient vzgona [1]  
 $Re$  Reynoldsovo število [1]

## Kalorika

### Kinetična teorija idealnih plinov

$$m' = \frac{M}{N_a}$$

$$n = \frac{m}{M}$$

$$V_{kmol} = \frac{M}{\rho_0} = 22.4 \text{ m}^3$$

$$r = \frac{p_0}{\rho_0 T_0} = c_p - c_v$$

$$R = Mr = \frac{p_0 V_{0kmol}}{T_0} = 8.31 \text{ J/K} \cdot \text{kmol}$$

$$k = \frac{R}{N_a} = 1.38 \cdot 10^{-23} \text{ J/K}$$

$$\overline{W}_k = \frac{1}{2} m' \overline{v^2} = \frac{3}{2} kT$$

$$W_n = N_a \frac{3}{2} kT$$

$$p = \frac{1}{3} \rho \overline{v^2} = \frac{2}{3} N \frac{m' \overline{v^2}}{2}$$

$$T = \frac{2}{3} \frac{1}{k} \overline{W}_k$$

$m'$  masa molekule [kg]  
 $M$  molekularna (kilomolska) masa [ $\text{kg/kmol}$ ]  
 $N_a$  Avogadrovo število [ $1/(\text{kmol})$ ]  
 $n$  število kilomolov [kmol]  
 $m$  masa snovi [kg]  
 $V_{kmol}$  kilomolska prostornina [ $\text{m}^3/\text{kmol}$ ]  
 $r$  specifična plinska konstanta [ $\text{J/kg K}$ ]  
 $p_0$  normalni zračni tlak [Pa]  
 $\rho_0$  gostota plina pri normalnih pogojih ( $p_0, T_0$ ) [ $\text{kg/m}^3$ ]  
 $T_0$  absolutna temperatura ledišča [K]  
 $c_p$  specifična toplota plina pri stalnem tlaku [ $\text{J/kg K}$ ]  
 $c_v$  specifična toplota plina pri stalni prostornini [ $\text{J/kg K}$ ]  
 $R$  splošna plinska konstanta [ $\text{J/K kmol}$ ]

$k$  Boltzmanova konstanta [ $\text{J/K}$ ]  
 $W_n$  notranja energija kilomola plina [J]  
 $T$  absolutna temperatura [K]  
 $p$  tlak plina [Pa]  
 $\rho$  gostota plina [ $\text{kg/m}^3$ ]  
 $\overline{v}$  srednja hitrost molekule [m/s]  
 $N$  število molekul na prostorsko enoto [ $1/\text{m}^3$ ]  
 $\overline{W}_k$  srednja kinetična energija molekul [J]

*Temperaturno raztezanje trdnih snovi in tekočin*

$\frac{\Delta l}{l} = \alpha \Delta T$	$l$ dolžina telesa [m]
$l_2 = l_1(1 + \alpha \Delta T)$	$\Delta l$ podaljšek [m]
$\frac{\Delta V}{V_0} = \beta \Delta T$	$\alpha$ poprečni temperaturni koeficient dolžinskega raztezka za dani temperaturni interval [1/K]
$V_2 = V_1(1 + \beta \Delta T)$	$\Delta T$ prirast temperature [K]
$\beta = 3\alpha$	$V_1, V_2$ prostornini telesa pred segrevanjem in po njem [m <sup>3</sup> ]
$\frac{\Delta \rho}{\rho} = -\beta \Delta T$	$\beta$ poprečni temperaturni koeficient prostorskega raztezka za dani temperaturni interval [1/K]
$\rho_2 = \rho_1(1 - \beta \Delta T)$	$\rho_1, \rho_2$ gostoti telesa pred segrevanjem in po njem [kg/m <sup>3</sup> ]
površinsko raztezanje $\rightarrow \frac{\Delta S}{S} = 2\alpha \Delta T$	$\Delta \rho$ sprememba gostote [kg/m <sup>3</sup> ]
	$S$ površina telesa [m <sup>2</sup> ]

*Plinski zakoni*Boylov zakon ( $T = \text{konst.}$ )

$$p_1 V_1 = p_2 V_2$$

 $p$  tlak plina [N/m<sup>2</sup> = Pa] $V$  prostornina plina [m<sup>3</sup>]GayLussacov zakon ( $p = \text{konst.}$ )

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

 $T_{1,2}$  absolutna temperatura plina [K]Amontonsov zakon ( $V = \text{konst.}$ )

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

$$\beta = \frac{1}{T_0} = \frac{1}{273^\circ \text{K}} \rightarrow$$

za idealne pline

 $T_0$  absolutna temperatura ledišča [K] $r$  specifična plinska konstanta [J/kg K] $\beta$  temperaturni koeficient prostorskega raztezka = temperaturni koeficient tlaka [1/K]

Splošni plinski zakon

$$\frac{p_1 V_1}{T_1} = \frac{p_2 V_2}{T_2} = \frac{p_0 V_0}{T_0}$$

ali

$$\frac{p_1}{\rho_1 T_1} = \frac{p_2}{\rho_2 T_2}$$

ali

$$pV = mrT$$

 $p_0$  normalni zračni tlak [Pa] $T_0$  absolutna temperatura ledišča [K] $V_0$  prostornina plina pri  $p_0$  in  $T_0$  [m<sup>3</sup>] $\rho_0$  gostota plina pri  $p_0$  in  $T_0$  [kg/m<sup>3</sup>] $m$  masa plina [kg]

Kilomolska oblika tega zakona

$$pV = nRT$$

ali

$$\frac{p}{\rho T} = \frac{nR}{M}$$

 $R$  splošna plinska konstanta [J/kmol K] $n$  število kilomolov [1] $M$  molekularna masa plina [kg] $\rho$  gostota plina [kg/m<sup>3</sup>]

Daltonov zakon za plinsko zmes

$$p = p_1 + p_2 + p_3 + \dots$$

$$pV = n_1 RT + n_2 RT + n_3 RT + \dots$$

$n_1, n_2$  število kilomolov posameznega plina v mešanici [kmol]

Adiabatski proces (Poissonov zakon)

$$p_1 V_1^\kappa = p_2 V_2^\kappa$$

$$T_1 V_1^{\kappa-1} = T_2 V_2^{\kappa-1}$$

$$\kappa = \frac{c_p}{c_v}$$

$$c_p = c_v + \frac{R}{M}$$

$p_1, p_2$  parcialni tlak [kg/m<sup>3</sup>]

$\kappa$  Poissonova konstanta [1]

$c_p$  specifična toplota plina pri stalnem tlaku [J/kg K]

$c_v$  specifična toplota plina pri stalnem volumnu [J/kg K]

enoatomni plini

$$\rightarrow c_p = \frac{5R}{2M} \Rightarrow \kappa = 1.67$$

dvoatomni plini

$$\rightarrow c_p = \frac{7R}{2M} \Rightarrow \kappa = 1.40$$

tri in več atomni plini

$$\rightarrow c_p = \frac{9R}{2M} \Rightarrow \kappa = 1.3$$

Vlažnost zraka

$$\rho = \frac{m}{V}$$

$$r = \frac{\rho}{\rho_n} \cdot 100\%$$

$$r = \frac{p}{p_n} \cdot 100\%$$

$\rho$  absolutna vlažnost [kg/m<sup>3</sup>]

$m$  masa vodnih par [kg]

$V$  prostornina zraka [m<sup>3</sup>]

$\rho_n$  gostota nasičenih par [kg/m<sup>3</sup>]

$r$  relativna vlažnost [1]

$p$  delni tlak vodne pare [Pa]

$p_n$  delni tlak nasičene vodne pare [Pa]

Delo idealnega plina

Energijski zakon

$$\Delta W_n = A + Q$$

$$A = p\Delta V$$

$\Delta W_n$  sprememba notranje energije [J]

$A$  sprejeto delo [J]

$Q$  dovedena toplota [J]

$p$  tlak [Pa]

$\Delta V$  sprememba prostornine [m<sup>3</sup>]

$c$  specifična toplota snovi [J/kg K]

$m$  masa plina [kg]

$\Delta T$  sprememba temperature [K]

Segrevanje plina pri stalni prostornini ( $V = \text{konst.}$ )

$$Q = \Delta W_n = c_v m \Delta T$$

$$A = 0$$

$Q$  dovedena toplota [J]

$\Delta W_n$  sprememba notranje energije [J]

$c_v$  specifična toplota pri stalni prostornini [J/kg K]

$m$  masa plina [kg]

$\Delta T$  sprememba temperature [K]

Segrevanje plina pri stalnem tlaku ( $p = \text{konst.}$ ):

$$Q = c_p m \Delta T = \Delta W_n + A$$

$$A = nR \Delta T$$

$$c_p - c_v = r = \frac{R}{M}$$

delo na enoto mase.

A delo plina [J]

Q dovedena toplota [J]

$c_p$  specifična toplota pri stalnem tlaku [J/kg K]

m masa plina [kg]

$\Delta T$  sprememba temperature [K]

A delo plina pri raztezanju [J]

$\Delta W_n$  sprememba notranje energije [J]

$c_v$  specifična toplota pri stalni prostornini [J/kg K]

r specifična plinska konstanta [J/kg K]

R splošna plinska konstanta [J/K kmol]

n število kilomolov [1]

Izotermna sprememba plina ( $\Delta W_n = 0$ )

$$-Q = A = mrT \ln \left( \frac{V_2}{V_1} \right) = mrT \ln \left( \frac{p_1}{p_2} \right)$$

A delo [J]

m masa plina [kg]

r specifična plinska konstanta [J/kg K]

T absolutna temperatura [K]

V prostornina plina [m<sup>3</sup>]

p tlak plina [Pa]

Adiabatna sprememba plina ( $Q = 0$ )

$$A = c_v m (T_1 - T_2) = \Delta W_n$$

A delo [J]

n število kilomolov [1]

R splošna plinska konstanta [J/K kmol]

T absolutna temperatura [K]

$\kappa$  Poissonova konstanta [1]

$c_v$  specifična toplota pri stalni prostornini [J/K K]

m masa plina [kg]

$\Delta T$  sprememba temperature [K]

*Spremembe agregatnega stanja in gorenje*

$$Q_t = q_t m$$

$$Q_i = q_i m$$

$$Q_s = q_s m$$

$$Q = Hm$$

$Q_t$  talilna toplota [J]

$q_t$  specifična talilna toplota [J/kg]

m masa snovi [kg]

$Q_i$  izparilna toplota [J]

$q_i$  specifična izparilna toplota [J/kg]

$Q_s$  sežigna toplota [J]

$q_s$  specifična sežigna toplota [J/kg]

H kurilna vrednost [J/kg]

*Prevajanje toplote*

P toplotni tok [W]

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

$$P = \lambda \frac{S \Delta T}{l}$$

$$j = \frac{P}{S}$$

$$j = \lambda \frac{\Delta T}{l}$$

$$j = \frac{(T_1 - T_2)}{\frac{l_1}{\lambda_1} + \frac{l_2}{\lambda_2}}$$

$$\text{toplotni upor} \rightarrow R = \frac{l}{\lambda S}$$

t trajanje toka [s]

Q v času t prenesena toplota [J]

S presek toplotnega curka [m<sup>2</sup>]

ΔT temperaturna razlika [K]

l debelina stene [m]

λ toplotna prevodnost [W/m K]

j gostota toplotnega toka [W/m<sup>2</sup>]

ΔT/l temperaturni gradient [K/m]

### Toplotni stroji

$$\eta = \frac{A}{Q}$$

$$\eta = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1} = 1 - \frac{Q_2}{Q_1}$$

$$\eta = \frac{T_1 - T_2}{T_1} = 1 - \frac{T_2}{T_1}$$

$$\varepsilon = \frac{T_2}{T_1 - T_2}$$

$$P = \frac{\eta Q}{t}$$

η toplotni izkoristek [1]

A opravljeno delo [J]

Q<sub>1</sub> dovedena toplota [J]

Q<sub>2</sub> odvedena toplota [J]

T absolutna temperatura delovne snovi [K]

ε izkoristek hladilnika [1]

		Q	A	ΔW <sub>not</sub>
izohorni	dV=0	mc <sub>v</sub> ΔT	0	mc <sub>v</sub> ΔT
izobarni	dp=0	mc <sub>p</sub> ΔT	$\frac{m}{M} R \Delta T$	mc <sub>v</sub> ΔT
izotermni	dT=0	$p_1 v_1 \ln \frac{V_2}{V_1}$	$p_1 v_1 \ln \frac{V_2}{V_1}$	0
adiabatni	dQ=0	0	Δ	mc <sub>v</sub> ΔT

## Nihanje in valovanje

*Sinusno (harmonično) nihanje*

$$v = \frac{N}{t} = \frac{1}{t_0}$$

$$\omega = 2\pi v$$

$$\phi = \omega t$$

$v$  frekvenca [1/s]

$N$  število nihajev [1]

$t$  čas nihanja [s]

$t_0$  nihajni čas [s]

$\omega$  krožna frekvenca [(rd)/s]

$\phi$  fazni kot (faza) [rd]

Če je nihajoče telo ob času  $t = 0$  v mirovalni legi, veljajo naslednji obrazci za  $s$ ,  $v$  in  $a$ :

$$s = s_0 \sin \omega t$$

$$v = \omega s_0 \cos \omega t$$

$$a = -\omega^2 s_0 \sin \omega t$$

$s$  odmik [m]

$s_0$  amplituda [m]

$\omega$  krožna frekvenca [(rd)/s]

$t$  čas nihanja [s]

$v$  hitrost [m/s]

$a$  pospešek [m/s<sup>2</sup>]

$\phi_0$  fazni kot ob času  $t = 0$  [rd]

Če pa je nihajoče telo ob času  $t = 0$  v fazi  $\phi_0$ , veljajo obrazci:

$$s = s_0 \sin(\omega t + \phi_0)$$

$$v = \omega s_0 \cos(\omega t + \phi_0)$$

$$a = -\omega^2 s_0 \sin(\omega t + \phi_0)$$

$$\omega = 2\pi v$$



*Lastna nihanja nekaterih nihalo*

Nitno nihalo

$$F = mg\phi = m\frac{g}{l}s$$

$$t_0 = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$$

$$v_0 = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{g}{l}}$$

$$W = \frac{m\omega^2 s_0^2}{2}$$

Vzmetno nihalo

$$F = ks$$

$$t_0 = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$$

$$v_0 = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{k}{m}}$$

$$W = \frac{1}{2}ks_0^2$$

Težno (fizično) nihalo

$$M = mgl\phi$$

$$t_0 = 2\pi\sqrt{\frac{J}{mgl}}$$

$$l' = \frac{J}{ml}$$

$$W = \frac{J\omega^2\phi_0^2}{2}$$

Spiralno nihalo

$$M = D\phi$$

$$t_0 = 2\pi\sqrt{\frac{J}{D}}$$

$$W = \frac{1}{2}D\phi_0^2$$

F sila na nihajoče telo [N]

g težni pospešek [m/s<sup>2</sup>] $\phi$  fazni kot [rd]

l dolžina nitnega nihala [m]

s odmik [m]

 $t_0$  nihajni (lastni) čas [s] $v_0$  lastna frekvenca [1/s]

W energija nihanja [J]

m masa telesa [kg]

 $\omega$  krožna frekvenca [(rd)/s] $s_0$  amplituda (maks. odmik) [m]

F sila na nihajoče telo [N]

k koeficient vzmeti [N/m]

s odmik [m]

 $t_0$  nihajni (lastni) čas [s] $v_0$  lastna frekvenca [1/s]

W energija nihanja [J]

m masa telesa [kg]

 $s_0$  amplituda [m]

M navor sile na nihajoče telo [Nm]

m masa nihajočega telesa [kg]

g težni pospešek [m/s<sup>2</sup>]

l razdalja težišča od osi [m]

 $\phi$  zasuk telesa [rd]J vztrajnostni moment telesa [kg/m<sup>2</sup>]

l' reducirana dolžina nihala [m]

W energija nihanja [J]

POZOR

$$\omega < \text{krožna frekvenca } \frac{d\phi}{dt}$$

M navor sile [Nm]

D sučni koeficient vzmeti [Nm/(rd)]

J vztrajnostni moment [kg/m<sup>2</sup>] $\phi$  zasuk vzmeti [rd] $\phi_0$  največji zasuk [rd]

W energija nihanja [J]

## Valovanje

### Potujoče valovanje

$$c = \lambda v$$

$$v = \frac{1}{t_0}$$

$$\omega = 2\pi v$$

$$\Delta\phi = 2\pi \frac{x}{\lambda}$$

$$y = y_0 \sin \omega \left( t - \frac{x}{c} \right)$$

$c$  hitrost širjenja valovanja [m/s]

$\lambda$  valovna dolžina [m]

$v$  frekvenca [1/s]

$t_0$  nihajni čas valovnega izvora [s]

$\omega$  krožna frekvenca [(rd)/s]

$\Delta\phi$  fazni premik med nihanjem delca in valovnega izvora [rd]

$x$  razdalja od valovnega izvora [m]

$y$  odmik delca [m]

$y_0$  največji odmik [m]

a) Hitrost transversalnega valovanja na napeti vrvi ali struni:

$$c = \sqrt{\frac{F}{\rho S}}$$

$$c = \sqrt{\frac{FL}{m}}$$

$c$  hitrost širjenja valovanja [m/s]

$F$  sila, s katero je vrv napeta [N]

$\rho$  gostota snovi [kg/m<sup>3</sup>]

$m$  masa [kg]

$S$  presek vrvi [m<sup>2</sup>]

b) Hitrost longitudinalnega valovanja

v palici  $\rightarrow c = \sqrt{\frac{E}{\rho}}$

v tekočini  $\rightarrow c = \sqrt{\frac{\kappa}{\chi \rho}}$

v plinih  $\rightarrow c = \sqrt{\frac{\kappa p}{\rho}} = \sqrt{\kappa \frac{RT}{M}}$

ali  $c = c_0 \sqrt{1 + \beta \Delta t}$

V zraku je  $c = (331 + 0.6 \Delta t)$

$c$  hitrost širjenja valovanja [m/s]

$E$  prožnostni modul [N/m<sup>2</sup>]

$\rho$  gostota snovi [kg/m<sup>3</sup>]

$\kappa$  Poissonova konstanta (za zrak  $\kappa = 1.4$ ) [1]

$\chi$  stisljivost tekočine [m<sup>2</sup>/N]

$p$  tlak plina [Pa]

$R$  splošna plinska konstanta [J/K kmol]

$T$  absolutna temperatura plina [K]

$M$  kilomolska masa [kg]

$c_0$  hitrost zvoka pri 0°C [m/s]

$\beta$  temperaturni koeficient prostorskega raztezka plina [1/K]

c) Hitrost zvoka

v tekočini  $\rightarrow c = \sqrt{\frac{1}{\kappa \rho}}$

v trdni snovi  $\rightarrow c = \sqrt{\frac{E}{\rho}}$

v plinih  $\rightarrow c = \sqrt{\frac{\kappa RT}{M}}$

*Stoječe valovanje*

a) Transverzalno: lastna nihanja strune (palice)

$$v_N = (N+1) \frac{c}{2l} \rightarrow \text{če sta oba konca vpet}$$

$$v_N = (2N+1) \frac{c}{4l} \rightarrow \text{če je en konec prost, drugi vpet}$$

b) Longitudinalno: lastna nihanja zračnega stebra v piščali

$$v_N = (N+1) \frac{c}{2l} \rightarrow \text{če sta obe strani: odprti ali zaprti}$$

$$v_N = (2N+1) \frac{c}{4l} \rightarrow \text{če je ena odprta, druga zaprta}$$

 $v_N$  lastna frekvenca [1/s]

N celo pozitivno št. ali 0 [N = 0, 1, 2, 3, ...]

c hitrost valovanja (zvoka) [m/s]

l dolžina strune (palice) [m]

*Dopplerjev pojav*

a) Izvor se giblje, opazovalec miruje

$$v_1 = \frac{v}{1 - \frac{v}{c}} \rightarrow \text{približevanje}$$

$$v_2 = \frac{v}{1 + \frac{v}{c}} \rightarrow \text{oddaljevanje}$$

v frekvenca izvora [1/s]

c hitrost valovanja [m/s]

v hitrost gibanja izvora [m/s]

 $v_1, v_2$  frekvenca, ki jo zazna opazovalec [1/s]

$$\text{Mach} \rightarrow \frac{1}{M} = \frac{c}{v}$$

c = 340 m/s

b) Opazovalec se giblje, izvor miruje

$$v' = v \left( 1 + \frac{v}{c} \right) \rightarrow \text{približevanje}$$

$$v'' = v \left( 1 - \frac{v}{c} \right) \rightarrow \text{oddaljevanje}$$

v frekvenca izvora [1/s]

 $v_1, v_2$  frekvenci valov, ki jih zazna opazovalec [1/s]

c hitrost valovanja [m/s]

v hitrost opazovalca [m/s]

*Energija valovanja*

a) Energijski tok skozi ploskev S

$$P = \frac{W}{t} = wSc$$

b) gostota energijskega toka (= jakost valovanja)

P energijski tok [W]

W prenesena energija [J]

t čas prenašanja energije [s]

w gostota energije [J/m<sup>3</sup>]S ploskev [m<sup>2</sup>]

c hitrost valovanja [m/s]

j gostota energijskega toka (jakost valovanja) [W/m<sup>2</sup>] $\rho$  gostota snovi [kg/m<sup>3</sup>]

$$j = \frac{P}{S} = \omega c$$

ali

$$j = \frac{\rho v_0^2}{2} c$$

$v_0$  hitrost pri prehodu skozi ravnovesno lego  
[m/s]

### Odboj valovanja (refleksija)

#### a) linearno valovanje

Pri odboju na gostejšem sredstvu je (indeks 1 pred odbojem, indeks 2 po odboju)

$$y_2 = -y_1$$

$$\phi_2 = \phi_1 + \pi$$

$$x = N \frac{\lambda}{2}$$

$y$  elongacija nihajoče točke pred odbojno steno [m]

$\phi$  faza nihajoče točke pred odbojno steno [rd]

$x$  oddaljenost vozlov od odbojne stene

$\lambda$  valovna dolžina [m]

$N$  celo pozitivno število ali 0 [ $N = 1, 2, 3, \dots$ ]

Pri odboju na redkejšem sredstvu je

$$y_2 = y_1$$

$$\phi_2 = \phi_1$$

$$x = (2N + 1) \frac{\lambda}{2}$$

#### b) ravninsko valovanje

Odboj na ravni steni

$$\alpha = \beta$$

$\alpha$  vpadni kot [rd]

$\beta$  odbojni kot [rd]

Lom na meji dveh sredstev

$$\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{c_1}{c_2}$$

$\alpha$  vpadni kot [rd]

$\beta$  lomni kot [rd]

$c$  hitrost valovanja [m/s]

Interferenca na ravnini

$$r_2 - r_1 = d \sin \beta = N\lambda \quad \text{maksimum}$$

$$r_2 - r_1 = d \sin \beta = (2N + 1) \frac{\lambda}{2} \quad \text{minimum}$$

$$N_{\max} = \frac{d}{\lambda}$$

$r$  oddaljenost od valovnega izvora [m]

$d$  medsebojna razdalja dveh izvorov [m]

$\lambda$  valovna dolžina [m]

$N$  celo število [ $N = 1, 2, 3, \dots$ ]

$\beta$  smer interferenčnih hiperbol [rd]

$N_{\max}$  največje število maksimumov [1]

## **Elektrika**

*(sledi v drugem dokumentu z imenom »Fizika II« za program UNI)*