

# Fizika snov

*Rok Kos*

Gimnazija Vič, Tržaška cesta 72

# Kazalo

# 1 FIZIKALNE KOLIČINE IN ENOTE

**Fizikalna količina** je produkt merskega števila in merske enote.

$$s = 5 \text{ m} \rightarrow \text{merska enota}$$

↓  
mersko št.

## 1.1 Osnovne in sestavljene enote

Osnovne fizikalne količine	Osnovne fizikalne enote
dolžina	m
masa	kg
čas	s
el. tok	A
temperatura	K
svetilnost	cd
količina snovi	mol

Vse ostale enote lahko zapišemo s temi.

Sestavljene fizikalne enote:  $\frac{m}{s}$ , N, J, W..

$$1N = \frac{1kgm}{s^2}$$

## 1.2 Predpone

P(peta)	$10^{15}$
T(tera)	$10^{12}$
G(giga)	$10^9$
M	$10^6$
k	$10^3$
h	$10^2$
da	10
d	$10^{-1}$
c	$10^{-2}$
m	$10^{-3}$
$\mu$	$10^{-6}$
n	$10^{-9}$
p(piko)	$10^{-12}$
f(fento)	$10^{-15}$

## 1.3 Merjenje

**NAPAKE:**

- SLUČAJNE(odvisne od natančnosti merilca) → te napake se da zmanjšati z večkratnim merjenjem
- SISTEMATIČNE(odvisne od merilne naprave) → se jih neda odpraviti z večkratnim merjenjem

Vse meritve zapišemo v **tabelo**

dolžina l	[m]
1	$x_1$
2	$x_2$
3	$x_3$
$\vdots$	$\vdots$
n	$x_n$

Izračun povprečne vrednosti :  $\bar{x}$

$$\bar{x} = \frac{x_1 + x_2 + \dots + x_n}{n}$$

**Absolutna Napaka  $\Delta x$**

$\Delta x$  je največje odstopanje meritve od povprečne vrednosti.

$$x = \bar{x} \pm \Delta x$$

**Relativna Napaka  $\delta x$**

$$\delta x = \frac{\Delta x}{\bar{x}}$$

$$x = \bar{x} \left( 1 \pm \frac{\Delta x}{\bar{x}} \right)$$

## 1.4 Računanje z napakami

**Vsota in razlika**

$$a = \bar{a} \pm \Delta a$$

$$b = \bar{b} \pm \Delta b$$

---


$$(a + b)_{max} = (\bar{a} + \Delta a) + (\bar{b} + \Delta b) = (\bar{a} + \bar{b}) + (\Delta a + \Delta b)$$

$$(a + b)_{min} = (\bar{a} - \Delta a) + (\bar{b} - \Delta b) = (\bar{a} + \bar{b}) - (\Delta a + \Delta b)$$


---

$$a + b = (\bar{a} + \bar{b}) \pm (\Delta a + \Delta b)$$

$$a - b = (\bar{a} - \bar{b}) \pm (\Delta a + \Delta b)$$

Pri seštevanju in odštevanju seštevamo **absolutne napake**.  
**Množenje in deljenje**

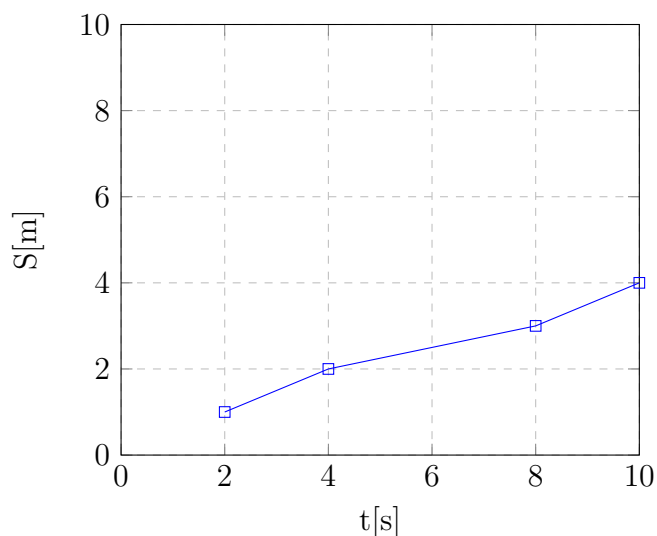
$$\begin{aligned}
 a &= \bar{a} \pm \Delta a \\
 b &= \bar{b} \pm \Delta b \\
 \hline
 ab_{max} &= (\bar{a} + \Delta a)(\bar{b} + \Delta b) = \bar{a}\bar{b} + \bar{a}\Delta b + \bar{a}\Delta b + \cancel{\Delta a\Delta b}^0 \\
 &= \bar{a}\bar{b}\left(1 + \frac{\Delta a}{\bar{a}} + \frac{\Delta b}{\bar{b}}\right) = \bar{a}\bar{b}(1 + (\delta a + \delta b)) \\
 ab_{min} &= (\bar{a} - \Delta a)(\bar{b} - \Delta b) = \bar{a}\bar{b} - \bar{a}\Delta b - \bar{a}\Delta b + \cancel{\Delta a\Delta b}^0 \\
 &= \bar{a}\bar{b}\left(1 - \frac{\Delta a}{\bar{a}} - \frac{\Delta b}{\bar{b}}\right) = \bar{a}\bar{b}(1 - (\delta a + \delta b)) \\
 \hline
 ab &= \bar{a}\bar{b}(1 \pm (\delta a + \delta b)) \\
 \frac{a}{b} &= \frac{\bar{a}}{\bar{b}}(1 \pm (\delta a + \delta b))
 \end{aligned}$$

Pri množenju in deljenju seštevamo **realtivne napake**.  
**Potenciranje**

$$\begin{aligned}
 a &= \bar{a} \pm \Delta a \\
 a^n &= \bar{a}^n(1 \pm (n\delta a))
 \end{aligned}$$

## 1.5 Grafična predstavitev rezultatov

1. Urejene osi(enote, številke)
2. Pravilno vnešene meritve
3. Premica, ki se najbolj prilega
4. Smerni koeficient(z enotami)
5. Fizikalni pomen smernega koeficienta(hitrost, fizikalna količina)



$$k = \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1}$$

**Zveza:**  $S = vt$

## 2 PREMO IN KRIVO GIBANJE

### 2.1 Premo gibanje

Gibanje je **realtivno** (vse se vedno giba), vedno je treba povedati glede na kaj se giba.

**Lega** je kordinata telesa v prostoru. Lahko jo zapišemo s kordinatami kot:

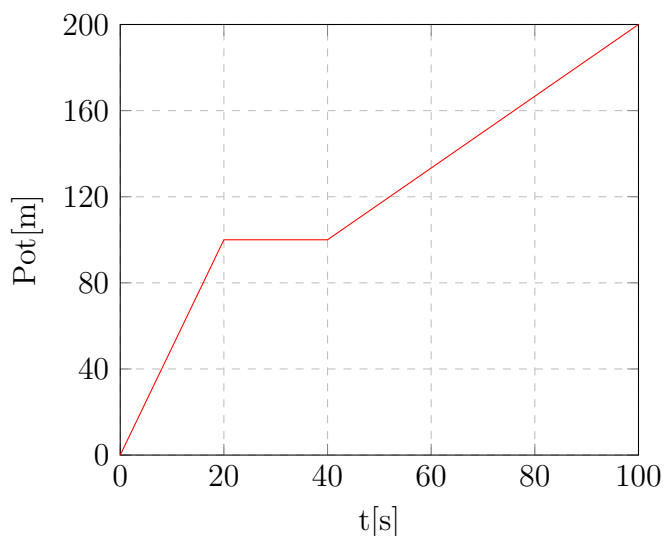
- številsko premico (ena dimenzija)
- 2-dimenzionalni kordinatni sistem (dve dimenziji)
- 3-dimenzionalni kordinatni sistem (tri dimenzije)

**Premik** definiramo kot razdaljo med začetno in kočno lego, kateremu lahko določimo smer. (se vprašamo kam)

**Zapis:**

Kartezični (Vektor)  $\rightarrow (-60km, -70km)$  ali  $(x, y)$

Cilindrične kordinate  $\rightarrow (-92km, 230^\circ C)$  ali  $(r, \alpha)$



Pot se vedno **veča** zato nikoli ne gre v **minus**.

## 2.2 Hitrost

**Hitrost** nam pove kakšna pot naredimo v določenem času. Hitrost je vektorska količina odvisna od smeri. Poznamo tudi skalarne količine (npr. Masa).

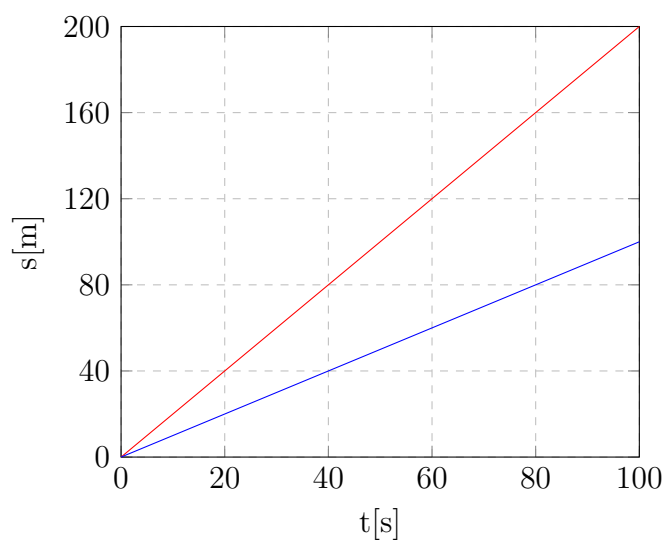
**Enačbe, ki so svete:**

$$\begin{aligned} v &= v_0 + at \\ s &= v_0 t + \frac{at^2}{2} \\ v^2 &= v_0^2 + 2as \end{aligned}$$

## 2.3 Enakomerno gibanje

To je gibanje pri katerem je **hitrost konstantna**. Telo v enakih časovnih intervalih naredi enako pot. Primer: krogla, ki jo iztrelimo v breztežnostnem prostoru.

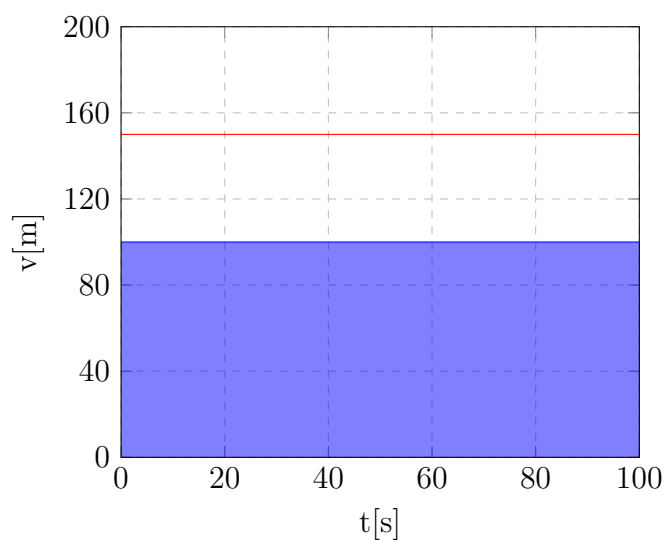
$$\begin{aligned} a &= 0 \\ v &= v_0 \\ s &= v_0 t \rightarrow v_0 = \frac{s}{t} \\ v^2 &= v_0^2 \end{aligned}$$



Naklon pove hitrost

$$f = \tan \alpha = k$$

$$k = \frac{\Delta y}{\Delta x} = \frac{\Delta s}{\Delta t} = v$$



**Ploščina** pod krivuljo nam pove prepotovano pot.

$$s = tv$$

## 2.4 Enakomerno pospešeno gibanje

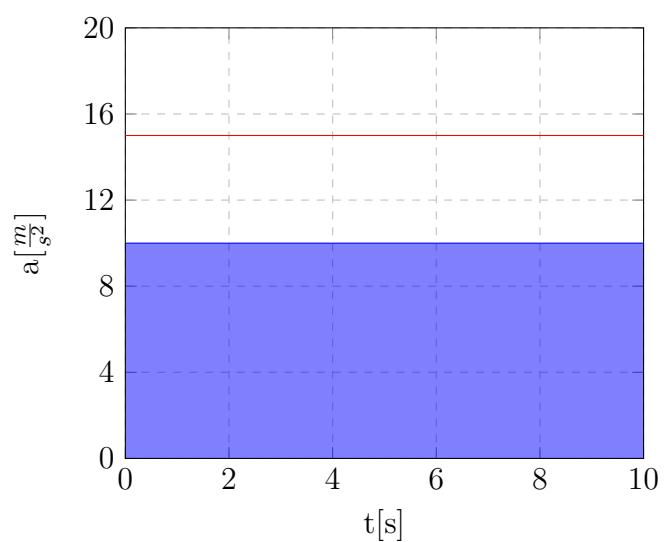
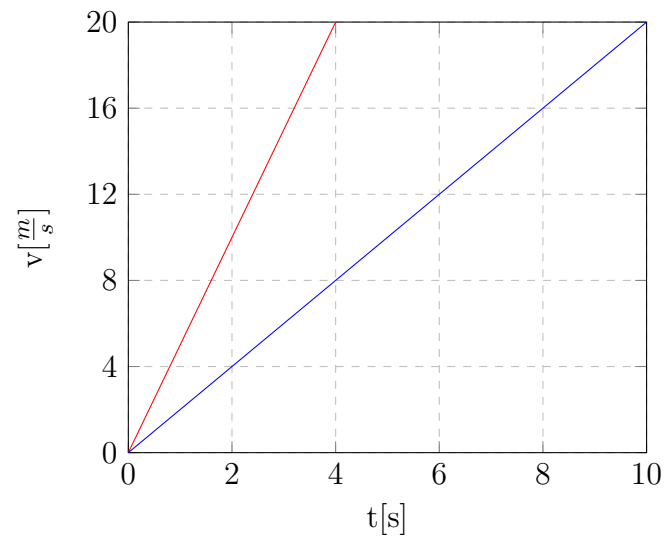
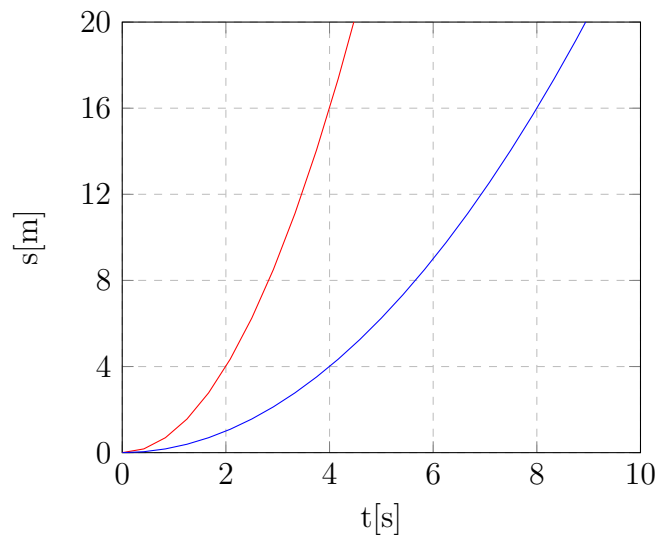
Enakomerno pospešeno gibanje je gibanje pri katerem se hitrost **enakomerno spreminja**. Pospešek nam pove za koliko se v določenem času spremeni hitrost.



$$\frac{m}{s} \rightarrow \left[ \frac{m}{s^2} \right] \rightarrow \text{enota}$$

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t}$$

**GRAFI:**



Strmina premice hitrosti od časa nam pove velikost pospeška.

$$k = \frac{\Delta v}{\Delta t} = a$$

Tangenta na krivuljo grafa poti od časa v vsaki točki govori o hitrosti telesa. Ploščina pod krivuljo grafa pospeška od časa nam pove hitrost.

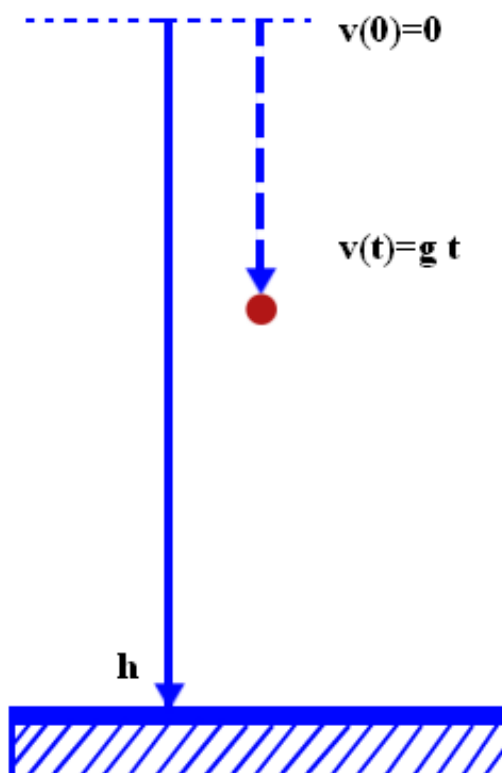
$$v = at$$

Odvod poti proti času in odvod hitrosti po času

$$v = \frac{ds}{dt}$$

$$v = \frac{dv}{dt}$$

## 2.5 Prosti pad



$$v = gt$$

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

$$v^2 = 2gh$$

## 2.6 Navpični met navzdol

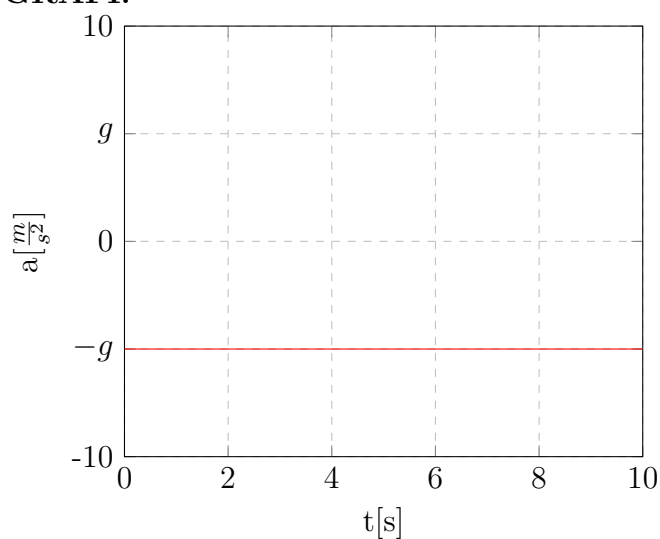
$$v = v_0 \pm gt$$

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

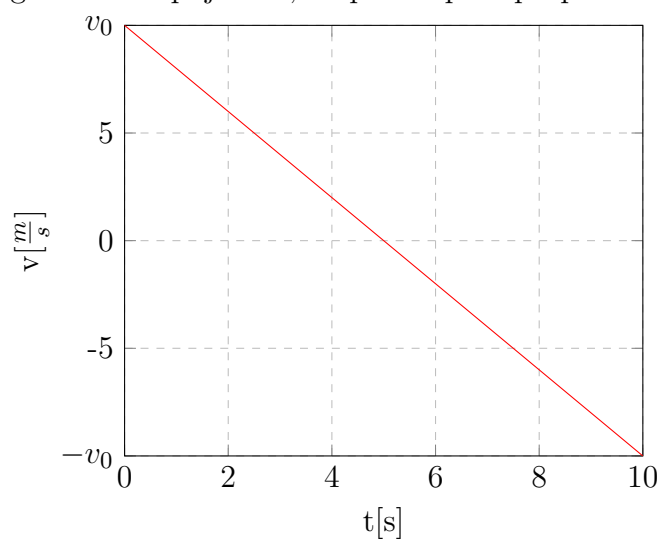
$$v^2 = v_0^2 \pm 2gh$$

## 2.7 Navpični met navzgor

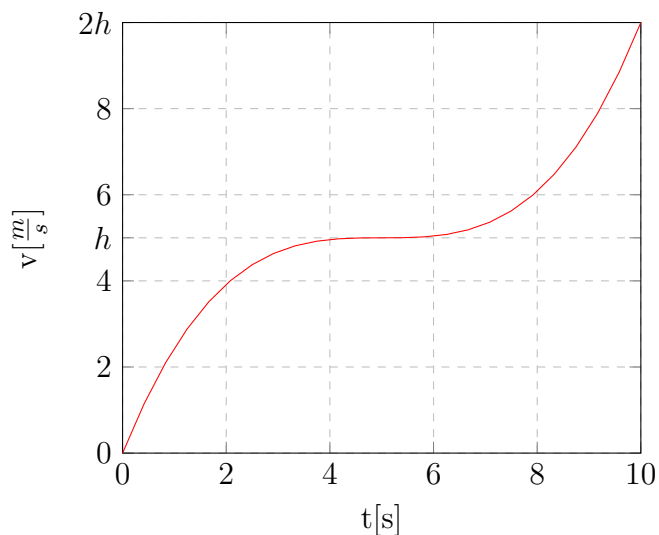
**GRAFI:**



Smer in velikost pospeška sta vedno ista (osvisna od mase zemlje.) Ko gre telo gor govorimo o pojemku, ko pa dol pa o pospešku.



Ker je pospešek vedno enak se graf ne lomi.



### ENAKOMERNO POJEMAJOČE

$$v = v_0 \pm gt$$

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

$$v^2 = v_0^2 \pm 2gh$$

### ENAKOMERNO POSPEŠUJOČE

$$v = gt$$

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

$$v^2 = 2gh$$

## 2.8 Ravninsko gibanje

Gibanje v eno smer ni odvisno od nasprotnega gibanja. Hitrosti se vektorsko seštevajo.

Čas, ki ga bo potreboval za prehod reke je odvisen od samo od **dolžine reke** in **njegove hitrosti**. Celotna pot in zamik pa sta odvisna od reke. Gibanje je **enakomerno**.

$$S = vt$$

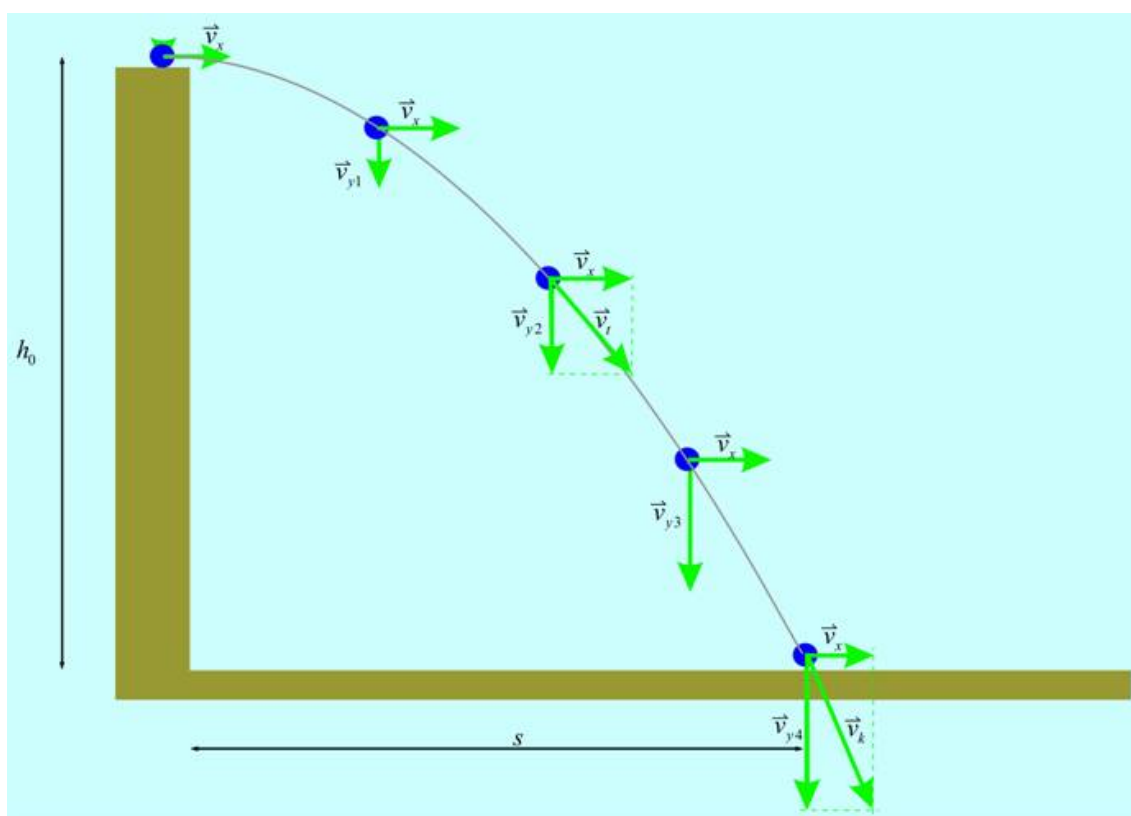
$$t = \frac{h}{v_c}$$

$$v^2 = v_r^2 + v_c^2$$

$$S = \sqrt{x^2 + h^2}$$

$$x = v_r t$$

## 2.9 Vodoravni met



Hitrost  $\vec{v}$  je vedno **tangentna** na traektorijo (pot po kateri se premika).

X smer	Y smer
enakomerno gibanje	enakomerno pospešeno gibanje
$v = \text{konst.}$	$a = g, v \neq \text{konst.}$
/	prosti pad
t	t

$$v_x = \frac{x}{t}$$

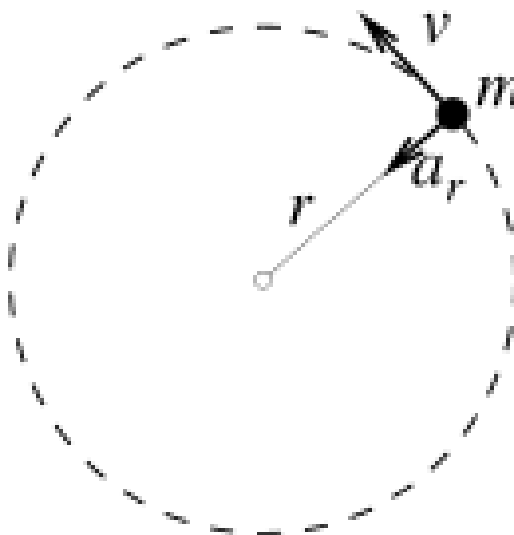
$$v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2}$$

$$v_y = gt$$

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

## 2.10 Kroženje

### ENAKOMERNO



Kroženje je vedno pospešeno gibanje saj se **vektor vedno spreminja**. Enakomerno pa ker je  $|\vec{v}|$  **vedno konstanten**, ne pa sam  $\vec{v}$ .

$t_0$  - obhodni čas.

$\nu$  - frekvenca, predstavi število obratov v nekem času.

$$\nu = \frac{N}{t} = \frac{1}{t_0} [Hz]$$

$\omega$  - kotna hitrost, pove nam za kakšen kot prepotujemo v določenem času, enote so v radianih na sekundo

$$v = \frac{\Delta\phi}{\Delta t} = \frac{360^\circ}{t_0} = \frac{2\pi}{t_0} = 2\pi \frac{1}{t_0} = 2\pi\nu \left[\frac{1}{s}\right]$$

$v$  - ubodna hitrost, je tangenta na krožnico, ubod pomeni zunanji rob, pove nam kolikšen krožni lok (odsek krožnice) opravi v določenem času).

$$v = \frac{\Delta l}{\Delta t} = \frac{2\pi r}{t_0} = 2\pi \frac{1}{t_0} r = \omega r \left[\frac{m}{s}\right]$$

$a_r$  - radialni pospešek, vedno kaže v središče, spreminja smer hitrosti na krožnici.

$$a_r = \frac{\Delta v}{\Delta t} = v\omega = r\omega^2 = \frac{v^2}{r} \left[ \frac{m}{s^2} \right]$$

## 3 SILA IN NAVOR

### 3.1 Sila

**Učinki sil:**

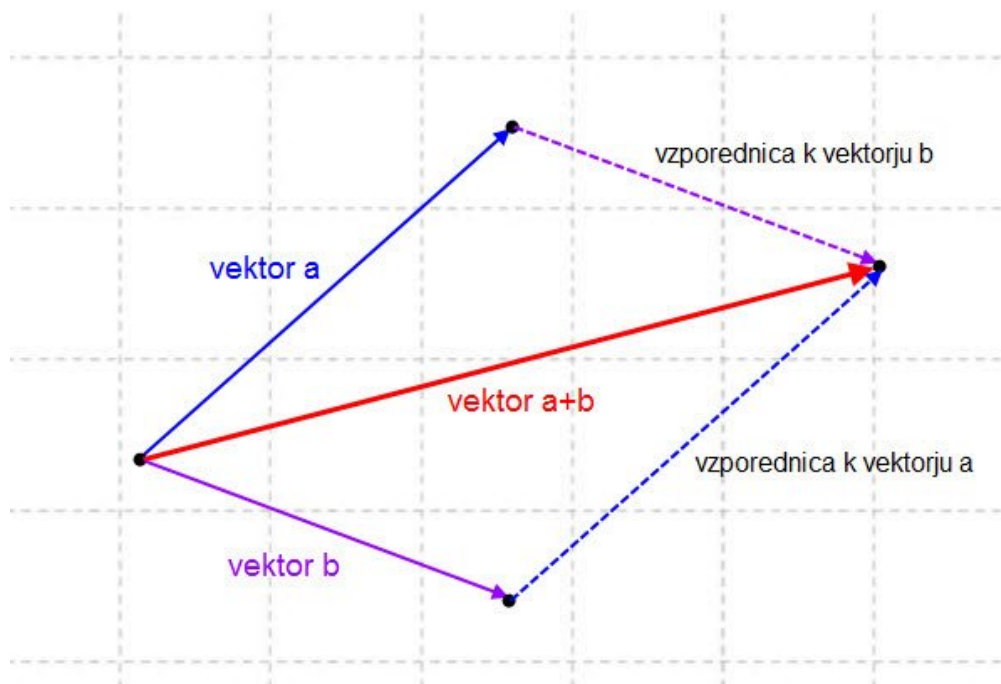
- SPREMEMBE GIBANJA(ustavi, sprememba hitrosti, smeri...)
- DEFORMACIJA(sprememba oblike)

**SILE:**

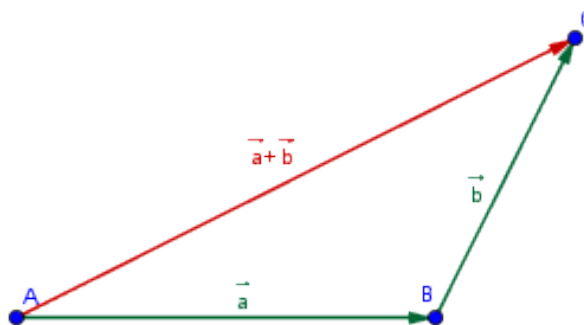
- NOTRANJE(med deli opazovanega telesa)
- ZUNANJE(s katerimi predmeti iz okolice delujemo na opazovalno telo)

**SEŠTEVANJE SIL:**

- PARALELOGRAMSKO PRAVILO(premaknemo v izhodišče in naredimo vzporednice(paralelogram))



- TRIKOTNIŠKO PRAVILO(silo premaknemo na konce prve sile)



## RASTAVLJANJE SIL

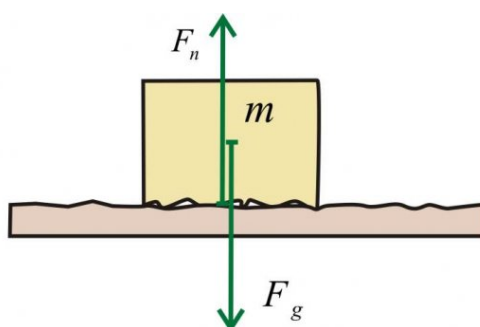
### 3.2 Newtonovi zakoni

1. **IZREK O RAVNOVESJU** (če je vsota vseh zunanjih sil, delujejo na telo enaka 0 potem telo miruje ali se giblje premo enakomerno (Telo vztraja v gibanju)).
2.  $F = ma$
3. **ZAKON O VZAJEMNEM UČINKU** (zakon akcije in reakcije), če 1. telo deluje na 2. z neko silo, deluje tudi 2. nazaj z nasprotno enako silo.

### 3.3 Ravnovesje sil

### 3.4 Trenje in lepenje

Telo miruje na vodoravni podlagi.

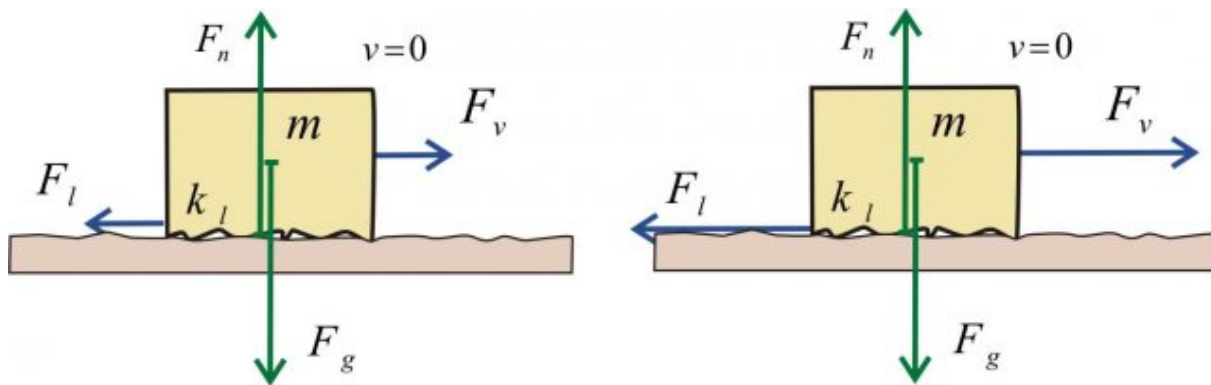


$F_g$  - teža je volumsko porazdeljena sila, narišemo jo z prijemališčem v sredini.

$F_n$  - sila podlage je ploskovno razdeljena in jo narišemo s prejemališčem na sredini ploskve.

Telo še zmeraj miruje.





Sila podlage je sestavljena iz vzdolžne komponente in sile normale.

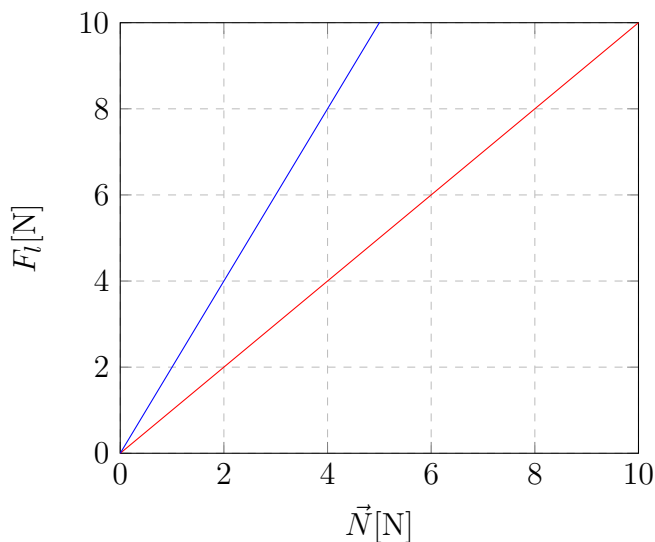
Če povečujemo vlečno silo se spreminja samo vzdolžna komponenta sile podlage.

$$0 \leq F' < F_l$$

$F_l$ - sila lepenja

$$F_l = k_l N$$

$k_l$  - koeficijent lepenja, je neko število brez enote, ki je odvisen samo od hrapavosti stičnih ploskev podlage in telesa



Telo se giblje:

$F_{tr}$  - sila trenja

$$F_{tr} = k_{tr} N$$

$k_{tr}$  - koeficijent trenja

$$k_{tr} < k_l$$

Je vedno manjši, ker zato da **premaknemo telo** potrebujemo več sile, ker moramo pretrgati **medmolekulske vezi** in potem, ko se telo enkrat premika teh vezi ni več in je manjši koeficijent.

### 3.5 Sile na klancu

Klada miruje na klancu:

Velikosti(smeri nasprotne):

- $F_p = F_g$
- $F_d = F'$
- $F_s = N$

$$F_s = F_g \cos \alpha$$

$$F_s = mg \cos \alpha$$

$$F_d = F_g \sin \alpha$$

$$F_d = mg \sin \alpha$$

$$F_s = N = mg \cos \alpha$$

$$F_d = F' = mg \sin \alpha$$

$\alpha_l$  ... tik preden se klada premakne(mejni primer)

$$F_d = F_l$$

$$mg \sin \alpha_l = k_l mg \cos \alpha_l$$

$$k_l = \frac{\sin \alpha_l}{\cos \alpha_l}$$

$$k_l = \tan \alpha_l$$

Uporabljamo samo v tem mejnem primeru.

$\alpha_{tr}$  ... mejni kot, klada drsi enakomerno

$$F_d = F_{tr}$$

$$mg \sin \alpha_{tr} = k_{tr} mg \cos \alpha_{tr}$$

$$k_{tr} = \frac{\sin \alpha_{tr}}{\cos \alpha_{tr}}$$

$$k_{tr} = \tan \alpha_{tr}$$

Klada drsi pospešeno:

$$F = ma$$

$$F_d - F_{tr} = ma$$

$$m g \sin \alpha - k_{tr} m g \cos \alpha = m a$$

$$a = g \sin \alpha - k_{tr} g \cos \alpha$$

1. Pojemek, ko telo zadržamo po vodoravni podlagi

$$\alpha = 0^\circ$$

$$a = -k_{tr} g$$

2. Prosti pad

$$\alpha = 90^\circ$$

$$a = -g$$

### 3.6 Sile pri kroženju

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

$$F_r = m a_r \rightarrow \text{radialna sila}$$

$$F_r = m \omega^2 r = m \frac{v^2}{r} = m \omega r$$

### 3.7 Deformacije trdnin

- PROŽNE (ko se telo po končanju deformacije vrne v prvotno stanje)
- NEPROŽNE (ko se telo ne vrne ali pa se delno vrne v prvotno stanje)

$$P = \frac{F}{S} \left[ 1 \frac{N}{m^2} = 1 Pa \right]$$

$$[1 bar = 10^5 \frac{N}{m^2}]$$

Velja samo če je pravokotno na ploskev

$$P = \frac{F'}{S}$$

### 3.8 Hookov zakon

$l$  ... prvotna dolžina

$x$  ... raztezek

$S$  ... premer žice

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

$\Delta$  ... raztezna napestost  $[\frac{N}{m^2}]$

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

$\epsilon$  ... relativni raztezek

**Hookov zakon:**

$$\begin{aligned}\frac{F}{S} &= E \frac{x}{l} \\ F &= \frac{ES}{l} x \\ F &= kx \\ k &= \frac{ES}{l}\end{aligned}$$

$E$  ... prožnostni model snovi  $[\frac{N}{m^2}]$

### 3.9 Navor

$M$  ... navor  $[1Nm]$

$$\begin{aligned}M &= rF'' \\ F'' &= F \cos \alpha \\ M &= rF \cos \alpha \\ \cos \alpha &= \frac{r'}{r} \\ M &= rF \frac{r'}{r} \\ M &= Fr'\end{aligned}$$

$r'$  ... ročica (pravokotna razdalja med nosilko sile in osjo)

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

**Navor** je ročica krat sila. **Smer navora** je po desnem vijaku (v našem primeru bi kazal v list). Mi bomo gledali samo kako navor zasuka telo.

**Izrek o ravnovesju** pravi:

1. Da mora biti **rezultanta** vseh **zunanjih sil** 0
2. Da mora biti **rezultanta** vseh **navorov** 0

Takrat telo miruje ali se giba premo enakomerno.

### 3.10 Navor teže

$$\begin{aligned}
 m &= m_1 + m_2 + \dots + m_n \\
 M &= m_1 x'_1 g + m_2 x'_2 g + \dots + m_n x'_n g \\
 M &= x_t m g \\
 x_t &= \frac{m_1 x'_1 + m_2 x'_2 + \dots + m_n x'_n}{m}
 \end{aligned}$$

## 4 NEWTNOVI ZAKONI IN GRAVITACIJA

### 4.1 Keplerjevi zakoni

(Opisujejo gibanje planetov)

1. Planeti se gibljejo po elipsi, sonce je v gorišču elipse.
2. Radij vectorja med planetom in soncem opiše v enakih časih enake ploščine (ploščinska hitrost je enaka)
3. Kvociient kuba polmera in kvadrata obhodnega časa planeta je za vse planete enaka.

$$\frac{r^3}{t_0^2} = konst$$

### 4.2 Newtonov gravitacijski zakon

(opisuje privlačno silo med dvema točkastema telesoma)

\*smer sile je na smeri veznice

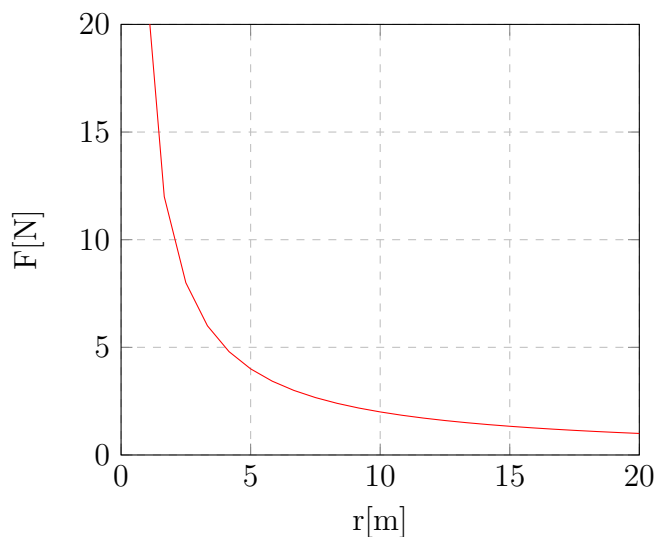
$$F = \frac{Gm_1m_2}{r^2}$$

\*če povečamo eno maso se obe sile povečata

$G$  ... gravitacijska konstanta

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

\*vzamemo razdaljo med središčem



### 1. MASA ZEMLJE

$g_0$  ... težni pospešek na površini zemlje

$r_0$  ... polmer zemlje

$$mg_0 = \frac{Gmm_z}{r_0^2}$$

$$g_0 = \frac{Gm_z}{r_0^2}$$

$$m_z = \frac{g_0 r_0^2}{G}$$

$$m_z = \frac{9,81 \frac{m}{s^2} (6400 km)^2}{6,67 * 10^{-11} \frac{Nm^2}{kg^2}} = 6,02 * 10^{24} kg$$

### 2. Težni pospešek nad površino zemlje

$$g = g_0 \left( \frac{r_0}{r} \right)^2 \dots \text{od središča}$$

$$g = g_0 \left( \frac{r_0}{r_0 + h} \right)^2 \dots \text{od površine zemlje}$$

### 3. Hitrost umetnega satelita, ki kroži okrog zemlje na majhni višini

$$\begin{aligned}
m g &= m a_r \\
g_0 \left( \frac{r_0}{r} \right)^2 &= \frac{v^2}{r} \\
r &= r_0 \\
v^2 &= g_0 r_0 \\
v &= \sqrt{g_0 r_0} \\
v &= \sqrt{9,81 \frac{m}{s^2} 6400 km} \\
v &= 8000 \frac{m}{s} \rightarrow \text{kozmična hitrost}
\end{aligned}$$

**Obhodni čas:**

$$\begin{aligned}
v &= \omega r = \frac{2\pi}{t_0} r \\
t_0 &= \frac{2\pi r}{v} \\
t_0 &= \frac{2\pi 6400 km}{80000 \frac{m}{s}} = 83,8 min
\end{aligned}$$

#### 4. Višina geostacionarnega satelita

$t_0 = 1 \text{ dan} \rightarrow$  ker je geostacionarni satelit

$$\begin{aligned}
\omega &= \frac{2\pi}{t_0} \\
m g &= m a_r \\
g_0 \left( \frac{r_0}{r} \right)^2 &= \omega^2 r \\
g_0 \frac{r_0^2}{r^2} &= \frac{4\pi^2}{t_0^2} r \\
r^3 &= \frac{g_0 r_0^2 t_0^2}{4\pi^2} \\
r &= \sqrt{\frac{9,81 \frac{m}{s^2} (6400 km)^2 (24h)^2}{4\pi^2}} \\
r &= 42354 km \\
h &= r - r_0 = 36100 km
\end{aligned}$$

#### 5. Masa sonca

$$\begin{aligned}
 r_{sz} &= 1,5 * 10^8 km \\
 t_0 &= 365 dni = 32 * 10^6 s \\
 \frac{Gm_s \cancel{m_z}}{r_{sz}^2} &= \cancel{m_z} \omega r_{sz} \\
 \frac{Gm_s}{r_{sz}^2} &= \frac{4\pi^2}{t_0^2} r_{sz} \\
 m_s &= \frac{4\pi^2 r_{sz}^3}{t_0^2 G} \\
 m_s &= 2 * 10^{30} kg
 \end{aligned}$$

## 5 IZREK O GIBALNI KOLIČINI

### 5.1 Sunek sile in gibalna količina

$$\begin{aligned}
 \vec{F} &= m\vec{a} \\
 \vec{a} &= \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t} = \frac{\vec{v}_2 - \vec{v}_1}{\Delta t} \\
 \vec{F} &= m \frac{\vec{v}_1 - \vec{v}_2}{\Delta t} \\
 \vec{F}\Delta t &= m\vec{v}_1 - \vec{v}_2 \rightarrow \text{izrekogibalnikolicini} \\
 \vec{G} &= m\vec{v} \dots \text{Gibalnakolicina}[Ns, \frac{kgm}{s}] \\
 \vec{F}\Delta t &= \vec{G}_2 - \vec{G}_1 = \Delta \vec{G}
 \end{aligned}$$

**Izrek o ohranitvi energije** Če je  $\vec{F}\Delta t = 0 \rightarrow \Delta \vec{G} \rightarrow \vec{G}_2 = \vec{G}_1$ .  
Če je sunek vseh zunanjih sil enak nič potem se gibalna količina sistema ohrani.

## 6 DELO IN ENERGIJA

### 6.1 Delo in mehanska energija

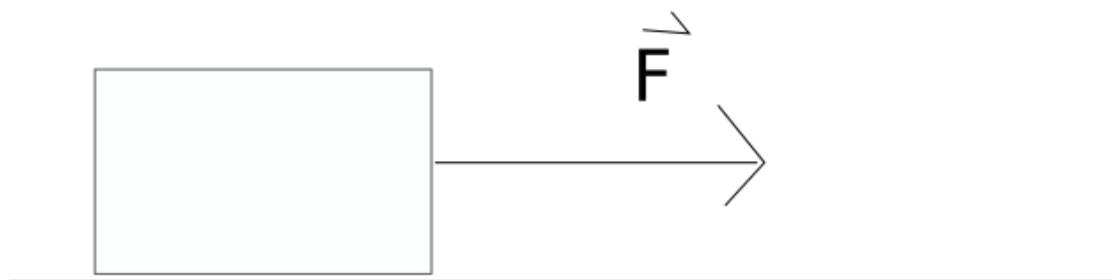
$$A = Fs[1Nm = 1J]$$

A ... delo

s ... premik prijemališča sile

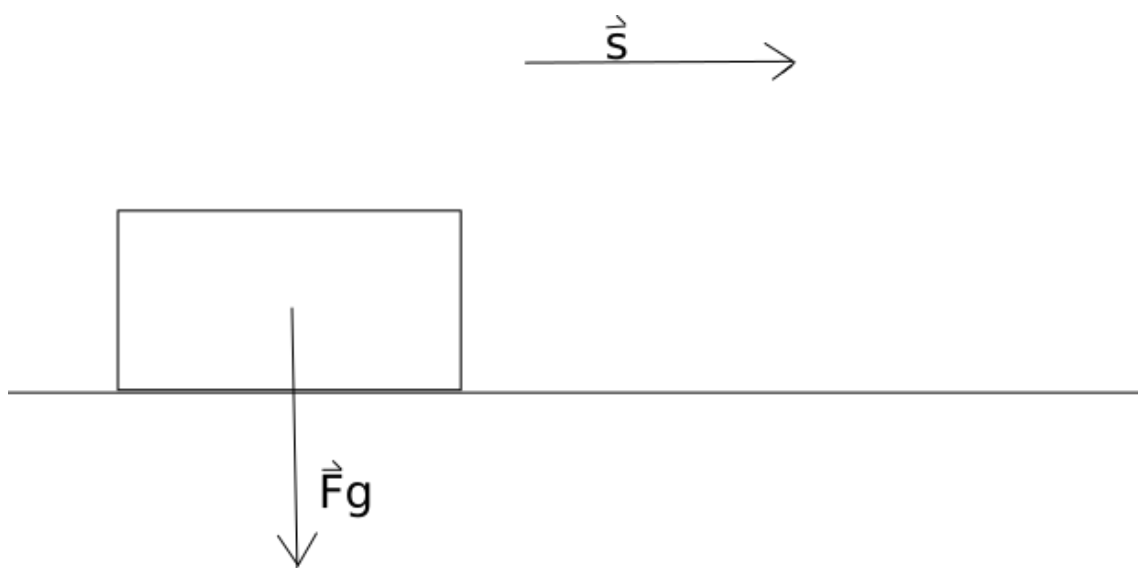
Velja samo v primeru, ko je sila konstantna in je premik prijemališča vzporeden sili.





$$F = \textit{konst.} \quad \vec{F} \parallel \vec{s}$$

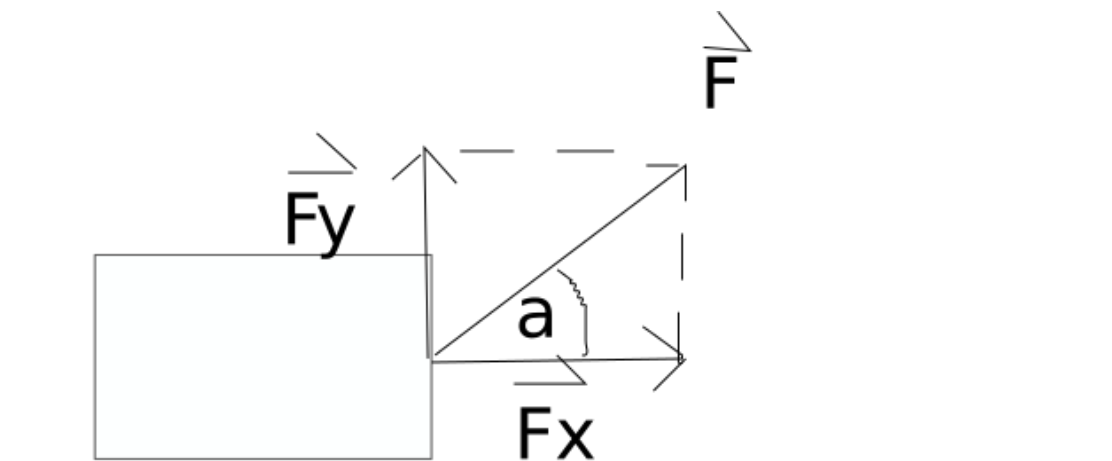
$$A = \vec{F} x \vec{s} = F s \cos \alpha$$



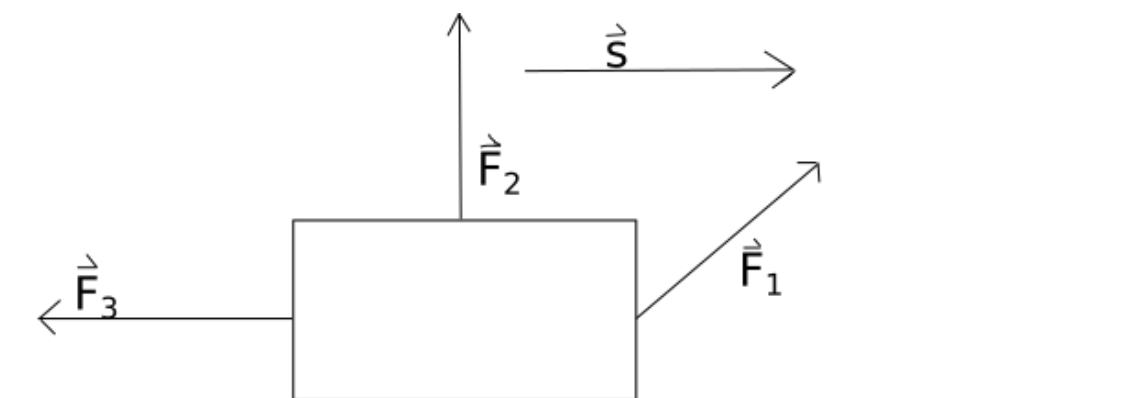
$$A = 0$$



$$A < 0$$

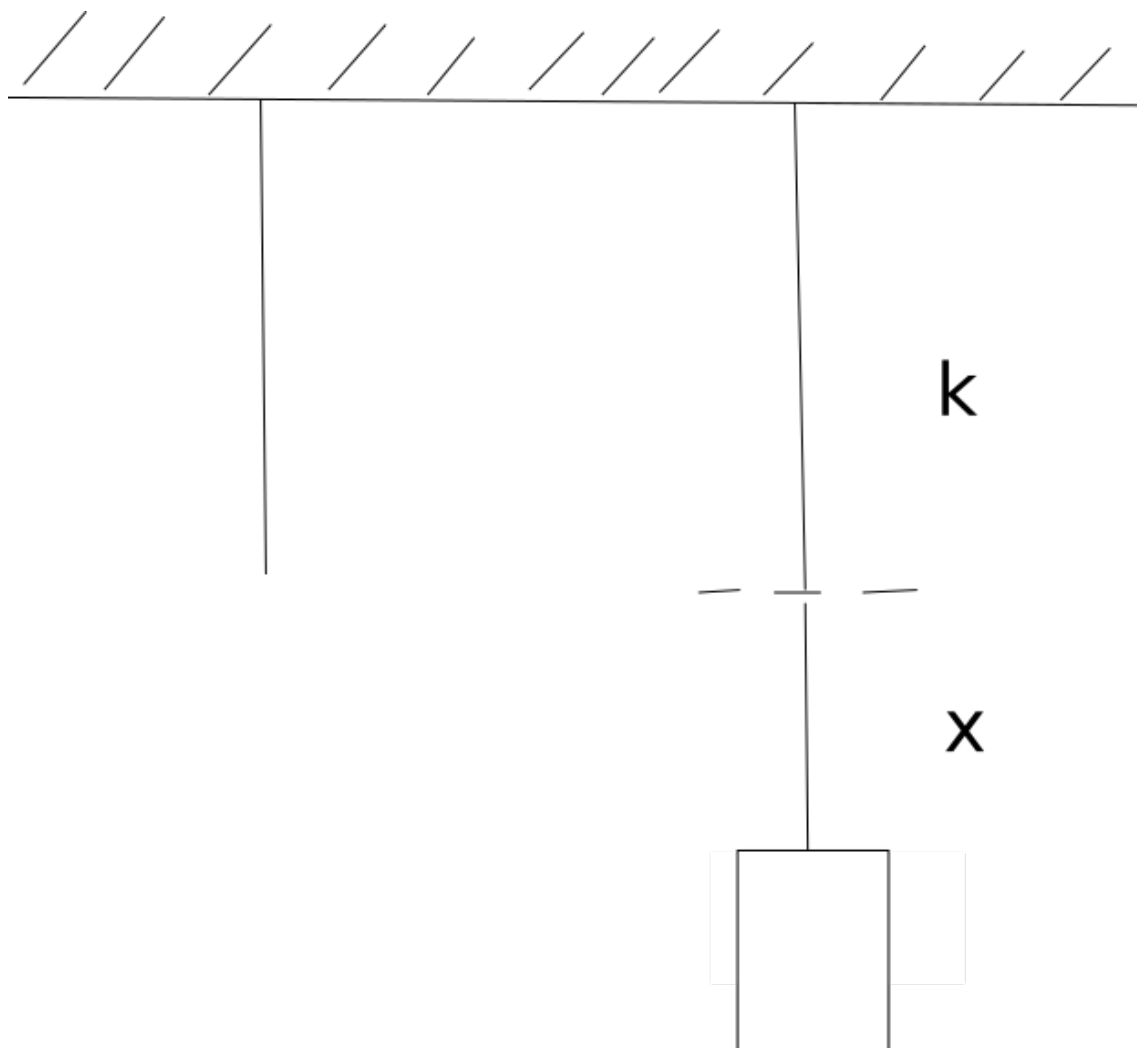


$$A = \vec{F}_x \vec{s} = F s \cos \alpha$$



$$A = A_1 + A_2 + A_3 = F_x s + 0 - F_3 s$$

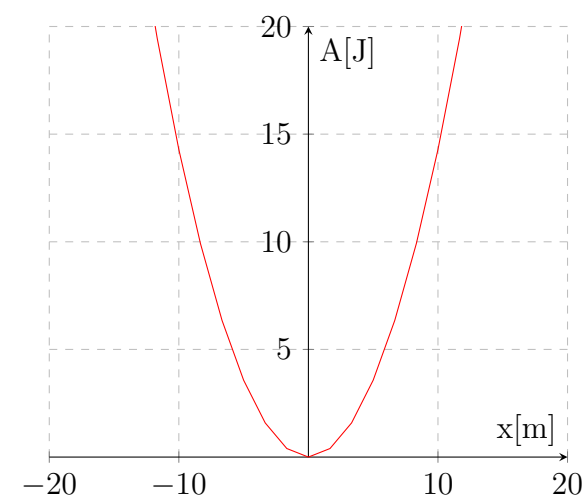
## 6.2 Delo pri raztezanju idealno prožne vzmeti



$$A = \overline{F} s \leftarrow x$$

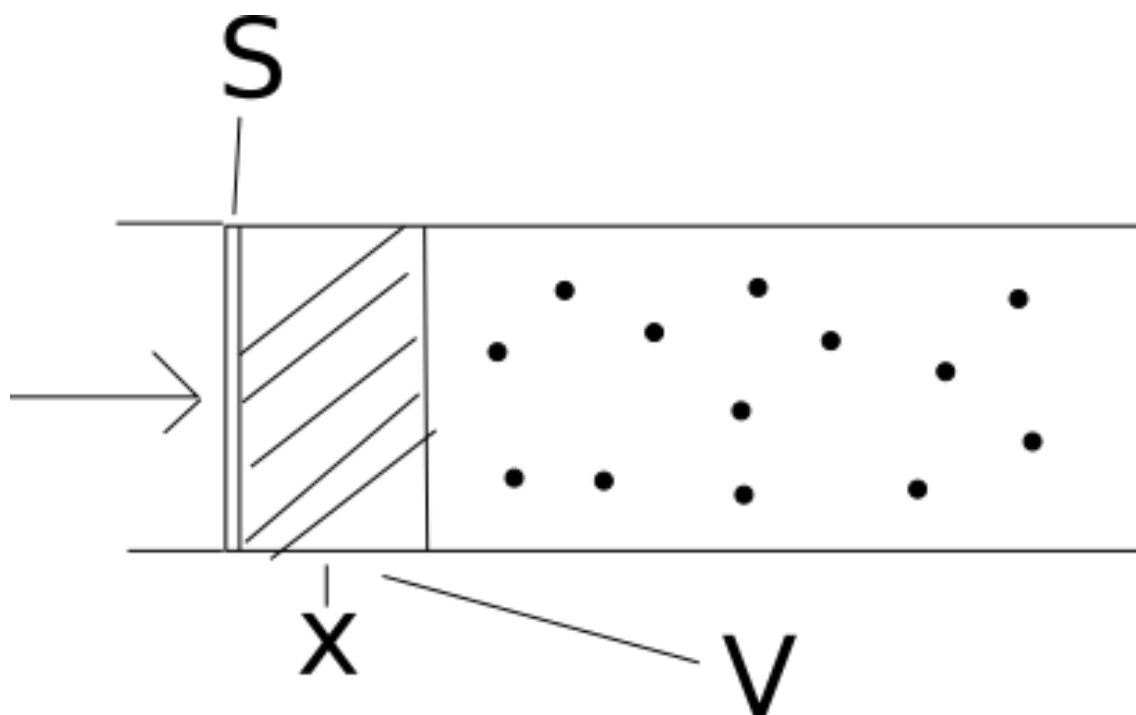
$$\overline{F} = \frac{0 + kx}{2} = \frac{kx}{2}$$

$$A = \frac{kx^2}{2}$$



Tudi ko stiskamo vzmet je delo pozitivno.

### 6.3 Delo tlaka



$$\begin{aligned}
 A &= Fx \\
 p &= \frac{F}{S} \\
 F &= pS \\
 A &= pSx \\
 Sx &= \Delta V \\
 Sx &= V_k - V_z \\
 V_k &< V_z \\
 A &= -p\Delta V
 \end{aligned}$$

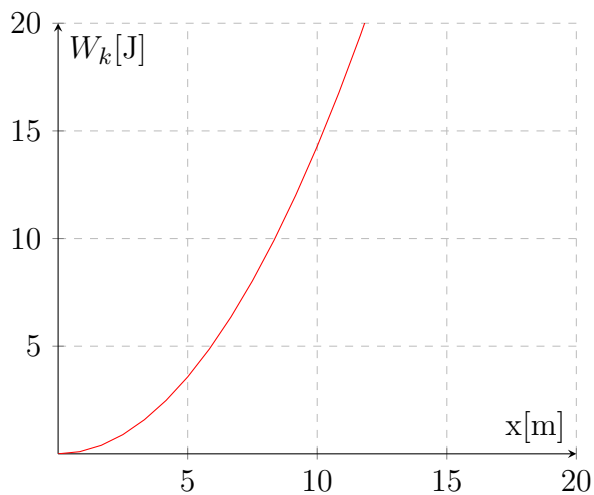
Formula za povprečen tlak.

## 6.4 Kinetična energija

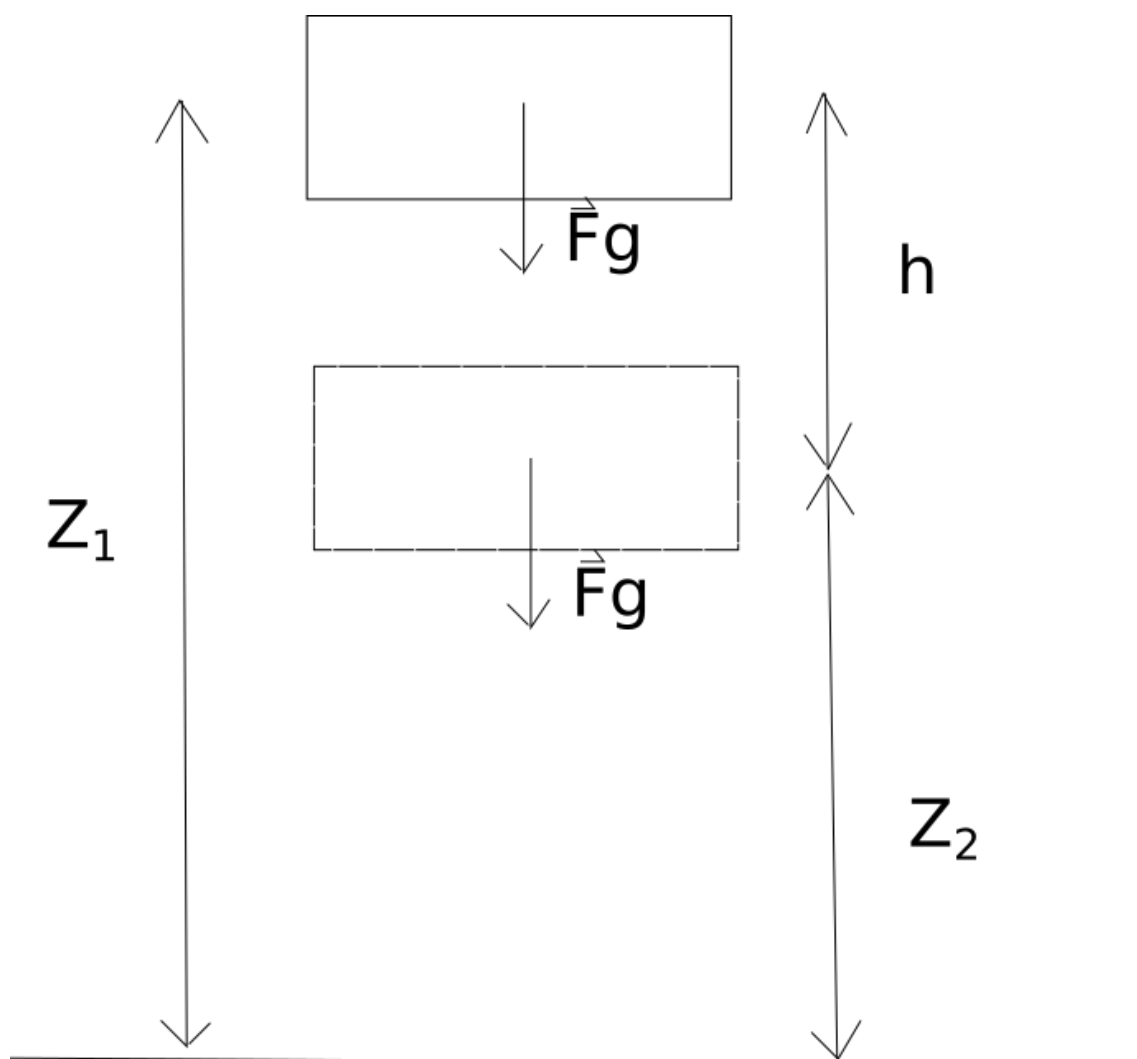
$$\begin{aligned}
 A &= Fs \\
 F &= ma \\
 a &= \frac{\Delta v}{t} = \frac{v_2 - v_1}{t} \\
 S &= \bar{v}t = \frac{v_2 + v_1}{2}t \\
 A &= m \frac{v_2 + v_1}{2} \frac{v_2 - v_1}{2}t \\
 A &= \frac{m}{2}(v_2^2 - v_1^2) \\
 A &= \frac{mv_2^2}{2} - \frac{mv_1^2}{2} \\
 W_k &= \frac{mv^2}{2} [J] \dots \text{kinetična energija} \\
 A &= W_{k2} - W_{k1} = \Delta W_k \text{ izrek o kinetični energiji}
 \end{aligned}$$

$v_1$  ... začetna hitrost

$v_2$  ... končna hitrost



## 6.5 Potencialna energija



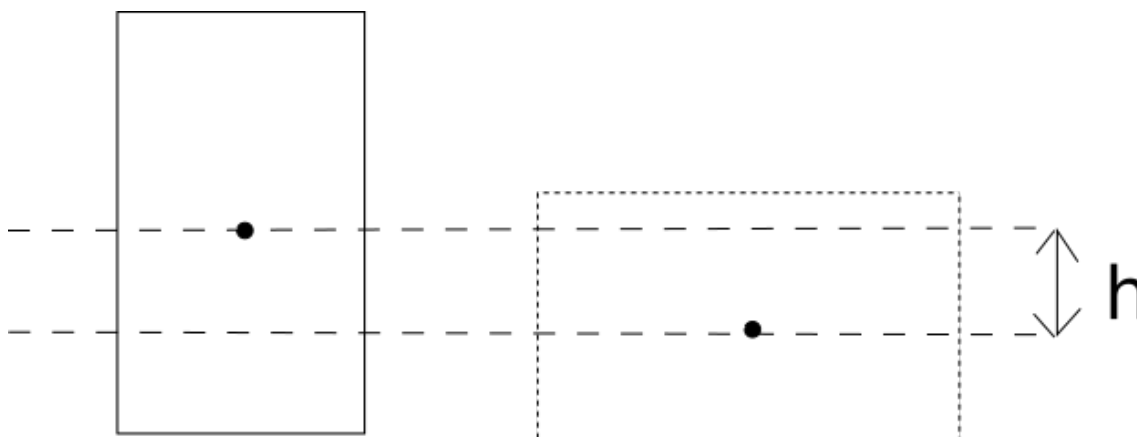
$$A = A_t + A_o$$

$A$  ... delo vseh zunanjih sil

$A_t$  ... delo teže

$A_o$  ... delo vseh zunanjih sil razen teže

**SPUŠČANJE TELESA**



$$A_t = F s$$

$$F = F_g = mg$$

$$s = z_1 - z_2 \dots \text{razdalja med prijemališčema sile in tlema}$$

$$A_t = mgz_1 - mgz_2$$

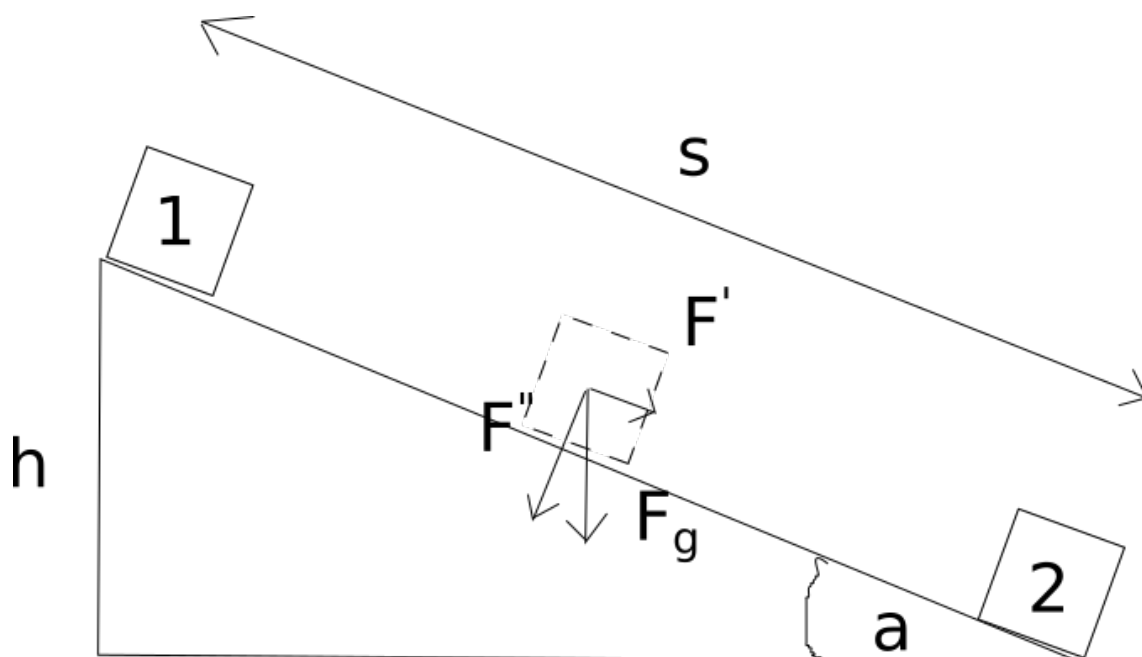
$$W_p = mgz[j] \dots \text{potencialna energija}$$

$$A_t = W_{p1} - W_{p2}$$

$$\Delta W_p = mgh$$

$$A_t = \Delta W_p$$

### POSEBNI PRIMERI



$$A = F' s$$

$$F' = F_g \sin \varphi = mg \sin \varphi$$

$$A = mg \sin \varphi s$$

$$\sin \varphi = \frac{h}{s}$$

$$A = mg \frac{h}{s} s$$

$$A = mgh // \text{delo teže odvisno samo od višinske razlike}$$

## 6.6 Ohranitev kinetične in potencialne energije

$$A = A_t + A_o$$

$$A = \frac{mv_2^2}{2} - \frac{mv_1^2}{2} \dots \text{delo vseh zunanjih sil}$$

$$A_t = mgz_1 - mgz_2 \dots \text{delo vseh zunanjih sil}$$

$$A_o \dots \text{delo vseh zunanjih sil razen teže}$$

$$A_o = A - A_t$$

$$A_o = \Delta W_k \Delta W_p$$

Zraven ni delo teže, ker smo ga upoštevali pri potencialni energiji.

Če je  $A_o = 0$ , na telo deluje le teža.

$$0 = \Delta W_k \Delta W_p$$

$$\Delta W_k \Delta W_p = \text{konst. Izrek o ohranitvi } W_k \text{ in } W_p$$

Če na telo deluje samo teža se ohranja vsota potencialne in kinetične energije.

## 6.7 Prožnostna energija

Delo pri raztezanju vzmeti.

$$A = \frac{kx^2}{2}$$

$$A = W_{pr}$$

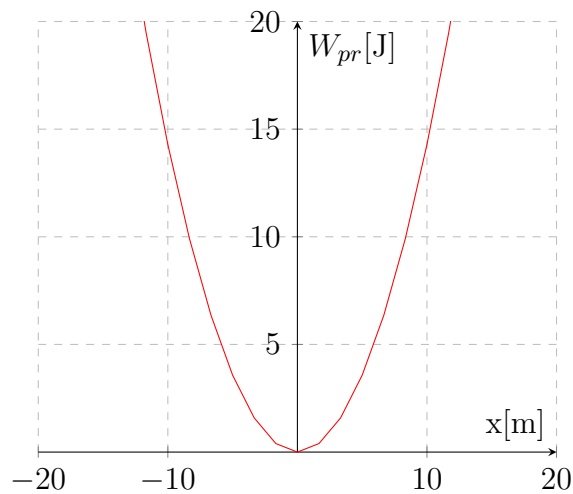
$$W_{pr} = \frac{kx^2}{2}$$

$$\Delta W_{pr} = \frac{kx_2^2}{2} - \frac{kx_1^2}{2}$$

$$0 = \Delta W_k \Delta W_p$$

$$\Delta W_k \Delta W_p = \text{konst. Izrek o ohranitvi } W_k \text{ in } W_p$$





## 6.8 Moč

$$P = \frac{A}{t} \left[ 1 \frac{J}{s} = 1W \right] \rightarrow \text{wat}$$

$$1kwh = 10^3 \frac{J}{s} * 3600s = 3,6 * 10^6 J \rightarrow \text{enota za delo}$$

Če na telo deluje sila:

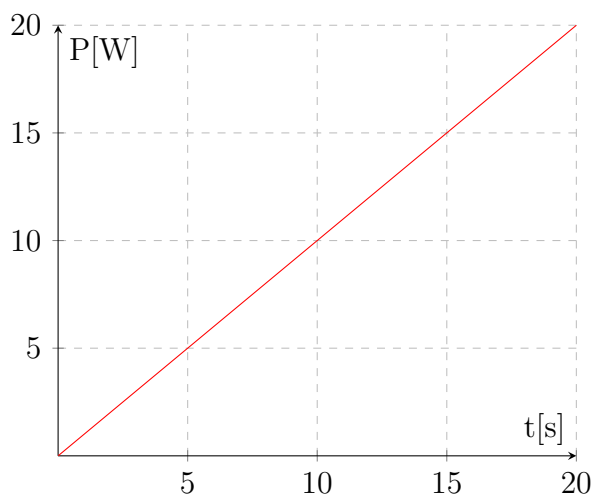
$$P = \frac{\Delta A}{\Delta t}$$

$$\Delta A = F \Delta s$$

$$\Delta s = v \Delta t \rightarrow \text{če je dovolj majhen interval (vrednost)}$$

$$P = \frac{F v \Delta t}{\Delta t}$$

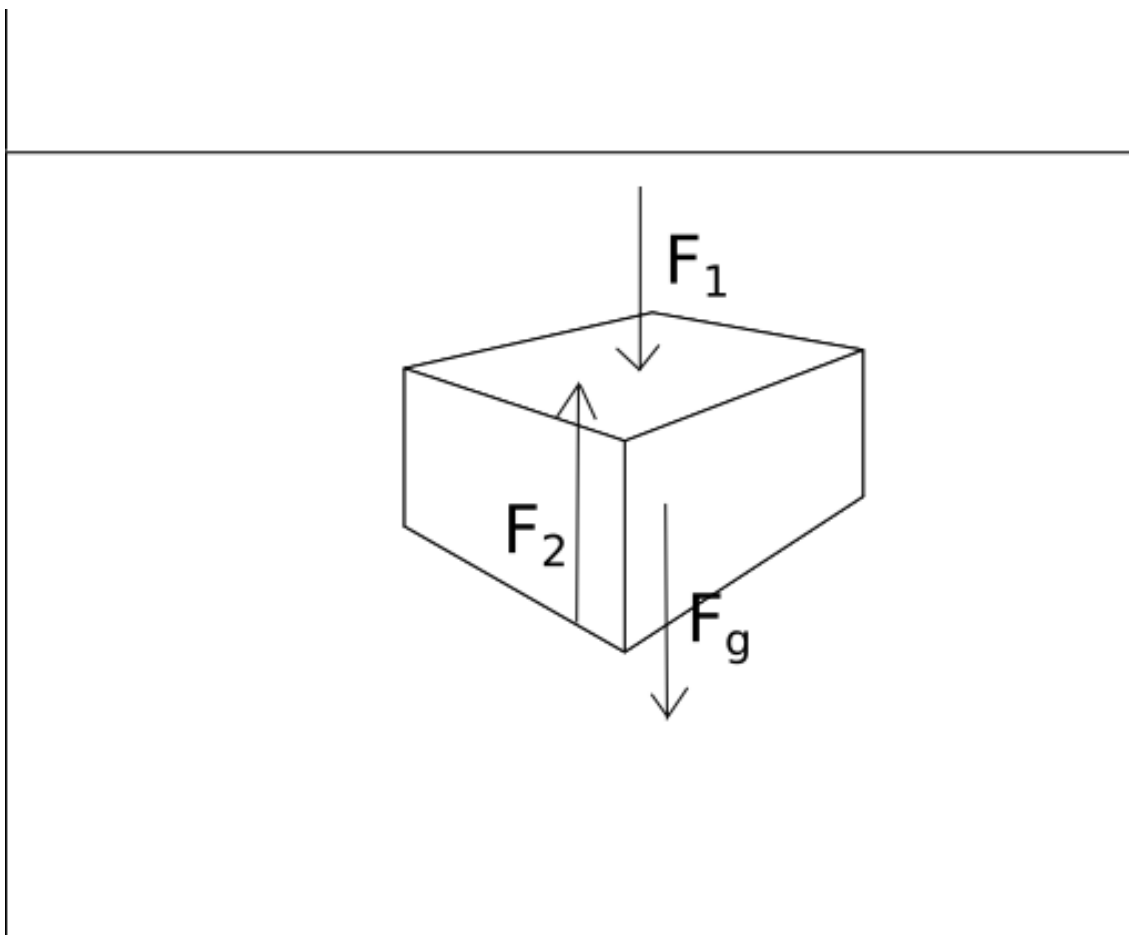
$$P = Fv$$



## 7 TEKOČINA

### 7.1 Hidrostatični tlak

To je tlak zaradi teže tekočine.



$F_1$  ... sila kapljevina nad kvadromvode

$F_2$  ... sila kapljevina pod kvadromvode

$$F_2 = F_1 + F_g$$

$$p_1 = \frac{F_1}{S}$$

$$F_1 = p_1 S$$

$$F_2 = p_2 S$$

$$V = Sh$$

$$F_g = mg = \rho V g = \rho S h g$$

$$p_2 S = p_1 S + \rho S h g$$

$$p_2 = p_1 + \rho h g$$

$$p_2 - p_1 = \rho h g$$

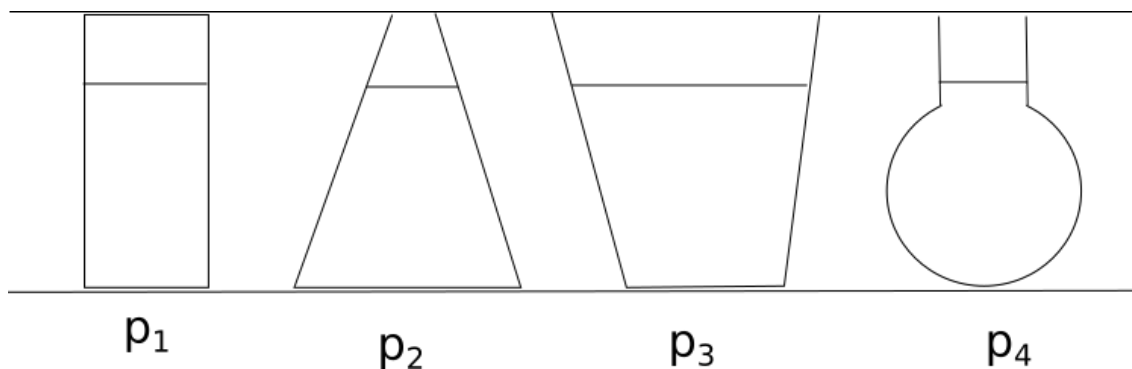
$$\Delta p = \rho h g \text{ hidrostaticni tlak}$$

Če se spustimo za  $h$  se tlak poveča za  $\Delta p$

$$p_0 = 1 \text{ bar} = 10^5 = 10^5 \frac{\text{N}}{\text{m}^2}$$

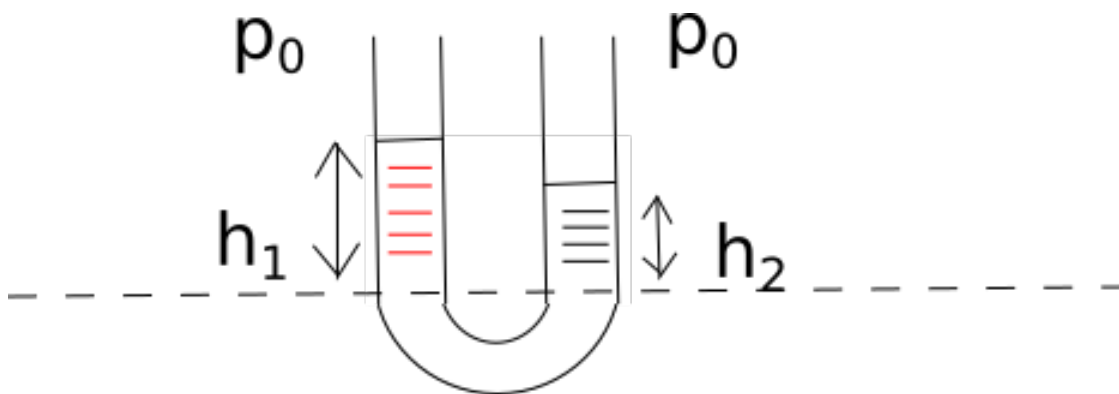
$$p = p_0 + \rho g h$$

## HIDROSTATIČNI PARADOKS



Tlak na dnu posode je pri vseh enak.

## MERJENJE GOSTOTE KAPLJEVINE Z U CEVKO



$$\begin{aligned}\Delta p_1 &= \Delta p_2 \\ \rho_1 g h_1 &= \rho_2 g h_2 \\ \rho_1 &= \frac{\rho_2 h_2}{h_1}\end{aligned}$$

## 7.2 Vzgon

Telo potopljeno v kaplevino

Vzgon je rezultanta sil okoliške kaplevine na potopljeno telo in prijemališče ima v težišču izpodrinjene kaplevine. Sila vzgona je po velikosti enaka teži izpodrinjene kaplevine.

$$F_{vzg} = \rho V g \text{ gostota kaplevine in volumen izpodrinjene kaplevine}$$

**Telo plava**  $\rho_{telo} < \rho_{kaplevina}$  **Telo lebdi**  $\rho_{telo} = \rho_{kaplevina}$  **Telo potone**  $\rho_{telo} > \rho_{kaplevina}$

# 8 TEMPERATURA

## 8.1 Temperatura

Temperatura je količina, ki opisuje stanje snovi.

Je neurejeno termično gibanje, molekule se vedno premikajo in višja je temperatura bolj se gibljejo, odvisno je tudi od kemične vezi.

S tem se je ukvarjal Ludwig Edward Boltzmann.

$$\overline{W_k} = \frac{3}{2} k T \text{ temperatura obvezno v kelvinih}$$

$k \dots$  Boltzmannova konstanta

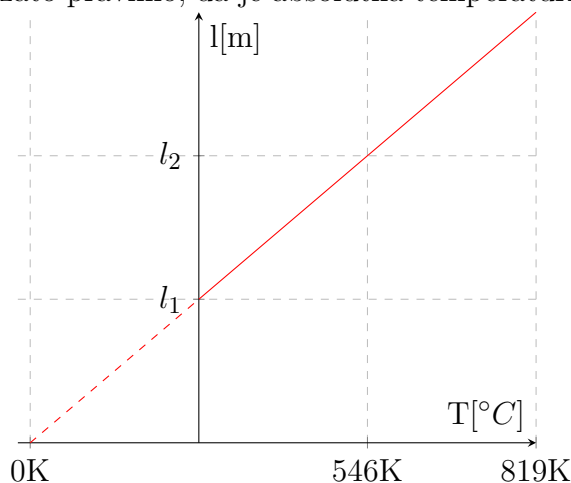
$$k = 1,38 \cdot 10^{-23} \frac{J}{K}$$

$\overline{W_k} \dots$  Povprečna kinetična energija molekule

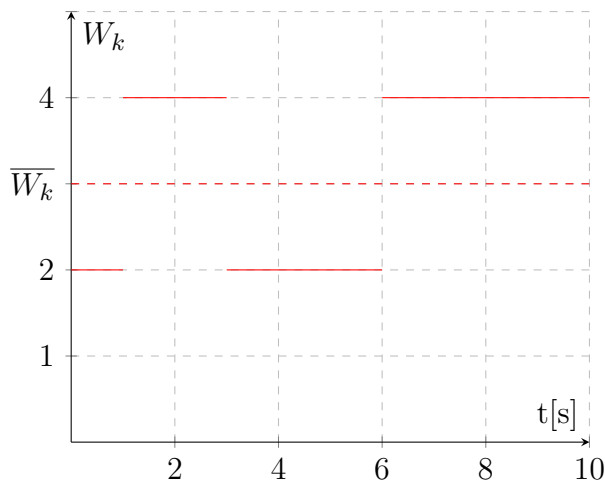
$T \dots$  temperatura [ $^{\circ}C, K$ ]

Celzijeva skala  $\rightarrow$  ledišče vode  $0^{\circ}C$ , vrelišče vode  $100^{\circ}C$

Kelvinova skala na osnovi krčenja plinov. Ta lestvica ne vsebuje negativnih vrednosti zato pravimo, da je absolutna temperaturna lestvica. ( $0K = -273^{\circ}$  in  $0^{\circ} = -273K$ )



V kolikšnem razmerju je temperatura s kinetično energijo  $\rightarrow$  v linearnem.



$$\overline{W_k} = \frac{\mu v^2}{2}$$

$\mu \dots$  masa molekule

Hitrost molekule se spreminja s korenem od časa.

Termometri izkoriščajo to, da se s temperaturo večja in manjša prostornina snovi:

- kapljevinski(alkoholni, plinski)
- uporovni(nižja temperatura, večji upor)
- bimetalni(iz dveh različnih kovin, ki se različno raztezajo) → ko se dovolj raztegne prekine električni krog in izklopi napravo

## 8.2 Temperaturno raztezanje snovi

Obravnavamo samo snovi, ki se lepo raztegujejo(to ne velja za les, vodo, plastiko, ...)

1.

$l$  ... prvotna dolžina

$\Delta l$  ... podaljšek žice

$\alpha$  ... linearna razteznost [ $K^{-1}$ ] → odvisna je od vrste snovi

$$\Delta l = \alpha l \Delta T$$

$$\frac{\Delta l}{l} = \alpha \Delta T \dots \text{relativni raztezek}$$

2.

$$S_1 = a^2$$

$$S_2 = S_1 + \Delta S$$

$$S_2 = (a + \Delta a)^2 = a^2 + 2a\Delta a + \cancel{\Delta a^2}^0 \text{ zanemarimo, ker so raztezki tako majhni}$$

$$\Delta S = 2a\Delta a$$

$$\Delta a = \alpha a \Delta T$$

$$\Delta S = 2a^2 \alpha \Delta T$$

$$\Delta S = 2S \alpha \Delta T$$

$$\frac{\Delta S}{S} = 2\alpha \Delta T$$

3.

$$V_1 = a^3$$

$$V_2 = V_1 + \Delta V$$

$$V_2 = (a + \Delta a)^3 = a^3 + 3a^2\Delta a + \cancel{3a\Delta a^2}^0 + \cancel{\Delta a^3}^0 \text{ zanemarimo}$$

$$\Delta V = 3a^2\Delta a$$

$$\Delta a = \alpha a \Delta T$$

$$\Delta V = 3a^3\alpha\Delta T$$

$$\Delta V = 3V\alpha\Delta T$$

$$\frac{\Delta V}{V} = 3\alpha\Delta T$$

$$3\alpha = \beta$$

$$\beta \dots \text{volumska razteznost} [K^{-1}]$$

### 8.3 Splošna plinska enačba

Okrogla posoda, molekule trkajo ob stene in ustvarjajo tlak

$n \dots$  molekul idealnega plina (število)

$r \dots$  polmer posode

$p_1 = \frac{F}{s}$  tlak, ki ga ustvari ena molekula

$$p = N \frac{F}{s}$$

$F = \mu a_r \mu \dots$  masa ene molekule

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

$$S = 4\pi r^2$$

$$p = N \frac{\mu \bar{v}^2}{4\pi r^3} * \frac{3}{3}$$

$$p = \frac{N \mu \bar{v}^2}{3V}$$

$$\overline{W_k} = \frac{\mu \bar{v}^2}{2} = \frac{3}{2} kT$$

$$\mu \bar{v}^2 = 3kT$$

$$p = \frac{N \cancel{3} kT}{\cancel{3} V}$$

$pV = NkT$  Splošna plinska enačba

$$N = N_a * n$$

$$N_a = 6,02 * 10^{23} mol^{-1} = 6,02 * 10^{20} kmol^{-1} \dots \text{avogadrovo število}$$

$$pV = nN_a kT$$

$$N_a k = R = 8310 \frac{J}{K kmol}$$

$pV = nRT$  temperatura zmeraj v kelvinih

## 8.4 Raztezanje plinov

$$V = \frac{nR}{P} T$$

$$\Delta V = \frac{nR}{P} \Delta T \text{ Pri stalnem tlaku}$$

$$\frac{\Delta V}{V} = \frac{\Delta T}{T} = \beta \Delta T$$

$$\beta = \frac{1}{T}$$



## 8.5 Plinski zakoni

$n = konst.$  množina snovi je konstantna

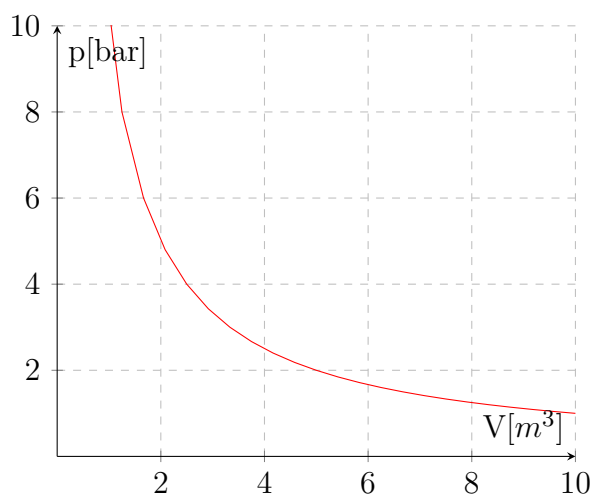
$$\frac{pV}{T} = nR = konst.$$

$$\frac{p_1 V_1}{T_1} = \frac{p_2 V_2}{T_2} \text{ Splošna plinska enačba za konstantno množino snovi}$$

1.  $T = konst$  in  $n = konst \rightarrow$  **Izotermna sprememba**

$$p_1 V_1 = p_2 V_2 \text{ Boylov zakon}$$

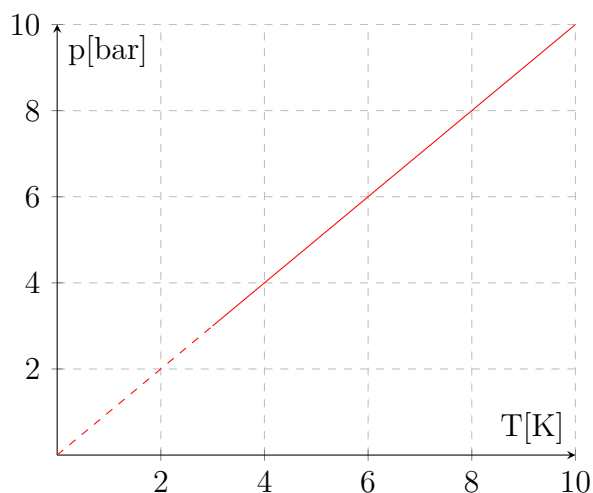
$$p_1 = \frac{p_2 V_2}{V_1}$$



2.  $V = konst$  in  $n = konst \rightarrow$  **Izohorna sprememba**

$$\frac{p_1}{T_1} = \frac{p_2}{T_2} \text{ Amontonsov zakon}$$

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

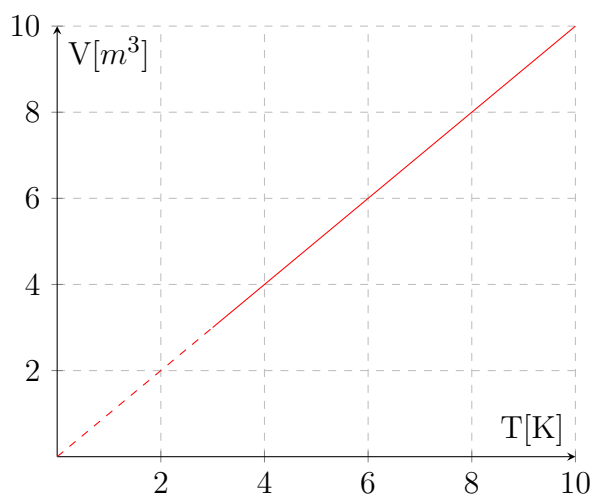


\*Pri crtkani crti postane kapljevina

3.  $p = \text{konst}$  in  $n = \text{konst} \rightarrow$  **Izobarna sprememba**

$$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2} \text{ Amontonsov zakon}$$

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



\*Pri crtkani crti postane kapljevina

## 9 NOTRANJA ENERGIJA IN TOPLOTA

### 9.1 Energijski zakon

$W_n = W_k(\text{termično gibanje}) + W_p(\text{vezi med molekulami}) + W_p(\text{posameznega delca})$   
 Idealni plin(model) sestavljajo točkaste molekule, idelano prožno trkajo, zanemarimo vezi med molekulami in notranje energije delcev.

$$W_n = N \overline{W_k}$$

$N$  ... število delcev

$$N = \frac{m}{\mu}$$

$\mu$  ... masa molekule

$$\mu = M * u$$

$$u = 1,66 * 10^{-27} kg$$

$$\overline{W_k} = \frac{3}{2} kT$$

$$W_n = \frac{m}{Mu} \frac{3}{2} kT$$

$$W_n = m \frac{3k}{2Mu} T$$

$c$  ... specifična toplota

$$c = \frac{3k}{2Mu}$$

$W_n = mcT$  ... absolutna vrednost notranje energije

$\Delta W_n = mc\Delta T$  ... sprememba notranje energije

$c = \frac{\Delta W_n}{m\Delta T} [1 \frac{J}{kgK}]$  koliko energije potrebujemo, da 1 kg snovi sefrijemo za 1 Kelvin

$Q$  ... toplota

Toplota je del notranje energije, ki se ob toplotnem stiku pretaka iz telesa z višjo temperaturo v telo z nižjo temperaturo.

$W_n = A + Q$  ... energijski zakon termodinamike

Če je  $A = 0$ ,  $\Delta W_n \rightarrow Q = mc\Delta T$

Če je  $Q = 0$ ,  $\Delta W_n = A$  (je toplotno izolirano)

## 9.2 Specifična toplota

Načini segrevanja:

- **Pri**  $V = konst.$

$$\Delta W_n = mc_v \Delta T$$

$c_v$  ... specifična toplota pri konstatnem volumnu

- Pri  $p = konst.$

$$Q = mc_p \Delta T$$

$c_p \dots$  specifična toplota pri konstatnem tlaku

$A = -p\Delta V \dots$  volumen se veča in odriva okolico in s tem povzroča delo

$$\Delta W_n = Q + A$$

$$mc_v \Delta T = mc_p \Delta T - p\Delta V / * \frac{1}{m\Delta T}$$

$$c_v = c_p \frac{p\Delta V}{m\Delta T}$$

$$c_p > c_v$$

Ker če se segreva pri stalnem tlaku se snov segreva in opravi delo.

### 9.3 Merjenje specifične toplote

$m_k \dots$  masa kovine

$T_k \dots$  začetna temperatura kovine

$m_v \dots$  masa vode

$T_v \dots$  začetna temperatura vode

$$T_k > T_v$$

$$c_v = 4200 \frac{J}{kgK}$$

$T_v \dots$  začetna temperatura zmesi(voda + kovina)

$$Q_k = Q_v$$

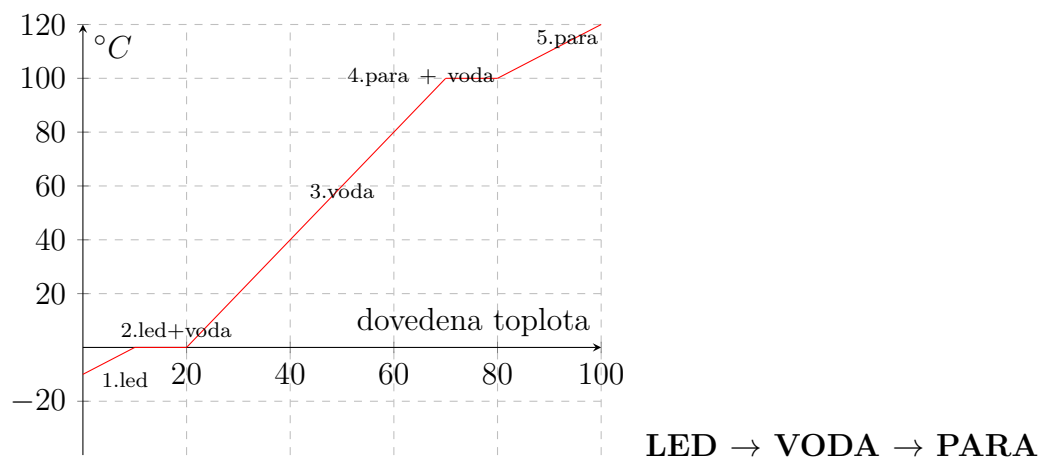
$$m_k * c_k * (T_k - T_z) = m_v * c_v * (T_z - T_v)$$

$$c_k = \frac{m_v * c_v * (T_z - T_v)}{m_k * (T_k - T_z)}$$

### 9.4 Agregatna stanja

Agregatna stanja:

- trdnine zavzamejo svojo obliko, večja gostota, kot pri kapljevinah in tekočinah, delci med sabo so močno vezani
- kapjevine(tekočine) vedno zavzamejo spodnji del in tvorijo gladino, lahko tvorijo kapjice.
- plini(tekočine) zavzamejo celoten prostor



### 1. Segrevanje ledu

$$Q = mc_l \Delta T$$

$$c_l = 2100 \frac{J}{kgK} \dots \text{specifična toplota ledu}$$

### 2. Taljenje ledu: izotermen proces, ledišče (temperatura pri kateri se iz trdnega stanja spremeni v kapjevino)

$$Q = q_t m$$

$q_t$  ... specifična talilna toplota

$$q_t = \frac{Q}{m} \left[ 1 \frac{J}{kgK} \right]$$

$$q_{tv} = 333 \frac{kJ}{kgK}$$

### 3. Segrevanje vode

$$Q = mc_v \Delta T$$

$$c_v = 4200 \frac{J}{kgK}$$

### 4. Vrenje(izparevanje): izotermen proces, temperatura pri kateri kapljevina vre pravimo vrelišče

$$Q = m q_i$$

$q_i$  ... specifična talilna toplota (koliko toplote potrebujemo, da izparimo 1 kg snovi)

$$q_i = \frac{Q}{m} \left[ 1 \frac{J}{kgK} \right]$$

$$q_{iv} = 2250 \frac{kJ}{kgK}$$

## 5. Segrevanje pare

$$Q = mc_p \Delta T$$

$$c_p = 2100 \frac{J}{kgK} \dots \text{specifična toplota pare}$$

**latentna toplota = specifična toplota**

## 9.5 Sežig

$$Q = mq_s$$

$$q_s \left[ \frac{J}{kgK} \right] \dots \text{specifična sežigna toplota, koliko toplote dobimo če sežgemo 1 kg snovi}$$

## 9.6 Toplotni tok

$$P = \frac{Q}{t} \left[ \frac{J}{s} = 1W \right]$$

Tok toplote, ki se skozi dan presek pretoči v določenem času

$$j = \frac{P}{S} \left[ 1 \frac{W}{m^2} \right]$$

$j \dots$  gostota toplotnega toka

Kolikšen toplotni tok se pretaka skozi izbran presek

$$P = \frac{\gamma S \Delta T}{d}$$

$\gamma \dots$  toplotna prevodnost

$$\gamma = \frac{pd}{S \Delta T} \left[ 1 \frac{Wm}{m^2K} = 1 \frac{W}{mK} \right]$$

Toplotni tok, ki se s časom ne spreminja pravimo stacionarni toplotni tok.

$$P = \frac{\Delta T}{\frac{d}{\gamma S}}$$

$$R = \frac{d}{\gamma S} \left[ 1 \frac{m^2K}{Wm^2} = 1 \frac{K}{W} \right] \dots \text{toplotni upor}$$

$$P = \frac{\Delta T}{R}$$

Snovi:

- toplotni izolatorji(stiropor, volna ...) **R večji**
- toplotni prevodniki(baker, kovine ...) **R manjši**

**Večplastna stena**

$$P = \frac{\Delta T}{R}$$

$$R = R_1 + R_2 + R_3$$

Skozi plati teče enak toplotni upor.

**Stena z oknom**

$$P = P_1 + P_2$$

## 9.7 Toplotni stroji

$$\Delta W = A + Q$$

$\Delta W = 0 \rightarrow$  Krožne spremembe(celotna energija pred je enaka celitni energiji na koncu)

$A = -Q \rightarrow$  opravimo neko delo in dobimo toploto

$Q = -A \rightarrow$  nekaj grejemo inna opravlja delo

Dva pogoja za toplotni stroj:

- da opravlja krožno spremembo
- dovajamo toploto in naprava opravlja delo

Spremembe:

- reverzibilne(obrnljive): da do nekega stanja pridemo po nekih korakih in po istih tudi nazaj v prvotno stanje  
Primer: idealno prožna vzmet
- ireverzibilne(neobrnljive): da do nekega stanja pridemo po nekih korakih, nazaj v prvotno pa podrugih  
Primer: neprožna vzmet

$Q_1$  ... dovedena toplota (stand. ozn. za prejeto toploto)

$A$  ... opravljeno delo

$Q_2$  ... oddana toplota (stand. ozn. za oddano toploto)

$Q_1 = Q_2 + A$  ... mehanski izkoristek

$\eta$  ... izkoristek

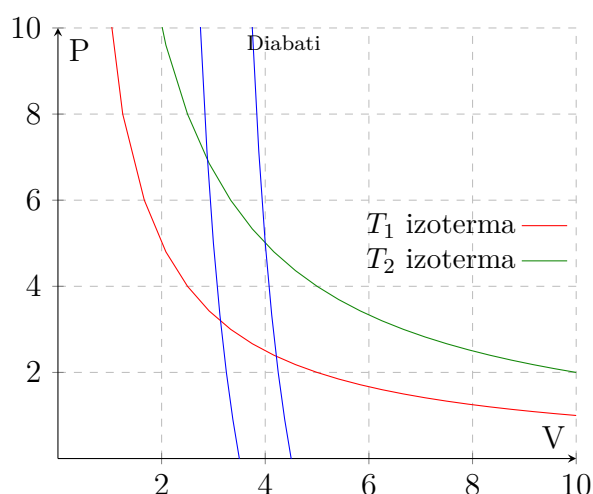
$$\eta = \frac{A}{Q_1} = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1} = 1 - \frac{Q_2}{Q_1}$$

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

vedno manjši od 1, ker se morajo vedno ohladiti in zato  $Q_2$  ni nikoli nič

$$T_1 > T_2$$

$$\eta = 1 - \frac{T_2}{T_1} \dots \text{za idealni toplotni stroj}$$



**Diabata** ponazarja odvisnost med tlakom in volumnom, če ni izmenjave toplote iz okolice

1-2 - izotermna  $\rightarrow A \uparrow Q \downarrow \rightarrow$  opravi delo odda toploto

2-3 - adiabatna  $\rightarrow A \uparrow \rightarrow$  dodamo delo, telo se ohladi

3-4 - izotermna  $\rightarrow A \uparrow Q \downarrow \rightarrow$  opravi delo odda toploto

4-1 - adiabatna  $\rightarrow A \uparrow \rightarrow$  dodamo delo telo se segreje

## 10 ELEKTRIČNI NABOJ IN ELEKTRIČNO POLJE

### 10.1 Električni naboj

**Atom:**

- jedro
- električni ovoj (negativen naboj)



**Naboj:**

- negativni( $e^-$ )
- pozitivni( $p^+$ )

Električno nevtravno telo je, če ima enako negativnega in pozitivnega naboja. Naelektreno telo ima presežke ene vrste naboja.

$e \dots$  naboj(kvantiziran, del nečesa, ki ga se neznamo dati na manjše dele)

$e_0 = 1.6 * 10^{-19} \dots$  osnovni naboj(naboj elektrona  $e^-$ )

$e = ne_0; n \in \mathbb{Z}$  popravi

Sila med naboji(sila na daljavo):

- odbojna(med istoimenskimi naboji)
- privlačna(med razboimeskimi naboji)

Snovi:

- prevodniki(kovine)
- izolatorji

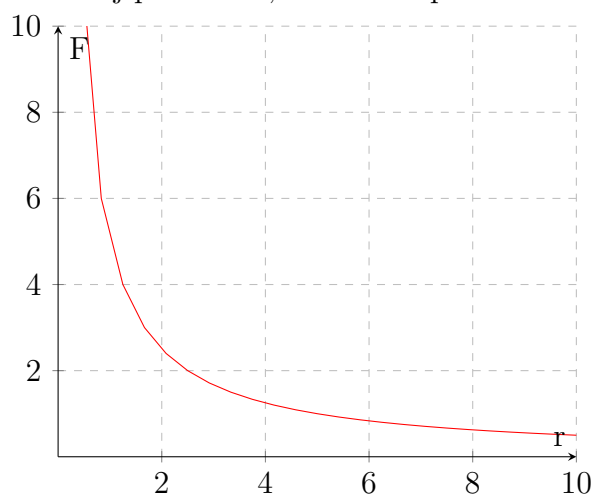
Naboj merimo z **elektroskopom**. Ne da se ugotoviti kako je telo nabito, lahko samo ugotovimo, da je ali ni.

## 10.2 Colombov zakon

$$F = \frac{e_1 e_2}{4\pi\sigma_0 r^2}$$

$$\sigma_0 = 8.85 * 10^{-12} \frac{As}{Vm} [\frac{C^2}{Nm^2}]$$

Če naboj povečamo, se obe sili povečata.



jih vektorsko seštejemo.

Med središčema se naboj porazdeli po površini.

Če je več nabojev upoštevamo vse in

### 10.3 Jakost električnega polja

$$F = e_1 \overline{E}$$

$E$  ... jakost električnega polja

$$\overline{E} = \frac{\overline{F}}{e_1}$$

Dogovor: smer jakosti električne je enaka smeri sile na pozitivni naboj.

Gostota silnic je merilo za jakost električnega naboja.

**Točkasti naboj**

$$F = \frac{ee_1}{4\pi\sigma_0 r^2}$$

$$F = e_1 E$$

$$E = \frac{e}{4\pi\sigma_0 r^2}$$

**Nasprotno enaki nabiti plošči Homogeno električno polje**(z ravnimi medseboj vzporednimi silnicami)

### 10.4 Snov v električnem polju

**Kovina:** silnice so pravokotne.

Zaradi prerazporeditve elektronov znotraj krogle, notri ni električnega polja. Temu pravimo **influeca**. Uporablja se pri ločevanju nabojev.

Damo narazen in dobimo eno negativno in eno pozitivno ploščo.

**Izolator:**  $E > 0$  znotraj je polje ampak je oslajeno oz. manjše kot zunaj.

**Dielektrik:**

### 10.5 Električna napetost

$$\begin{aligned}
A &= F'_e s \\
F'_e &= F_e \cos \alpha = e E \cos \alpha \\
A &= e E \cos \alpha s \\
\cos \alpha &= \frac{h}{s} \\
A &= e E \frac{h}{s} s \\
A &= e E h \\
U &= E h \\
U &= \frac{A}{e} \left[ 1 \frac{J}{C} = 1 \frac{J}{As} = 1V \right] \dots \text{električna napetost} \\
1J &= 1V As \\
A &= eU
\end{aligned}$$

Električna napetost nam pove kolikšno delo opravimo na enoto naboja v tem električnem polju.

Prenos:  $1 \rightarrow 3 \rightarrow 2$

$$\begin{aligned}
A &= A_1 + A_2 \\
eU &= eU_1 + eU_2 \\
U &= U_1 + U_2
\end{aligned}$$

**Električni potencial  $V[V]$**   $U = V_2 - V_1$  potencial v smeri silnic pada **Ekvipotencialna ploskev** sestavljajo sosednje točke v prostoru, ki imajo enak potencial.

**Točkasti naboj Homogeno polje**

## 10.6 Kondenzator

Kondenzator je naprava shranjevanje naboja. Obravnavali bomo ploščati kondenzator pri katerem je ena plošča pozitivna druga pa negativno nabita.

$$\begin{aligned}
C &= \frac{e}{U} \left[ 1 \frac{As}{V} = 1 \frac{C}{V} = 1F \right] \dots \text{fahrad} \\
C &\dots \text{kapaciteta kondenzatorja (koliko naboja lahko shranimo)} \\
C &= \frac{\epsilon_0 S}{d} \\
U &= Ed \\
U &= \frac{e}{C} = \frac{ed}{\epsilon_0 S} \\
E &= \frac{e}{\epsilon_0 S} \dots \text{električno polje med ploščama} \\
E &= \frac{e}{2\epsilon_0 S} \dots \text{električno polje v okolici ene nabite plošče}
\end{aligned}$$

## 10.7 Vezave kondenzatorjev

### Vzporedna vezava

$$\begin{aligned}
 U &= U_1 = U_2 \\
 e &= e_1 + e_2 \\
 CU &= C_1U + C_2U \\
 C &= C_1 + C_2
 \end{aligned}$$

Pri vzporedni vezavi seštejemo kapacitete kondenzatorjev.

### Zaporedna vezava

$$\begin{aligned}
 e &= e_1 = e_2 \\
 U &= U_1 + U_2 \\
 \frac{e}{C} &= \frac{e}{C_1} + \frac{e}{C_2} \\
 \frac{1}{C} &= \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2}
 \end{aligned}$$

## 10.8 Energija električnega polja

$$\begin{aligned}
 C &= \frac{\varepsilon_0 S}{d} \\
 U_1 &= 0 \dots \text{začetna napetost} \\
 U_2 &= U \dots \text{končna napetost} \\
 \overline{U} &= U_2 - U_1 \\
 A &= e\overline{U} \dots \text{delo da nabijemo kondenzator} \\
 W_{ep} &= e\overline{U} \dots \text{energija električnega polja} \\
 W_{ep} &= \frac{eU}{2} = \frac{CU^2}{2} = \frac{e^2}{2C} \\
 W_{ep} &= \frac{\varepsilon_0 S U^2}{2d} * \frac{d}{d} \\
 E &= \frac{U}{d} \\
 W_{ep} &= \frac{\varepsilon_0 E^2}{2} V \\
 \omega_{ep} &= \frac{W_{ep}}{V} = \frac{\varepsilon_0 E^2}{2} [1 \frac{J}{m^3}] \\
 \omega_{ep} &\dots \text{gostota električnega polja}
 \end{aligned}$$

## 10.9 Gibanje nabojev v električnem polju

$$F = eE = ma$$

$$a = \frac{eE}{m} \dots \text{Pozitiven naboj se giblje pospešeno v smeri silnic}$$

X smer: enakomerno premo gibanje

$$V_0 = V_x = \textit{konst.}$$

$$x = V_0 t$$

Y smer: enakomerno pospešeno gibanje

$$V_y = at = \frac{eE}{m} t$$

$$y = \frac{at^2}{2} = \frac{eE}{2m} t^2$$

$$v = \sqrt{V_x^2 + V_y^2}$$

## 11 ELEKTRIČNI TOK

### 11.1 Električna vezja

Električni tok teče po prevodnikih(kovini). Pomeni usmerjeno gibanje nabojev(pozitivnih in negativnih)

$$I = \frac{\Delta e}{\Delta t} [1A] \dots \text{kolikšen naboj preteče v določenem času}$$

Prvič so električni tok opazovali v eelektrolizi modre galice.

**Elektroni se gibljejo v nasprotno smer od električnega toka**

Tok teče samo po sklenjenem električnem krogu.

Učinki električnega toka:

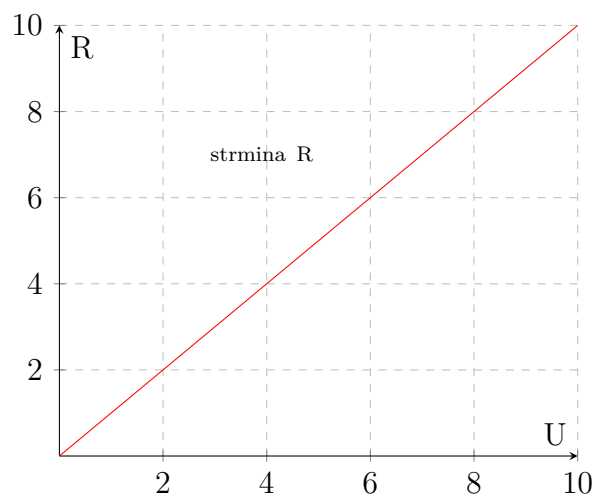
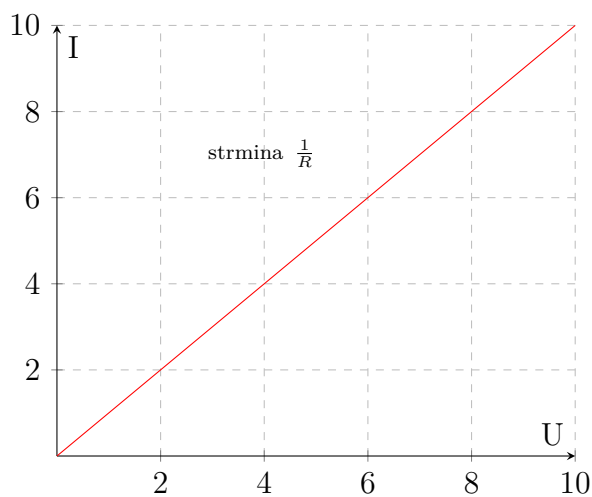
- Snov se segreje
- Prenaša se snov(elektroliza)
- magnetni(v okolici vodnika se pojavi magnetno polje)

## 11.2 Ohmov zakon

$$U = RI$$

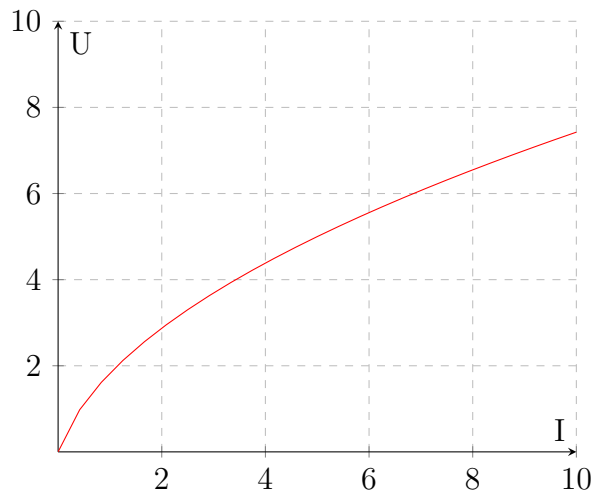
$R \dots$  upor če upor ni konstanten ohmov zakon ne velja

$$R = \frac{U}{I} [1 \frac{V}{A} = 1\Omega]$$



Z višanjem temperature se upornost veča in posledično je manjši tok.

**Žarnica**



Večja je temperatura, večji je upor, manjši je tok.

**Za generator(vir napetosti)**

$$U = U_g - R_n I$$

$U_g \dots$  Gonilna napetost

$R_n \dots$  Notranji upor generatorja

## 11.3 Upor prevodnika

$$R = \frac{\zeta l}{S}$$

$$\zeta = \frac{RS}{l} \left[ 1 \frac{\Omega m m^2}{m} = 1 \Omega m \right] \dots \text{Specifični upor (zeta)}$$

## 11.4 Vezave uporov

### Zaporedna

$$I = I_1 = I_2$$

$$U = U_1 + U_2 \dots 2. \text{ kirchoffov zakon}$$

$$RI = RI_1 + RI_2$$

$$R = R_1 + R_2$$

$$I_1 = I_2$$

$$\frac{U_1}{R_1} = \frac{U_2}{R_2}$$

$$\frac{U_1}{U_2} = \frac{R_1}{R_2} \dots \text{Razmerje uporov}$$

### Vzporedna

$$I = I_1 + I_2 \dots 1. \text{ kirchoffov zakon}$$

$$U = U_1 = U_2$$

$$\frac{U}{R} = \frac{U}{R_1} + \frac{U}{R_2}$$

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$$

$$U_1 = U_2$$

$$R_1 I_1 = R_2 I_2$$

$$\frac{I_1}{I_2} = \frac{R_2}{R_1} \dots \text{Razmerje tokov proti uporom. Večji je tok, manjši je upor.}$$

**1. kirchoffov zakon:** Vsota tokov, ki priteče v razvejišče je enako vsoti tokov, ki odteče iz razvejišča

## 11.5 Vezave amper- in voltmetra

Merjenje toka z ampermetrom.

Merjenje napetosti z voltmetrom.

**Merilno območje ampermetra**

$I_0 \dots$  Največji tok (merilno območje)

$I > I_0 \dots$  Želimo meriti večje tokove od merilnega območja

$R_A \dots$  Notranji upor ampermetra

$R \dots$  Soup

$$U_a = U_r$$

$$R_a I_0 = R(I - I_0)$$

$$R = \frac{R_a I_0}{I - I_0}$$

Če hočemo meriti tokove  $I$ , moramo na ampermeter vezati upor ki je tako velik (kot kaže zgornja enačba)

**Merilno območje voltmetra**

$U_0 \dots$  Merilno območje

$R \dots$  Predupor

$$U > U_0$$

$R_v \dots$  notranji upor voltmetra

$$I_v = I_r$$

$$\frac{U_0}{R_v} = \frac{U - U_0}{R}$$

$$U_0 R = R_v (U - U_0)$$

$$R = \frac{R_v (U - U_0)}{U_0}$$

\*padec napetost  $\rightarrow$  napetosti na uporabniku

## 11.6 Elekrično delo in moč



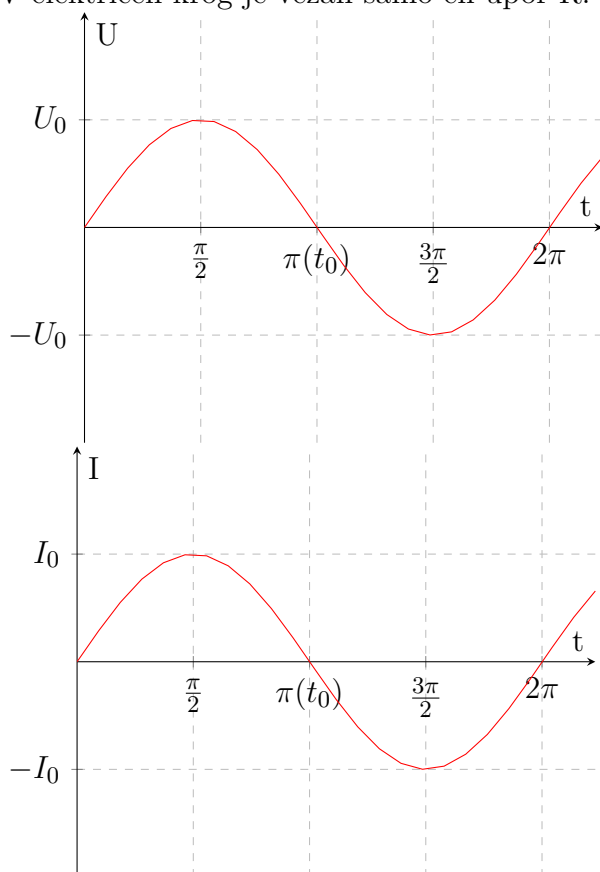
Napetost potiska naboj po električnem polju in zato opravi delo.

$$\begin{aligned}\Delta A &= U \Delta e \\ I &= \frac{\Delta e}{\Delta t} \\ \Delta e &= I \Delta t \\ \Delta A &= UI \Delta t \\ P &= \frac{\Delta A}{\Delta t} = \frac{UI \Delta t}{\Delta t} \\ P &= UI = RI^2 = \frac{U^2}{R} \\ U &= RI \\ Q &= P \Delta t = UI \Delta t = RI^2 \Delta t = \frac{U^2}{R} \Delta t\end{aligned}$$

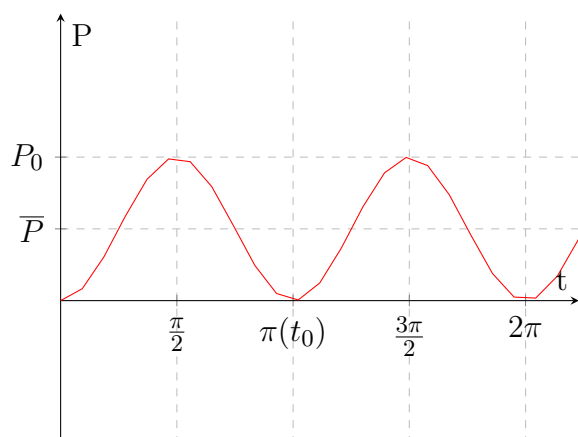
Pri segrevanju upornika pride do izgub(ko gre čez tok)

### Izmenični tok in napetost

V električen krog je vezan samo en upor R.



Imata enak nihajni čas in posledično tudi enake ničle.



$$P(t) = U(t)I(t)$$

$$\overline{P} = \frac{P_0}{2} = \frac{I_0 U_0}{2}$$

$U_{ef}$  ... efektivna napetost (namišljena vrednost) ( $\hat{U}$ )

$$U_{ef} = \frac{U_0}{\sqrt{2}}$$

$I_{ef}$  ... efektivni tok (namišljena vrednost) ( $\hat{I}$ )

$$I_{ef} = \frac{I_0}{\sqrt{2}}$$

$$U_{ef} = R I_{ef}$$

## 12 MAGNETNO POLJE

### 12.1 Trajni magneti

Magnetno polje nastane v 3 primerih:

- V okolici trajnega magneta
- Vsi vodniki po katerih teče tok
- Mešanica obojega (elektro magnet)

#### Trajni magnet

- je iz, ki ima **feromagnetno strukturo**
- v naravi je 5 elementov: železo, nikelj, kobalt, gadolinij (gd), disprozij (dy)
- Vsak magnet ima južni in severni pol
- Nikoli ne moremo imeti ločenega enega pola (tudi če magnet razdelimo)

- Magnetne silnice potekajo tudi znotraj magneta, zato jim pravimo, da so zaključne krivulje
- Silnice kažejo od severnega pola k južnemu polu

### Zemlja

Severni geografski pol(južni magnetni pol) in obratno  
Magnetne sile (na daljavo):

- Privlačne med različnimi poli
- Odbojne med istoimenskimi poli

### Vodnik s tokom

Pravilo desnega palca

### Tuljava

Homogenost polja

### Elektro motor

Ko tuljavo namagnetimo(skozi gre tok), se namagnetni tudi železno jedro in se magnetno polje sešteva. So najmočnejši magneti. Potrebujemo energijo, da gre skozi tuljavo tok.

## 12.2 Magnetna sila na naboj

- Magnetna sila ne pospešuje nabojev
- Deluje samo na gibajoče naboje
- Če se Naboji gibljejo pravokotno na silnice magnetnega polja( $\vec{v} \perp$  silnice)
- Spreminja smer hitrosti(zaradi radialne sile)

$$\vec{F} = e\vec{v} \times \vec{B} \dots \text{Vektorski produkt}$$

$$\vec{F} = evB$$

$B \dots$  Gostota magnetnega polja

$$B = \frac{F}{ev} \left[ 1 \frac{Ns}{Cm} = 1 \frac{N \cancel{s}}{A \cancel{s} m} = 1 \frac{N}{Am} = 1 \frac{N}{Am} \frac{m}{m} = 1 \frac{J}{Am^2} = 1 \frac{VA \cancel{s}}{A m^2} = 1 \frac{Vs}{m^2} = 1T \right] \dots \text{Tesla}$$

Nemoremo zamenjati  $\vec{v}$  in  $\vec{B}$ , če pa damo spredaj minus.

Pravilo desno roke(tri prsi), preko najmanjšega kota vrtimo.

\*Samo če je hitrost pravokotna na polje naboj kroži.

$$evB = m \frac{v^2}{r}$$

$$r = \frac{mv}{eB}$$

$$evB = m\omega^2 r$$

$$\omega^2 = \frac{mr}{evB} \dots \text{Krožna hitrost}$$

$$2\pi\nu = \frac{mr}{evB} \dots \text{Ciklotronska frekvenca}$$

$$\frac{2\pi}{t_0} = \frac{mr}{evB} \dots \text{Obhodni čas}$$

### Masni spektrometer/spektrograf

Uporablja se za določanje mas ionov.

**Večja je masa večji je r.**

Če hitrost ni pravokotna na silnice.

**Kroži po vijačnici**

## 12.3 Magnetna sila na vodni s tokom

$$\vec{F} = e\vec{v} \times \vec{B}$$

$$\vec{F} = IeB \dots \text{Odrisna od toka, naboja, in gostote magnetnega polja}$$

$$\vec{F} = I\vec{e} \times \vec{B}$$

Če je  $\vec{e} \perp \vec{B} \rightarrow F_{max}$

Če je  $\vec{e} \parallel \vec{B} \rightarrow F = 0$

## 12.4 Gostota magnetenga polja

### 1. Tuljava

$n \dots$  število ovojev

$$B = \frac{\mu_0 n I}{l}$$

$$\mu_0 = 4\pi * 10^{-7} \frac{Vs}{Am}$$

## 2. Vodnik s tokom

$$B = \frac{\mu_0 I}{2\pi r}$$

## 3. Magnetna sila med vodnikoma s tokom

$$F = I_2 B_1 b$$

$$B_1 = \frac{\mu_0 I_1}{2\pi a}$$

$$F = \frac{\mu_0}{2\pi} \frac{b}{a} I_1 I_2 \dots \text{privlačijo}$$

$$F = -\frac{\mu_0}{2\pi} \frac{b}{a} I_1 I_2 \dots \text{odbijajo}$$

## 12.5 Magnetni navor

$$M = 2r' F$$

$$\sin \varphi = \frac{r'}{\frac{b}{2}}$$

$$r' = \frac{b}{2} \sin \varphi$$

$$F = I a B$$

$$M = \cancel{2} \frac{b}{\cancel{2}} I a B \sin \varphi$$

$$ab = S \dots \text{Presek zanke}$$

$$M = IBS \sin \varphi \dots \text{za en ovoj}$$

$$M = IBSn \sin \varphi \dots \text{za tuljavo z n ovoji}$$

Kot  $\varphi$  je kot med osjo zanke in silnicami magnetnega polja

## 13 INDUKCIJA

### 13.1 Magnetni pretok

$\Phi_m \dots$  magnetni pretok

$$\Phi_m = SB \left[ 1m^2 \frac{Vs}{m^2} = 1Vs = 1Wb \right] \dots \text{Weber, samo \u0107e so pravokotne silnice}$$

$$\Phi = S' B$$

$$S' = ab'$$

$$b' = b \cos \beta$$

$$\Phi = ab \cos \beta B$$

$$\Phi = BS \cos \beta$$

## 13.2 Indukcija pri premikanju vodnika v magnetnem polju

$E_i \dots$  Inducirano elektri\u0107no polje

$\vec{F}_e = \vec{F}_m \dots$  zato, ker se elektroni po \u017eci ne premikajo pospe\u0161eno

$$eE_i = evB$$

$$E_i = vB / * b$$

$$bE_i = vBb$$

$$U_i = vBb \dots \text{inducirana napetost, } \vec{v} \perp \vec{B}$$

\u0107e premikamo vodnik po magnetnem polju se na njegovih robovih pojavi inducirana napetost.

$$\vec{F}_l = I\vec{b} \times \vec{B}$$

### LENZOVO PRAVILO

Inducirana napetost po\u017ene induciran tok vedno v tak\u0161no smer, da nastala magnetna sila na vodnik nasprotuje premikanju vodnika.

Mehansko delo spreminja v elektri\u0107no, ker magnetna sila vedno nasprotuje smeri premikanja

\u0107e je hitrost vzporedna silnicam magnetnega polja potem je  $U_i = 0(\vec{v} \perp \vec{B})$

$$\begin{aligned}
 U_i &= vbB \\
 \Delta S &= vb\Delta t \\
 vb &= \frac{\Delta S}{\Delta t} \\
 U_i &= \frac{\Delta SB}{\Delta t} \\
 U_i &= -\frac{\Phi}{\Delta t} \dots \text{Faradejev zakon indukcije}
 \end{aligned}$$

Inducirana napetost je sprememba magnetnega pretoka v danem času. Zaradi Lenzo-vega pravila je predznak minus

$$U_i \Delta t = \Delta \Phi \dots \text{sunek napetosti je enak spremembi magnetnega polja}$$

$$\Delta \Phi = BS$$

$$\Delta \Phi = 2BS$$

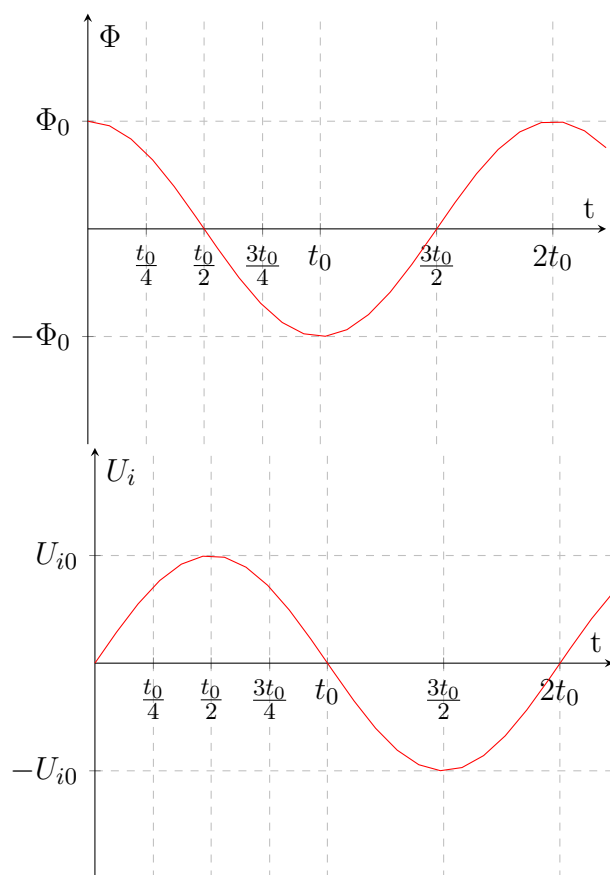
**Tuljava**

$$\Phi = NBS$$

Smer toka obrnemo:

$$\begin{aligned}
 \Phi &= -NBS \\
 \Delta \Phi &= 2NBS
 \end{aligned}$$

### 13.3 Vrtenje tuljave v magnetnem polju



$$\varphi = \omega t \rightarrow \omega = 2\pi\nu$$

$$\Phi = \Phi_0 \cos(\omega t)$$

$$\Phi_0 = NBS$$

$$U_i = \frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$$

$$U_i = U_{i0} \sin(\omega t)$$

$$\Phi = \Phi_0 \cos(\omega t)$$

$$\Phi' = U_i = \omega\Phi_0 \sin(\omega t) \dots \text{odvod od } \Phi \text{ je } U_i \text{ ker je odvod od cosinsa sinus in } \omega\Phi_0 = U_{i0}$$

$$U_{i0} = \omega NBS$$

Ko vrtimo tuljavo v magnetnem polju, dobimo izmenično napetost.

## 13.4 Transformator

Električno energijo pretvori nazaj v električno energijo, samo pri različni napetosti in različnem toku.



- I... Primarna tuljava
- II... Sekundarna tuljava
- $n_1$ ... Število ovojev primarne tuljave
- $n_2$ ... Število ovojev sekundarne tuljave

Deluje na osnovi indukcije. Z njim lahko transformiramo samo izmenične napetosti.

$$U_1 = n_1 \frac{\Delta \Phi}{\Delta t}$$

$$U_2 = n_2 \frac{\Delta \Phi}{\Delta t}$$

$$\frac{U_1}{U_2} = \frac{n_1}{n_2} \dots \text{Razmerje napetosti je enako razmerju med ovoji}$$

$$P_1 = P_2 \dots \text{Če ni izgub, transformator deluje z zelo velikim izkoristkom (90\%)}$$

$$U_1 I_1 = U_2 I_2$$

$$\frac{I_1}{I_2} = \frac{U_1}{U_2} = \frac{n_1}{n_2}$$

$$\frac{I_1}{I_2} = \frac{n_1}{n_2}$$

Bolj daleč kot je transformator večja je napetost in manjši je tok, da pride do manjših izgub.

$$P = RI_{ef}^2 \dots \text{Čim manjša efektivna napetost}$$

$$Q = Pt$$

**Vrtinčni tokovi** povzročajo izgube, ker transformator segrevajo.

## 13.5 Induktivnost tuljave

$$\begin{aligned}
 B &= \frac{\mu_0 n I}{l} \\
 \Phi &= n B s \\
 \Phi &= \frac{\mu_0 n^2 I S}{l} \\
 U_i &= \frac{\Delta \Phi}{\Delta t} = \frac{\mu_0 n^2 I S}{l} \frac{\Delta I}{\Delta t} \dots \text{Inducirana napetost} \\
 L &= \frac{\mu_0 n^2 S}{l} \dots \text{Induktivnost tuljave} \\
 U_i &= L \frac{\Delta I}{\Delta t} [1 \frac{Vs}{A} = 1H] \dots \text{Henry}
 \end{aligned}$$

Inducirana napetost pove kolikšna napetost se inducira, če se tok spremeni za 1A v 1 sekundi.

### 13.6 Energija magnetnega polja

$$\begin{aligned}
 A &= U_i e \\
 U_i &= L \frac{\Delta I}{\Delta t} \\
 e &= I \Delta t \\
 A &= L \frac{\Delta I}{\Delta t} I \Delta t \\
 A &= L \Delta I I \rightarrow \bar{I} = \frac{I + 0}{2} = \frac{I}{2} \\
 \Delta I &= I - 0 = I \\
 A &= L \frac{I^2}{2} \\
 A &= W_m \\
 W_m &= \frac{L I^2}{2} \dots \text{energija magnetnega polja} \\
 \omega_m &= \frac{W_m}{V} [1 \frac{J}{m^3}] \dots \text{Gostota energije magnetnega polja} \\
 \omega_m &= \frac{\mu_0 n^2 S I^2}{2 l V} \frac{U_0}{l} \frac{l}{U_0} \\
 B &= \frac{\mu_0 n I}{l} \\
 \omega_m &= \frac{B^2 S l}{2 V \mu_0} \\
 \omega_m &= \frac{B^2}{2 \mu_0}
 \end{aligned}$$

## 13.7 Električni nihajni krog

Zaprta električni krog (sestavljata ga tuljava in kondenzator). Kondenzator je nabit.

$$t = 0$$

$e_0, E_0 \rightarrow$  največji naboj in električno polje

$I = 0, B = 0 \rightarrow$  v tuljavi ni toka in ni magnetnega polja

Žačne teči tok

$$t = \frac{t_0}{4}$$

$e = 0, E = 0 \rightarrow$  na kondenzatorju

$I = 0, B = 0 \rightarrow$  največji tok in magnetno polje

Tok se začne manjšati in tuljava se začne upira (inducirana napetost)

$$t = \frac{t_0}{2}$$

$$e_0, E_0$$

$$I = 0, B = 0$$

$$t = \frac{3t_0}{4}$$

$$e = 0, E = 0$$

$$I_0, B_0$$

$$t = t_0$$

$$e_0, E_0$$

$$I = 0, B = 0$$

Ponavljanje dejanja (periodičnost) spreminjajo se vrednosti.

## 13.8 Lastna frekvenca električnega nihajnega kroga

$$W = W_m + W_e = W_{e0} = W_{m0} \dots \text{največja energija}$$

$$W_{e0} = W_{m0}$$

$$\frac{LI_0^2}{2} = \frac{e_0^2}{2C} = \left(\frac{CU_0^2}{2}\right)$$

$$LI_0^2 = \frac{e_0^2}{C}$$

$$L \cancel{e_0^2} \omega^2 = \frac{\cancel{e_0^2}}{C}$$

$$\omega^2 = \frac{1}{\sqrt{LC}}$$

$$\omega = 2\pi\nu$$

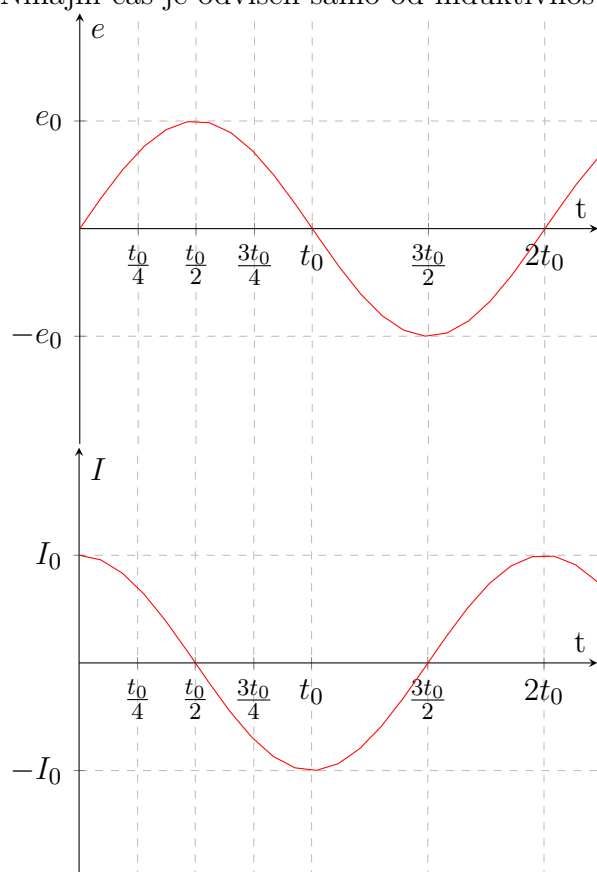
$$\nu = \frac{\omega}{2\pi}$$

$$\nu = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

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

$$t_0 = 2\pi\sqrt{LC}$$

Nihajni čas je odvisen samo od induktivnosti tuljave in kapacitete kondenzatorja.



$$e = e_0 \sin(\omega t)$$

$$I = I_0 \cos(\omega t)$$

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

$$v = v_0 \cos(\omega t)$$

$$v_0 = \omega s_0$$

$$I_0 = \omega e_0$$

## 13.9 Elektro magnetno valovanje

Dipolna antena(odprt električni nihajni krog)

$$\vec{B} \perp \vec{E}, \vec{B} \perp \vec{c}, \vec{c} \perp \vec{E}$$

To je **transverzalno valovanje**.

$$\begin{aligned}\omega_m &= \frac{B_0^2}{2\mu_0} \\ \omega_e &= \frac{\varepsilon_0 E_0^2}{2} \\ \frac{B_0^2}{2\mu_0} &= \frac{\varepsilon_0 E_0^2}{2} \\ E_0^2 &= \frac{1}{\mu_0 \varepsilon_0} B_0^2 \\ E_0 &= \frac{1}{\sqrt{\mu_0 \varepsilon_0}} B_0 \\ c &= \frac{1}{\sqrt{\mu_0 \varepsilon_0}} \dots \text{hitrost svetlobe ali elektromagnetnega valovanja} \\ E_0 &= cB_0\end{aligned}$$

## 14 NIHANJE

### 14.1 Opisovanje nihanja

Nihanje je periodično gibanje.

**Matematično nihalo**(nitno/težno)

1 perioda je 1 nihaj, ki je od ene skrajne lege do druge skrajne lege in nazaj.

$R$  ... ravnovesna lega

$A$  ... amplitudna lega

$t_0$  ... nihanj čas

$$\nu = \frac{N}{t} = \frac{\text{število nihajev}}{\text{čas}}$$

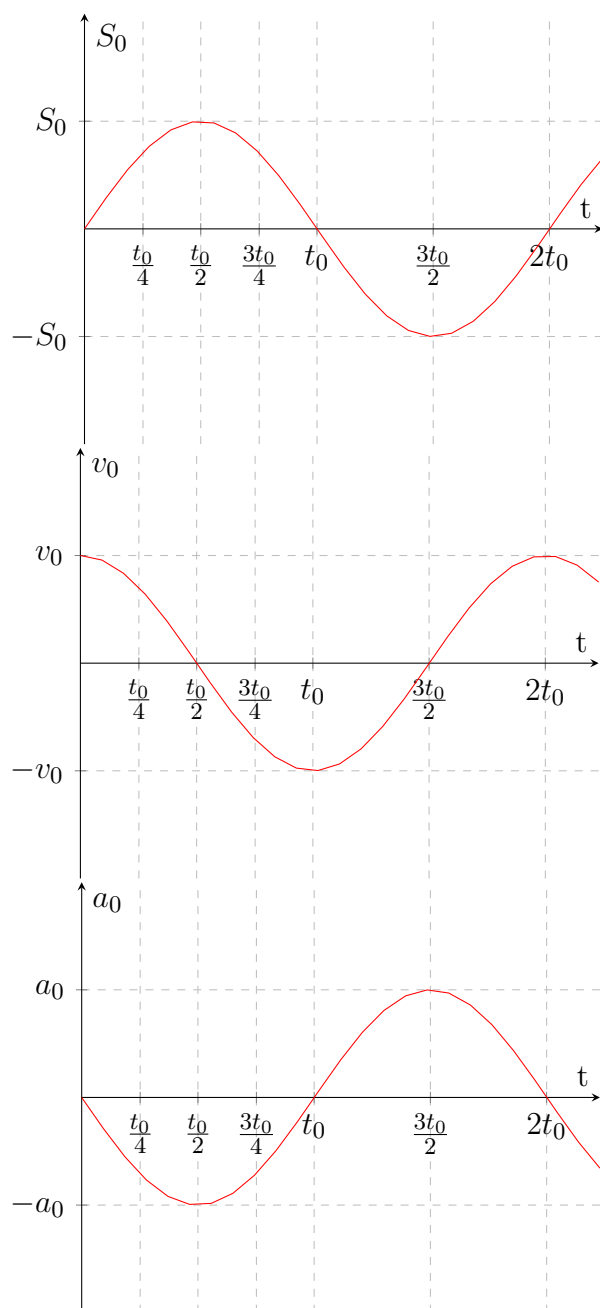
$$\nu = \frac{1}{t_0}$$

$s$  ... odmik[cm]

$s_0$  ... amplituda[cm]

**Vzmetno nihalo**

Telo kroži enakomerno.



$$S = S_0 \sin(\omega t)$$

$\rho = \omega t \dots$  **POMNI:** To ni isti kot, kot pri nihanju, to je kot pri kroženju.

$$v = v_0 \cos(\omega t)$$

$v_0 = \omega S_0 \dots$  Odvajamo po času.

$$a = -a_0 \sin(\omega t)$$

$$a = \omega v_0 = \omega^2 s_0 = \frac{v_0^2}{s_0}$$

$$\omega = 2\pi\nu$$

## 14.2 Lastni nihanji časi nihal

**Vzmetno nihalo**(izpeljavo moraš znat!!!)

\*brez trenja

$$F_v = -ks_0 \dots \text{po hookovem zakonu}$$

$$F = ma_0 \dots \text{po njutnovem zakonu}$$

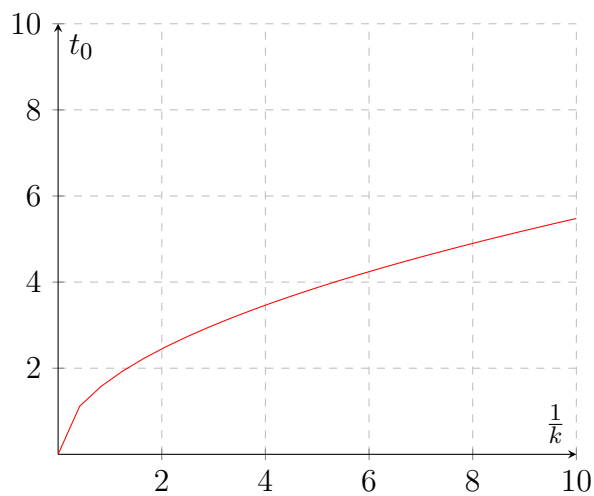
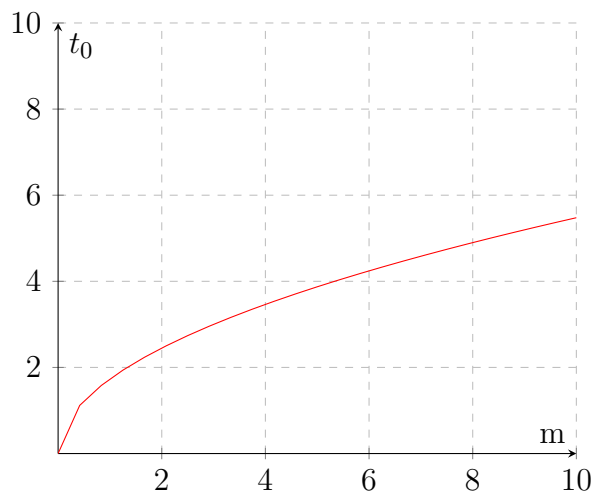
$$a_0 = -\omega^2 s_0$$

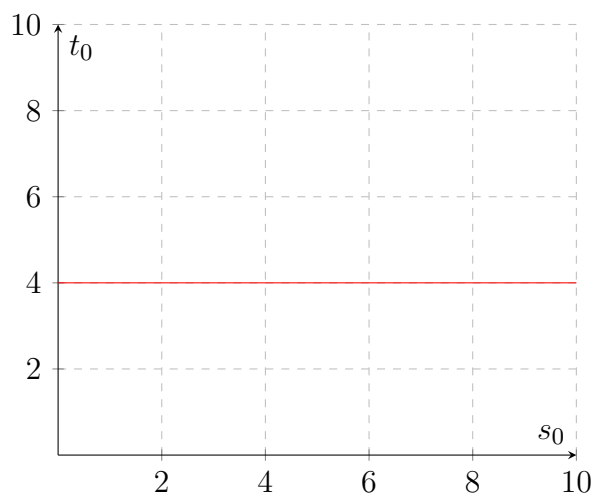
$$-k\cancel{s_0} = -\omega^2 \cancel{s_0} m$$

$$\omega = \sqrt{\frac{k}{m}}$$

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

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





### Matematično nihalo

\*Nihanje matematičnega nihala ni **sinusno**, ker sila **ni sorazmerna z odmikom**.

V tem primeru je sila sorazmerna s sinusom

$$F = F_g \sin \rho_0$$

$\sin \rho_0 = \rho_0 \dots$  **Za majne kote**  $\rho_0$ , vse od zdaj naprej delamo na tej podlagi.

$$F = mg\rho_0$$

$$m g \rho_0 = m \omega^2 s_0$$

$$l = r \rho$$

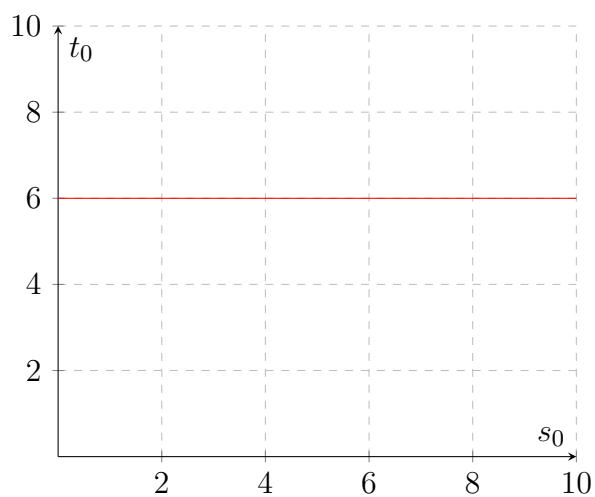
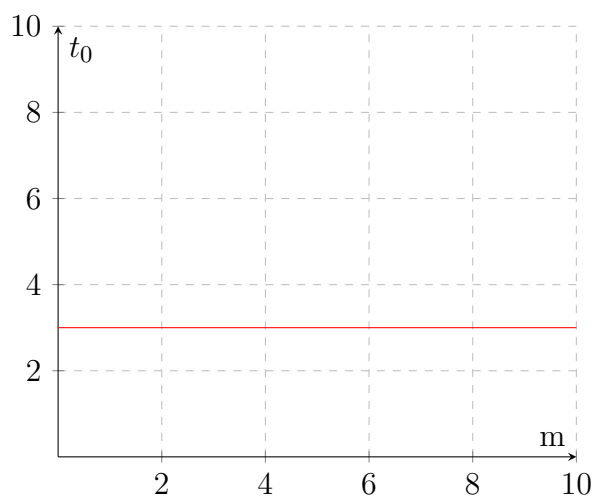
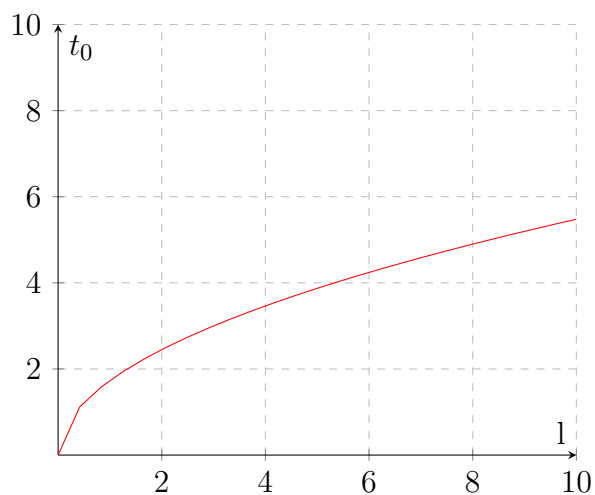
$$s_0 = l \rho$$

$$g \rho_0 = \omega^2 l \rho_0$$

$$\omega = \sqrt{\frac{g}{l}}$$

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





**\*Nihanji čas je neodvisen od amplitude, ker so majhni koti.**

### 14.3 Energija nihanja

\*Idealne razmere (brez upora zraka, vsa nihala nihajo konst. ...)

$$W = \text{konst}$$

$W$  ... celotna energija nihanja

### Vzmetno nihalo

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

Amplitudna lega :  $W_k = 0, W_{pr0}$

$$W = W_{pr0} = \frac{ks_0^2}{2}$$

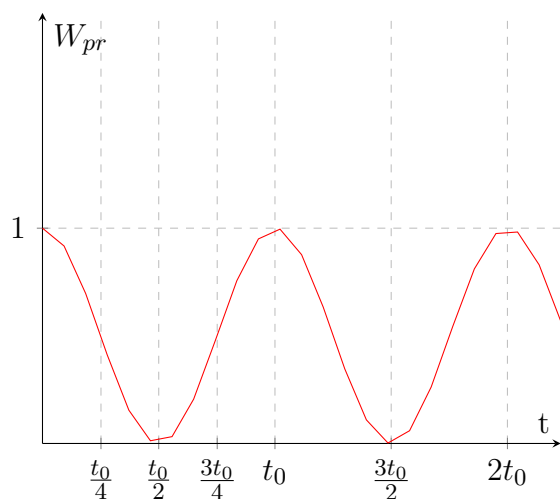
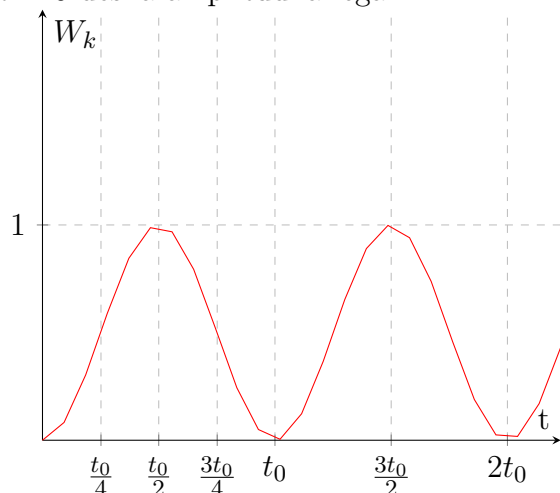
Ravnovesna lega :  $W_{k0}, W_{pr} = 0$

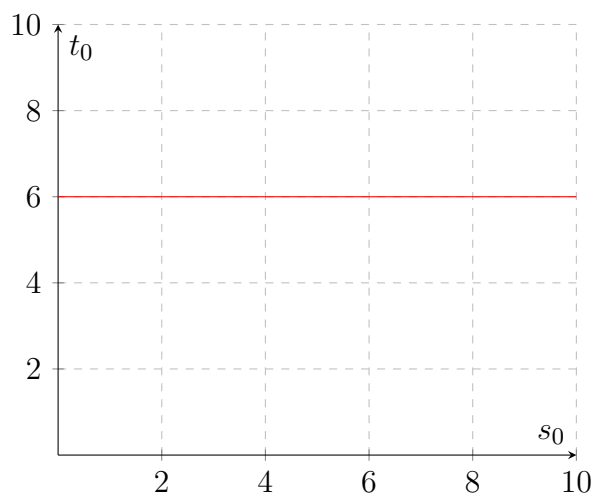
$$W = W_{k0} = \frac{mv_0^2}{2}$$

Poljubna lega :

$$W = W_{pr} + W_k = \frac{ks_0^2}{2} + \frac{mv_0^2}{2}$$

$t = 0$  desna amplitudna lega.





### Matematično nihalo

$$W = W_p + W_k$$

Amplitudna lega :  $W_k = 0, W_p = 0$

$$W = W_{p0} = mgh_0$$

Ravnovesna lega :  $W_{k0}, W_p = 0$

$$W = W_{k0} = \frac{mv_0^2}{2}$$

Poljubna lega :

$$W = W_p + W_k = mgh_0 + \frac{mv_0^2}{2}$$

## 14.4 Dušeno nihanje

Je realno nihanje, vsako nihalo se čez čas ustavi.

Sled idealnega nihanja.

Pri dušenem nihanju se manjša amplituda ( $S_0, v_0, a_0, W$ ) od vseh teh manjša amplituda. Manjša se eksponentno.

$$p = S_0 e^{-\beta t}$$

$\beta$  ... faktor dušenja [ $s^{-1}$ ]

$\frac{1}{\beta}$  ... Je čas v katerem pade **amplituda** na  $\frac{1}{e}$

$$\frac{1}{\beta} = 0,368$$

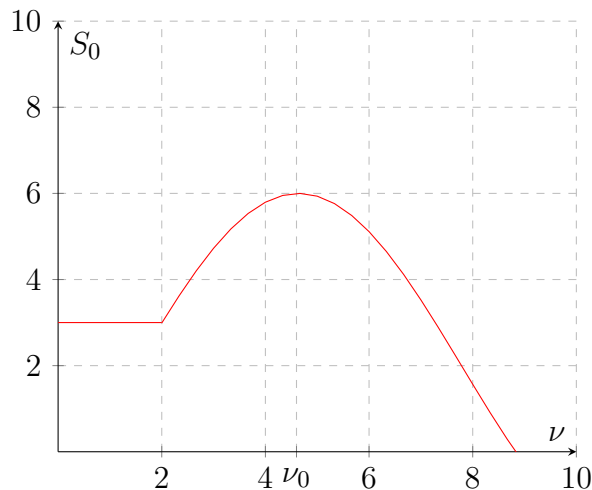
## 14.5 Vsiljeno nihanje

Ko na nihalo delujemo s periodično silo.

$\nu \dots$  frekvenca sile

$\nu_0 \dots$  lastna frekvenca nihala

**Resonančna** krivulja je amplituda v povezavi z vzbujevalno frekvenco.



$S_0 \dots$  Na grafu predstavlja amplitudo.

$\nu \dots$  Na grafu predstavlja vzbujeno  $\nu$ .

$\nu_0 \dots$  Vrh je ko sta obe enaki.

$\nu \ll \nu_0 \dots$  Amplituda se ne spremeni.

$\nu = \nu_0 \dots$  Amplituda se močno poveča, **resonanca**.

$\nu \gg \nu_0 \dots$  Amplituda se močno spremeni.

## 15 VALOVANJE

### 15.1 Vrste valovanja

Valovanje je sestavljeno nihanje.

Poznamo 2 vrsti valovanja:

- Longitudinalno(vzdolžno) valovanje npr. zvok Značilnost je, da so odmiki sredstva vzporedni z smerjo širjenja valovanja.
- Transferzalno(prečno) valovanje npr. elektromagnetno valovanje Motnje so htibi in doline.  
Značilnost je da so odmiki sredstva pravokotni na smer širjenja valovanja.

### Trenutna slika valovanja

$\lambda \dots$  valovna dolžina (razdalja med dvema sosednjima deloma, ki nihata sočasno)

Vir valovanja:  $\nu, t_0$

$$s = vt$$

$$\lambda = c * t_0$$

$c \dots$  hitrost motnje

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

$$c = \lambda \nu$$

Če spremenimo frekvenco **se ne spremeni hitrost**, ampak je konstantna, **spremenijo se valovna dolžina**.

## 15.2 Hitrost valovanja na upeti vrvi

$$c = \sqrt{\frac{\sigma}{\rho}}$$

$$\sigma = \frac{F}{S} [1 \text{ N/m}^2]$$

$$\rho = \frac{m}{V} [1 \text{ kg/m}^3]$$

$$c = \sqrt{\frac{FV}{Sm}} \dots S \dots \text{presek vrvi}$$

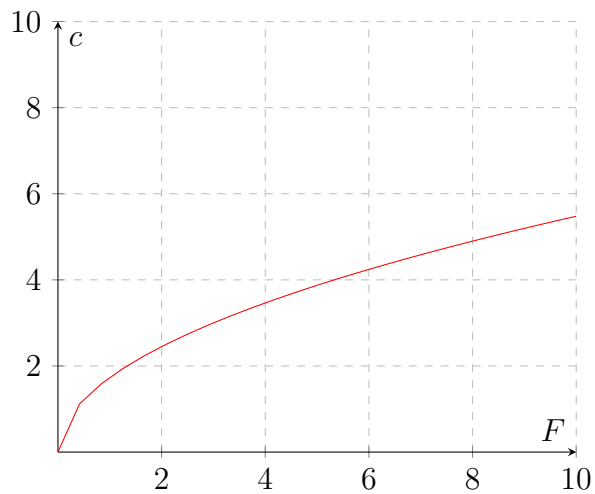
$$V = Sl$$

$$c = \sqrt{\frac{F \cancel{S} l}{\cancel{S} m}}$$

$$c = \sqrt{\frac{Fl}{m}} \dots F - \text{sila s katero je vrv napeta, } l - \text{dolžina vrvi, } m - \text{masa vrvi}$$

$$\mu = \frac{m}{l} [1 \text{ kg/m}]$$

$$c = \sqrt{\frac{\sigma}{\rho}} = \sqrt{\frac{Fl}{m}} = \sqrt{\frac{F}{\mu}}$$



### 15.3 Stoječe valovanje

**Oboj motnje:**

- Vpet konec vrvi obojo z nasprotno fazo
- Prost konec vrvi odboj z isto fazo

**Vsota vpadnega in odbojnega kota:**

$V \dots$  Vozel stoječega valovanja

$h \dots$  Hrbet stoječega valovanja

Vsi deli vrvi nihajo z enako frekvenco, ampak z različno amplitudo.

### 15.4 Lastno nihanje strune

$$\nu = \frac{c}{\lambda}$$

$$e = \frac{\lambda_0}{2}$$

$$\nu_0 = \frac{c}{\lambda_0} = \frac{c}{2l}$$

$$\nu_0 = \frac{c}{2l} \dots \text{Osnovna lastna frekvenca, ki jo lahko struna odda.}$$

$$\nu_1 = \frac{c}{\lambda_1}$$

$$\lambda_1 = l$$

$$\nu_1 = \frac{c}{l} = 2\nu_0 \dots \text{Prva višjeharmonična lastna frekvenca.}$$

$$\nu_2 = \frac{c}{\lambda_2}$$

$$l = \frac{3\lambda_2}{2}$$

$$\lambda_2 = \frac{2l}{3}$$

$$\nu_2 = \frac{3c}{2l} = 3\nu_0$$

$$\nu_n = n\nu_0$$