

**Gibanje – premo gibanje**

Enakomerno gibanje

$$a = 0$$

$$v = \frac{ds}{dt} = \frac{s}{t} = \text{konst.}$$

$$s = vt$$

*a – pospešek*  
*v – hitrost*  
*s – pot*

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

$$v_x = v_0 \cos\varphi$$

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

$\varphi$  – kot zasuka  
 $\omega$  – kotna hitrost  
 $v$  – obodna hitrost  
 $r$  – polmer kroženja

Enakomerno pospešeno gibanje

$$v = v_0 \pm at$$

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

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

$v_0$  – začetna hitrost  
 $a$  – pospešek  
 $t$  – čas  
 $s$  – pot (*ploščina pod krivuljo*)  
! ~  $s = s_1 + s_2$  ~ !  
! ~  $t = t_1 + t_2$  ~ !

Prosti pad

$$v = gt$$

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

$$v^2 = 2gh$$

$h$  – višina  
 $g$  – gravitacijski pospešek

spust z zamikom  $t_0$ , višina drugega telesa

$$h = H - \frac{g(t - t_0)^2}{2}$$

Navpični met dol in gor

$$v = v_0 \pm gt$$

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

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

$$a = g$$

**Gibanje - Krivo gibanje - Poševni met**

V vodoravni smeri je gibanje enakomerno, navpično pa deluje pospešek  $g$ .

X os, enakomerno gibanje:

$$a_x = 0$$

$$v_x = v_0 \cos\varphi = \text{konst.}$$

$$x = v_0 t \cos\varphi$$

Y os, enakomerno pospešeno ali pojemajoče gibanje:

$$a_y = -g$$

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

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

Posebni primer – vodoravni met od najvišje točke

$$t_p = \sqrt{\frac{2h}{g}}$$

$$D = v_0 \cos\varphi \sqrt{\frac{2y_0}{g}}$$

$h$  – začetna višina  
 $D$  – domet

Poševni met z začetno višino  $y_0$

$$D = v_0 \cos\varphi t_p$$

kvadratna za  $t_p$

$$\frac{g}{2} t_p^2 - v_0 \sin\varphi t_p + y - y_0 = 0$$

Met na isto višino

$$\frac{g}{2} t_p - v_0 \sin\varphi = 0$$

$$t_p = \frac{2v_0 \sin\varphi}{g}$$

$$D = \frac{v_0^2 \sin(2\varphi)}{g}$$

$$H = \frac{(v_0 \sin\varphi)^2}{2g}$$

$\varphi$  – kot metanja  
 $H$  – največja višina

**Gibanje – krivo gibanje – Kroženje**

$$r = (r \sin\varphi, r \cos\varphi)$$

$$\omega = \frac{d\varphi}{dt} - \text{kotna hitrost}$$

$$\alpha = \frac{d\omega}{dt} - \text{kotni pospešek}$$

$$v = r\omega - \text{obodna hitrost}$$

$$a_t = \frac{dv_t}{dt} = r \frac{d\omega}{dt} = r\alpha$$

$$a_r = \frac{dv_r}{dt} = v \frac{d\varphi}{dt} = v\omega$$

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

$$N = \frac{\varphi}{2\pi} - \text{št. obratov}$$

Enakomerno kroženje

$$a = 0$$

$$\omega = \omega_0 = \text{konst.}$$

$$\varphi = \omega_0 t$$

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

$$a_t = \alpha r = 0$$

$\alpha$  – kotni pospešek (pojemek)

Enakomerno pospešeno kroženje

$$\omega = \omega_0 \pm \alpha t$$

$$\varphi = \omega_0 t \pm \frac{\alpha t^2}{2}$$

$$\omega^2 = \omega_0^2 \pm 2\alpha\varphi$$

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

$$a_t = \alpha r$$

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

**Gravitacijska sila**

Med dvema telesoma z masama na razdalji

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

$G$  – gravitacijska konstanta

$$G = 6,673 \cdot 10^{-11} \frac{m^3}{s^2 kg}$$

Gravitacijski pospešek na površju telesa (planeta)

$$g_0 = G \frac{m_0}{r_0^2}$$

$r_0$  – polmer telesa (planeta)

Ter na razdalji  $r$  ( $h$ ) od središča telesa

$$g = G \frac{m_0}{r^2} = g_0 \left(\frac{r_0}{r}\right)^2$$

**Sile**

Primer napetja tetive na sredini

$F$  – potek sil ( $v$  krajišča)  
 $F'$  – sila tetive  
 $L$  – dolžina tetive  
 $F_g$  – sila napetja  
 $d$  – dolžina napetja  
velja ravnovesje  $F_g = 2F'$

Potek tetive in potek sil, iz ravnovesja izračunamo s podobnimi trikotniki

$$\frac{F_g}{2F} = \frac{2d}{L}$$

**Statika ravnovesje sil**

Vpeta vrv med stenama ter utež

Pogoji:

$$\sum F_x = F_1 \sin\alpha - F_2 \sin\beta = 0$$

$$\sum F_y = F_1 \cos\alpha + F_2 \cos\beta - mg = 0$$

Rešitev sistema



$$F_1 = mg \frac{\sin\beta}{\sin(\alpha + \beta)}$$

$$F_2 mg \frac{\sin\alpha}{\sin(\alpha + \beta)}$$

$\alpha$  in  $F_1$  – kot med steno in vrvjo ter sila ki kaže nanj  
 $\beta$  in  $F_2$  – kot med steno in vrvjo ter sila ki kaže nanj

Nosilec pritrjen na steno z vrvjo

Pogoji:

$$\sum F_x = R_x - F \cos\alpha = 0$$

$$\sum F_y = R_y + F \sin\alpha - mg = 0$$

$$\sum M = -(L - l)mg + LF \sin\alpha = 0$$

$$F = \frac{L - l}{L} \frac{mg}{\sin\alpha}$$

$$R_x = F \cos\alpha = \frac{L - l}{L} mg \operatorname{ctg}\alpha$$

$$R_y = mg - F \sin\alpha = \frac{mg}{L}$$

$F$  – sila vrvi proti steni  
 $R_x$  – reakcija v smeri  $x$  (sila)  
 $R_y$  – reakcija v smeri  $y$  (sila)  
 $\alpha$  – kot med nosilcem in vrvjo

### Sila trenja in lepenja

Predmet na klancu

Pogoji, da miruje:

$$\sum F_x = 0$$

$$F_d - F_l = 0$$

$$F_d = mg \sin\varphi$$

$$F_l = F_s k_l = mg \cos\varphi k_l$$

$$mg \sin\varphi - mg \cos\varphi k_l = 0$$

$$k_l = \frac{\sin\varphi}{\cos\varphi} = \operatorname{tg}\varphi$$

$F_d$  = sila navzdol klanca  
 $F_l$  – sila lepenja v smeri klanca  
 $F_l > F_t$

$$F_l = k_l * N \text{ oz. } F_N$$

$$F_t = k_t * N$$

$F_l$  – ko telo miruje  
 $F_t$  – ko se telo giblje

### Teža

$$F_g = mg$$

$$F_g = G * \frac{m_1 * m_2}{d^2}$$

$$d - \text{razdalja planetov}$$

$$g_0 = G * \frac{M}{r_0^2}$$

$$M - \text{masa planeta}$$

$$r_0 - \text{polmer planeta}$$

$$F_g = mg = G * \frac{M}{r_0^2}$$

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

$$r - \text{oddaljenost od središča}$$

$$r_0 - \text{polmer planeta}$$

$$g_0 - \text{gr. pospešek na površju}$$

### Težišče

$$x_T = \frac{m_1 * x_1 + m_2 * x_2 + m_3 * x_3 + \dots}{m_1 + m_2 + m_3 + \dots}$$

$$x_T = \frac{\sum x_i m_i}{m}$$

$$y_T = \frac{\sum y_i m_i}{m}$$

### Prožnost

Hookov zakon

$$x = \frac{Fl_0}{SE}$$

$$F = \frac{SEX}{l_0}$$

$$k = \frac{SE}{l_0}$$

$$F = k * x$$

$x$  – raztezek

$k$  – koeficient raztezka

$S$  – presek

$E$  – modul elastičnosti

(vzmeti, palica, kje obesiti utež, računaj navor s središčem vrtenja v središču palice!)

### Dinamika, gibanje teles

$$F = ma \left[ N = \frac{kgm}{s^2} \right]$$

Telo na vrvici zanihamo

$$\operatorname{tg}\varphi = \frac{ma}{mg} = \frac{a}{g}$$

$$F_v + mg = ma$$

V mirujočem stanju

$$F_v + F_g = 0$$

$$F_v = -F_g$$

$$F_v = -mg$$

### Sile pri kroženju

$$\varphi = \varphi_t$$

$$\omega = \frac{d\varphi}{dt}$$

$$\varphi = \frac{s}{r}$$

$s$  – pot

$r$  – polmer

$$\alpha = \frac{d\omega}{dt}$$

$$a = a * r (r = h)$$

$$v = \omega * r$$

$$a = a_r + a_t$$

$$\omega = \alpha * t$$

$F_c$  – vleče proti središču

– centrepentalna sila

$$F_c = ma_r$$

Zemlja, satelit

$$F_g = m * a_r$$

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

	Sonce	Merkur	Venera	Zemlja	Mars	Jupiter	Saturn	Uran	Neptun	Pluton
Ekvatorski polmer v km	696000	2439	6052	6378	3393	71398	60000	62071	24300	1142
Masa glede na Zemljino	333000	0,055	0,815	1	0,107	317,9	95,2	14,6	17,2	0,002
Prostornina glede na Zemljino	1300000	0,06	0,88	1	0,15	1316	755	67	57	0,1
Srednja gostota $g/cm^3$	1,4	5,4	5,2	5,5	3,9	1,3	0,7	1,3	1,8	2,1
Težnostni pospešek glede na Zemljinega	27,9	0,38	0,98	1	0,38	2,54	1,07	0,8	1,18	0,01
Srednja oddaljenost od Soca v mio km		57,9	108,2	149,6	227,6	778,3	1427,0	2871,0	4497,1	5913,5



**Sile pri translaciji (raztezek-vzmet)**

$$F = k * x$$

$$F_{vz} = k_{vz} * x_0$$

$x_0$  – raztezek

$k_{vz}$  – koeficient vzmeti

Lokomotiva, vagoni

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

$$a = \frac{v^2}{2s}$$

**Gibalna količina**

$$G = m * v \left[ \frac{kgm}{s} \right]$$

$$F = ma$$

$$F = \frac{G}{t}$$

$$F\Delta t = \Delta G$$

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

Odboj žoge s palico, žoga ima v

$$F\Delta t = \Delta G$$

$$\Delta G = G_{IIy} - G_{Iy}$$

$$\Delta G = G_{IIx} - G_{Ix}$$

$$F = \sqrt{F_y^2 + F_x^2}$$

Iz vozička na voziček

G se ohranja!

**Delo, moč, energija**

$$A = F * s \left[ J = \frac{N}{m} = \frac{kgm^2}{s^2} \right]$$

$$P = \frac{A}{t} = \frac{Fs}{t} = Fv \left[ \frac{J}{s} = W = \frac{kgm^2}{s^3} \right]$$

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

**Kinetična energija**

$$A = \Delta W_k \dots$$

$$\Delta W_k = W_k - W_{k0}$$

$$W_k = \frac{mv^2}{2} \left[ \frac{kgm^2}{s^2} = J \right]$$

Trk dveh teles

Gibalna količina se ohranja

$$G_{pred} = G_{po}$$

$$m_1v_{10} + m_2v_{20} = m_1v_1 + m_2v_2$$

Neprožen trk

$w_k$  – se ne ohranja

Telesi se sprimeta

$$m_1v_{10} + m_2v_{20} = (m_1 + m_2) * v$$

Prožen trk

Prvo telo pospeši drugo, če sta masi enaki, prvo telo obmiruje drugo nadaljuje s hitrostjo prvega.

**Prožnostna energija**

$$W_{pr} = \frac{ks^2}{2} \left[ \frac{Nm^2}{m} = Nm = J \right]$$

$$F = ks$$

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

**Potencialna energija**

$$W_p = mgh$$

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

**Energijski zakon**

$$A = W_k + W_p + W_{pr} \dots$$

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

$$W_p = mgh$$

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

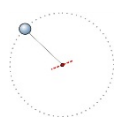
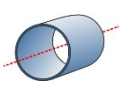
Lok napremo

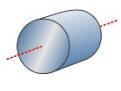
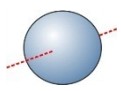
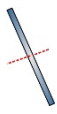
$$A = A_1 + A_2$$

$$A = \frac{F_0x_1}{2} + F_0x_2$$

$$v = \sqrt{\frac{2A}{m}}$$

**Vrtenje**

primer		Vztrajnostni moment
Majhna kroglica z maso $m$ kroži v razdalji $r$ od osi.		$J = mr^2$
Tanek obroč (cev) z maso $m$ in polmerom $r$ se vrti okoli simetrijske osi.		$J = mr^2$

Valj z maso $m$ in polmerom $r$ se vrti okoli simetrijske osi.		$J = \frac{1}{2}mr^2$
Krogla z maso $m$ in polmerom $r$ se vrti okoli središča.		$J = \frac{2}{5}mr^2$
Palica z maso $m$ in dolžino $L$ se vrti okoli težišča; os vrtenja je pravokotna na palico.		$J = \frac{1}{12}mL^2$

$$F = ma$$

$$F_t = ma_t$$

$$M = r \times F$$

$M = J\alpha$  – Newtonov zakon za vrtenje

$$\omega^2 = \omega_0^2 - 2\alpha\varphi$$

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

$$v = \omega r$$

$r$  – oddaljenost točke do vrtilišča

Utež na vretenu s trenjem, pospešek  $a$ ?

$$a = r\alpha$$

$$rF_v - M_{tr} = J\alpha$$

Vrtilna količina

$$M = J\alpha = J \frac{\omega}{t} = \frac{\Gamma}{t}$$

$$\Gamma = J\omega \left[ \frac{kgm^2}{s} \right]$$

$$\Gamma = r \times G = r \times mv$$

$\alpha$  – kotni pospešek [ $s^{-1}$ ]

$J$  – vztrajnostni moment [ $kgm^2$ ]

Steinerjevo pravilo!

$J$

= osnovni vztr. mom. + masa telesa

\* (razdalja vrtilišča od osišča)<sup>2</sup>

Delo, moč in kinetična energija pri vrtenju

$$dA = Fds$$

$$A = M\varphi - \text{če je } M \text{ konstanten}$$

$$P = \frac{dA}{dt} = \frac{Md\varphi}{dt} = M\omega$$

$$W_k = \frac{J\omega^2}{2} - \text{Kin. ene. pri vrtenju}$$

$$\Delta W_k = \frac{J\omega^2}{2} - \frac{J\omega_0^2}{2}$$

$$A = M\varphi = J\alpha = J \frac{\omega^2 - \omega_0^2}{2}$$

$$x(t) = x_0 \sin(\omega t + \rho)$$

$d$  – težišče telesa od vrtilišča  
 $m$  – masa celotnega telesa  
 $J$  – vztrajnostni moment telesa

**Kotaljenje**

$$W_k = W_{k_{težišča}} + W_{k_{rotacijska\ okrog\ osi}}$$

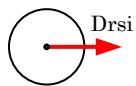
$$W_k = \frac{mv_t^2}{2} + \frac{J_t \omega^2}{2}$$

$$\alpha = \frac{d\omega}{dt}$$

$$\omega = \frac{d\varphi}{dt}$$

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

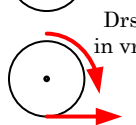
$\nu$  – frekvenca



$$W_k = \frac{m \cdot v^2}{2}$$



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



$$W_k = \frac{J \cdot \omega^2}{2} + \frac{m \cdot v^2}{2}$$

**Obroč:**

$$J_T = mr^2 \Rightarrow v_0 = \sqrt{\frac{2gh}{1+1}}$$

**Valj:**

$$J_T = \frac{mr^2}{2} \Rightarrow v_0 = \sqrt{\frac{2gh}{1+\frac{1}{2}}}$$

**Krogla:**

$$J_T = \frac{mr^2}{5} \Rightarrow v_0 = \sqrt{\frac{2gh}{1+\frac{2}{5}}}$$

$$v_K > v_v > v_0$$

$$\omega = \frac{v}{r}$$

**Nihanje**

Harmonično nihanje:

Sinus in kosinus

$$x(t) = x_0 \sin\left(\frac{2\pi t}{T} + \rho\right)$$

$x_0$  – največja amplituda

$$\frac{2\pi}{T} = \text{faza} = \omega$$

Primer,  $\rho = \frac{\pi}{2}$

$$x(t) = x_0 \sin\left(\omega t + \frac{\pi}{2}\right)$$

$$= x_0 \cos \omega t$$

$$v_0 = x_0 \omega$$

$$a_0 = x_0 \omega^2$$

Vzmetno nihanje:

Nihanje je enako v navpični kot v vodoravni smeri!

$$F = ma$$

$$F_{vz} = kx$$

$$x - \text{odmik}$$

$$ma = kx$$

$$\omega^2 = \frac{k}{m}$$

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

$$t_0 = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}} - \text{gor, dol}$$

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

Dušeno nihanje:

$$F_{vz} = -ks$$

$$F_{upora} = -rv$$

$$\frac{r}{m} = 2\beta$$

$\beta$  – koeficient dušenja

$$A_n = A_0 e^{-n\beta t_d}$$

$$a_0 = \omega^2 A_0$$

$$\omega_d = \sqrt{\omega^2 - \beta^2}$$

$$t_d > t_0$$

$$t_d = \frac{2\pi}{\omega_d} > t_0 = \frac{2\pi}{\omega}$$

$$v = 2\pi\nu \sqrt{x_0^2 - x^2}$$

$$v = \omega \sqrt{x_0^2 - x^2}$$

Težno nihanje:

Za majhne odmike:

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

$$\omega = \sqrt{\frac{mgd}{J}}$$

Odklon iz ravnovesne lege:

$$\varphi = \varphi_0 \sin(\omega t)$$

Kotna hitrost:

$$\Omega = \frac{\varphi}{t}$$

Največja kotna hitrost:

$$\Omega_0 = \varphi_0 \omega$$

Matematično nihanje:

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

Energija nihanja:

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

$$W = \frac{mv^2}{2} + \frac{ks^2}{2}$$

če je nihalo v  $v_0 \Rightarrow \frac{mv_0^2}{2}$

če je nihalo v  $s_0 \Rightarrow \frac{ks_0^2}{2}$

Pri nedušnem nihanju se energija nihala ohranja!

$$W = \frac{mv^2}{2} + mgh = \frac{mv_0^2}{2} = mgh_0$$

**Tekočine**

Tlak:

$$F = pS$$

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

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

Stisljivost:

$$\chi = - \frac{dv}{Vdp}$$

Hidrostatični tlak:

$$p = p_0 + \rho gh - \text{narašč. } p \text{ z globino}$$

$$\rho_{vode} = 1 * 10^3 \left[ \frac{N}{m^2}, Pa \right]$$

$dp = \rho g dh$  če je  $\rho$  – konstanten



Vzgon:

$$F_{vz} = \rho V g$$

$$F_{vz} = mg$$

$$\rho_0 S x g = \rho S h g$$

$S$  – presek

$x$  – potopljeni del

$h$  – višina telesa

$$m = \rho V$$

Gibanje tekočin:

Volumski pretok:

$$\phi_V = \frac{dV}{dt} \left[ \frac{m^3}{s} \right]$$

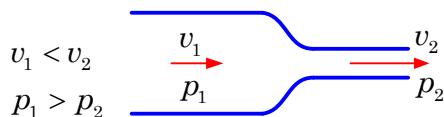
$$\phi_V = \frac{v dt S}{dt} = v S - \text{kadar je } v - \text{kons.}$$

Masni pretok:

$$\phi_m = \frac{dm}{dt} = \frac{\rho dV}{dt} = \rho \phi_V \left[ \frac{kg}{s} \right]$$

Bernoullijeva enačba:

$$p + \frac{\rho v^2}{2} + \rho g h = \text{konstanta}$$



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

Sila upora:

$$F_u = C_u \frac{\rho v^2}{2} S$$

$C_u$  – koeficient upora



Vrenje:

Kolo – Vrtilna količina,  $M = \frac{\Gamma}{t}, Mt$  – sunek stalnega navora

Plošča in obroč – Vztrajnostni moment, vrtilna količina na začetku in koncu!

Nihalo – palica in obroč – Vztrajnostni moment, energije na začetku in koncu,  $v = \omega r$ .

Krogla po klancu navzdol – univerzalne formule za hitrost, hitrost na koncu,

domet!  $D = v_0 \cos \varphi t_p, t_p = \sqrt{\frac{2g}{h}}$ .

Dva obroča na osi – sile, pospešek  $a = \alpha r$ , vsota navora  $M = J \alpha$ ,

Nihanje:

Telo niha harmonično – enačbe za največji pospešek in hitrost → omega, nihajni čas  $t_0 = \frac{2\pi}{\omega}$ .

Vzmetno nihalo, koliko mase za drug nihajni čas – časa izrazi, zapiši enakost in enači.

Tekočine:

Posoda in cevka – zapiši Bernoullijevo enačbo za posodo in cev!

Dve enaki posodi, povezani z novo tekočino na eni strani – sprememba višine vode se razdeli! Zapiši Bernoullijevo enačbo za oba enaka tlaka na levi in na desni v stičišču!

Vzmetno nihalo, krogla, v zraku in vodi – nastavi sile, enači, zapiši kot produkt gostote, volumna in g. Izrazi koeficient v obeh primerih in ju enači!

Krogla pritrjena na dno reke s pretokom – silo vrvice razdeli v x in y komponento, vse sile v x in y smeri.

**Mehansko valovanje**

Pri valovanju vala preveri kje se nahaja, da lahko določiš obliko vala!  
Obojestransko vpeta struna, se faza vala spremeni!

$$c = \lambda * \nu$$

Fazna razlika med nihajem dveh točk

$$\varphi = k * x$$

Pot:

$$s, x, r, l = c * t$$

Gostota, volumen, masa:

$$m = \rho * V = \rho S l$$

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

$$\frac{m}{l} = \rho S$$

Longitudinalno valovanje

Kapljevine:

$$c = \sqrt{\frac{K}{\rho}} = \sqrt{\frac{1}{\chi \rho}}$$

$K$  – modul stisljivosti  
 $\chi$  – stisljivost kapljevine

Plini:

$$c = \sqrt{\frac{\kappa R T}{\rho}}$$

$$R = 8315 \frac{J}{\text{kmol} K}$$

$T$  – temperatura

$\kappa$  – stisljivost (zrak: 1,4)

$M$  – molek. masa (zrak:  $29 \frac{kg}{\text{kmol}}$ )

Kovine:

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

$E$  – prožnostni modul

$$\left( \begin{array}{l} \text{jeklo:} \\ E = 2,1 * 10^{11} \frac{N}{m^2} \\ \rho = 7850 \frac{kg}{m^3} \end{array} \right)$$

Transverzalno valovanje na napeti vrstici

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

$F$  – sila, s katero je napeta vrstica

$m$  – masa vrvice

$l$  – dolžina vrvice

$S$  – presek vrvice

$\rho$  – gostota materiala

Potujoče valovanjeZa ravno sinusno valovanje

$$u = u_0 \sin(\omega t - kx)$$

$$v = u_0 \omega \cos(\omega t - kx)$$

$$a = -u_0 \omega^2 \sin(\omega t - kx)$$

$$u_{max} = u_0$$

$$v_{max} = v_0 = u_0 \omega$$

$$a_{max} = a_0 = u_0 \omega^2$$

$v$  – hitrost

$\nu$  – frekvenca

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

$$k = \frac{2\pi}{\lambda}$$

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

**Energija valovanja**Energijski tok (moč)

$$P = \frac{dW}{dt}$$

Gostota energije

$$w = \frac{dW}{dV} = \frac{\rho v_0^2}{2} = \frac{\rho \omega^2 u_0^2}{2}$$

Gostota energijskega toka (jakost)

$$j = \frac{P}{S} = \frac{1}{S} \frac{dW}{dt} = wc = \frac{\rho \omega^2 u_0^2 c}{2}$$

$$j = \frac{\rho \omega^2 u_0^2 c}{2} = \frac{\Delta p_0^2}{2\rho c}$$

Ravno valovanje

$$j = \frac{P}{S} - \text{konstantna}$$

Krogelno valovanje

$$j = \frac{P}{S} = \frac{P}{4\pi r^2}$$

Absorpcija valovanja

$$j_2 = j_1 e^{-\mu x} - \text{za ravno valovanje}$$

$$j = \frac{P e^{-\mu x}}{4\pi r^2} - \text{krogelno valovanje}$$

$\mu$  – absorpcijski koeficient snovi

Amplituda odmika:

$$\Delta p_0 = \rho c v_0 = \sqrt{j \rho 2c}$$

$$p(t) = p_0 + \Delta p_0 \sin \omega t$$

$$\Delta p_0 = \frac{F_0}{S} \rightarrow F_0 = \Delta p_0 * S$$

$$\rightarrow F_0 = S \sqrt{2\rho c j}$$

**Glasnost**

$$j = j_0 * 10^{\frac{g}{10}}$$

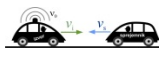

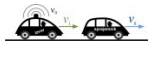
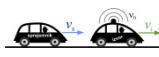
$$g = 10 * \log \frac{j}{j_0} \text{ [dB]}$$

$j_0$  – meja slišnosti

$$j_0 = 1 * 10^{-12} \frac{W}{m^2}$$

$$j_{max} = 1 \frac{W}{m^2}$$

**Dopplerjev pojav**Izvir miruje, sprejemnik se premika

Izvir in sprejemnik se približujeta drug drugemu:		$v = v_0 \frac{(1 + v_s / c)}{(1 - v_i / c)}$
Izvir in sprejemnik se oddaljujeta drug od drugega:		$v = v_0 \frac{(1 - v_s / c)}{(1 + v_i / c)}$
Izvir dohiteva sprejemnik oziroma zaostaja za sprejemnik om:		$v = v_0 \frac{(1 - v_s / c)}{(1 - v_i / c)}$
Sprejemnik dohiteva izvir oziroma zaostaja za izvirom:		$v = v_0 \frac{(1 + v_s / c)}{(1 + v_i / c)}$

**Lom valovanja, lomni zakon**

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

lomni zakon

popolni odboj nastopi takrat, ko je:  
 $\beta = 90^\circ$

Vpadni kot  $\alpha$

Lomni kot  $\beta$

$$v = v_1 = v_2$$

Frekvenco določa izvor!

**Machov stožec**

Ostrina stožca!

$$\sin \alpha = \frac{c}{v}$$

**Stoječe valovanje**

Lastne frekvence vpete strune

$$v_n = \frac{c}{\lambda_n} = \frac{n}{2l} \sqrt{\frac{F}{\rho S}}$$

$$l = n \frac{\lambda_n}{2}, n = 1, 2, 3, \dots$$

$$c = \lambda * v$$

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

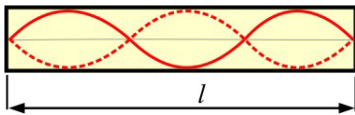
Lastne frekvence piščali

Zaprta piščal:

$$v_n = \frac{c}{\lambda_n} = \frac{n}{2l} \sqrt{\frac{\kappa RT}{M}}$$

R – Splošna plinska konstanta  
(8315 JK<sup>-1</sup>mol<sup>-1</sup>)M – Molekulska masa plina  
(Zrak: 29)κ – Modul stisljivosti  
(Zrak: 1,4)

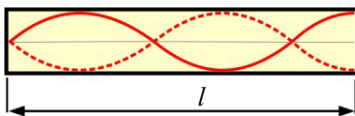
$$l = n \frac{\lambda_n}{2}, n = 1, 2, 3, \dots$$



Napol odprta piščal:

$$v_n = \frac{c}{\lambda_n} = \frac{2n-1}{4l} \sqrt{\frac{\kappa RT}{M}}$$

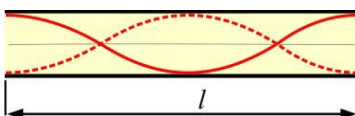
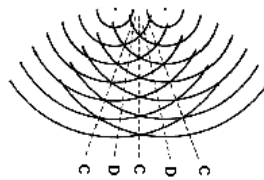
$$l = (2n-1) \frac{\lambda_n}{4}, n = 1, 2, 3, \dots$$



Na obeh koncih odprta piščal:

$$v_n = \frac{c}{\lambda_n} = \frac{n}{2l} \sqrt{\frac{\kappa RT}{M}}$$

$$l = n \frac{\lambda_n}{2}, n = 1, 2, 3, \dots$$

**Interferenca**

Ojačitve (C):

$$a \sin \alpha_n = n\lambda$$

Oslabitve (D):

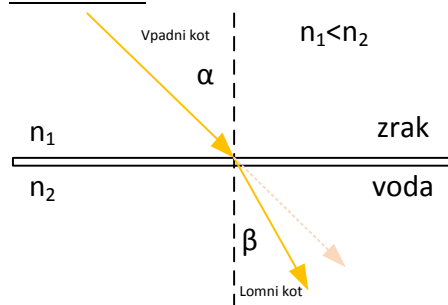
$$a \sin \beta_n = (2n+1) \frac{\lambda}{2}$$

$$n = 0, 1, 2, 3, \dots$$

Če sta izvora v protifazi se enačbe zamenjajo.

**Lom svetlobe**

Lomni zakon



Lomni količniki:

Vakuum:	1
Voda:	4/3
Steklo:	1,52-1,89
Zrak:	1,00029
Diamant:	2,42

$$n_1 \sin \alpha = n_2 \sin \beta$$

$$n_2 > n_1 \rightarrow \beta < \alpha$$

$$n_2 < n_1 \rightarrow \beta > \alpha$$

Pomni! Za majhne kote velja:

$$\tan \alpha \approx \sin \beta$$

(Navpično gledanje predmeta v vodo, ipd.)

Popolni odboj:

Kadar je lomni kot beta enak 90° ali več, pride do popolnega odboja. Če je lomni količnik snovi kamor vpada žarek večji od snovi iz katere izhaja, popolni odboj ni mogoč!

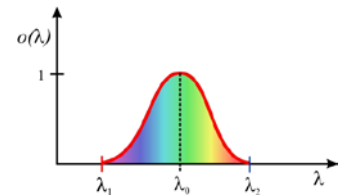
 $n_2 > n_1$  – popolni odboj ni mogoč, saj velja da:

$$n_2 > n_1 \rightarrow \beta < \alpha$$

Saj, ko bo alfa 90° bo beta še vedno manjši.

**Fotometrija**

Barvna občutljivost



$$\lambda_1 \approx 380 \text{ nm}$$

$$\lambda_0 \approx 555 \text{ nm}$$

$$\lambda_2 \approx 760 \text{ nm}$$

**Svetlobni tok (P), gostota svetlobnega toka (j)**

Svetlobni tok:

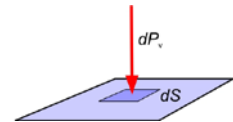
$$P = \frac{dW}{dt} \text{ (svetlobni tok)}$$

$$P_v(lm) = P(W) * 680 \left(\frac{lm}{W}\right) * o(\lambda)$$

 $P_v$  – vidni svetlobni tok $o$  – relativna barvna občutljivost

Gostota svetlobnega toka:

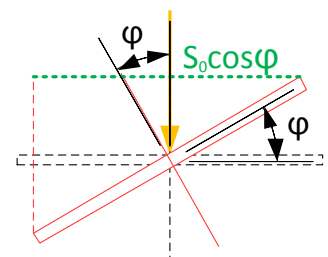
$$j = \frac{dP_v}{dS} \left(\frac{lm}{m^2}\right)$$



$$j_0 = 1 * 10^{-9} \left(\frac{lm}{m^2}\right)$$

$$P_0 = j_0 * S$$

$$P_0 1 * 10^{-13} \text{ (lm)}$$



Izotropna svetloba:

$$j = \frac{dP}{dS} = \frac{P_v}{4\pi r^2}$$

Izkoristek:

$$\frac{P_v}{P} \left(\frac{lm}{W}\right)$$

**Svetilo:**

$$P_v(lm) = P(W) * 680 \left(\frac{lm}{W}\right) * o(\lambda)$$

$P_v$  – vidni svetlobni tok

$o$  – relativna barvna občutljivost

**Svetilnost:**

**Točkastega svetila:**

$$I = \frac{dP_v}{d\Omega} - \text{na enoto prostorskega kota}$$

$$I = \frac{P_v}{4\pi} \left(\frac{Ln}{st. rad.} = cd\right)$$

– izotropno svetilo

$I$  – svetilnost

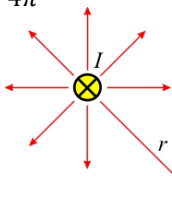
$P_v$  – vidni svetlobni tok

**Osvetljenost površine:**

$$E = j \cos \varphi = \frac{P_v}{4\pi r^2} \cos \varphi \rightarrow$$

$$E = \frac{I}{r^2} \cos \varphi \text{ (lx)}$$

$$I = \frac{P_v}{4\pi}$$



$j$  – gostota svetlobnega toka

$r$  – oddaljenost svetila od površine

$I$  – Svetilnost

$E$  – osvetljenost

$$E = E_1 + E_2 \dots$$

$$j = \frac{P_v}{4\pi r^2} e^{-\mu r}$$

$\mu$  – absorpcijski koeficient

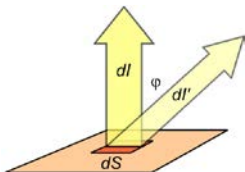
V zrcalu nastane še en izvor svetlobe!

**Razsežnega svetila:**

$$B = \frac{dI}{dS} \left(\frac{cd}{m^2}\right)$$

Lambertov zakon:

$$dI' = dI \cos \varphi = B dS \cos \varphi$$



**Osvetljenost:**

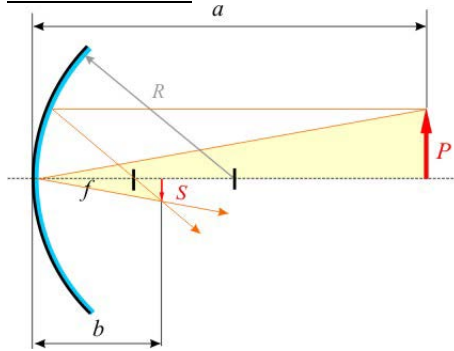
$$E = j \cos \varphi$$

$$j = \frac{I}{r^2}$$

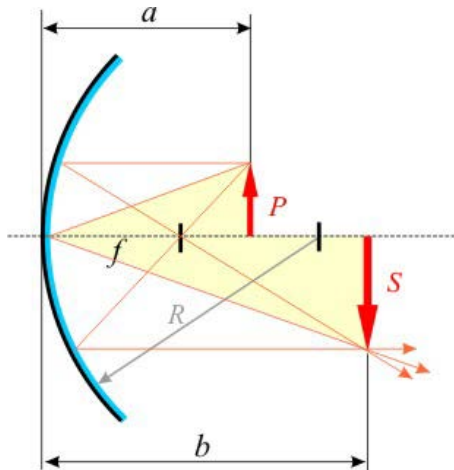
$$E = \frac{I}{r^2} \cos \varphi \text{ (lx)}$$

**Zrcala**

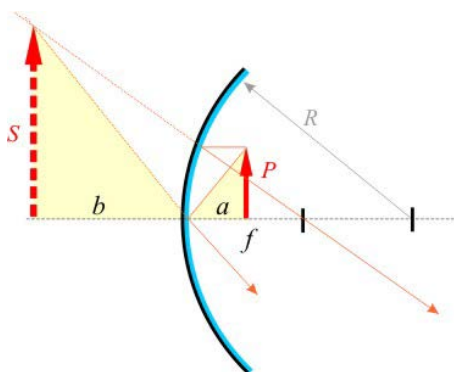
**Konkavno zrcalo:**



Slika: realna ( $b > 0$ ), pomanjšana ( $|M| < 1$ ), obrnjena ( $S < 0$ ) in bližje zrcalu kot predmet ( $b < a$ ).



Slika: realna ( $b > 0$ ), povečana ( $|M| > 1$ ), obrnjena ( $S < 0$ ) in dlje od zrcala kot predmet ( $b > a$ ).



Slika: virtualna ( $b < 0$ ), povečana ( $M > 1$ ), pokončna ( $S > 0$ ) in dlje od zrcala kot predmet ( $|b| > a$ ).

$$M = \frac{S}{P} = \frac{b}{a}$$

$S$  – slika

$P$  – predmet

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{a} + \frac{1}{b}$$

$a$  – odd. predm. od  $T$

$b$  – odd. slike od  $T$

$$a > f \rightarrow +b$$

$$a < f \rightarrow -b$$

$S \rightarrow$  navidezna  $\rightarrow -b$

$S \rightarrow$  realna  $\rightarrow +b$

$T$  – teme zrcala

$F$  – gorišče

$f$  – goriščna razdalja

$KS$  – krivinsko središče

$$M = -\frac{f}{a-f}$$

$$M = \frac{S}{P} = -\frac{b}{a}$$

$$a = f \left(1 - \frac{1}{M}\right) = \frac{f(M-1)}{M}$$

$$f = \frac{R}{2}$$

$$b = \frac{af}{a-f}$$

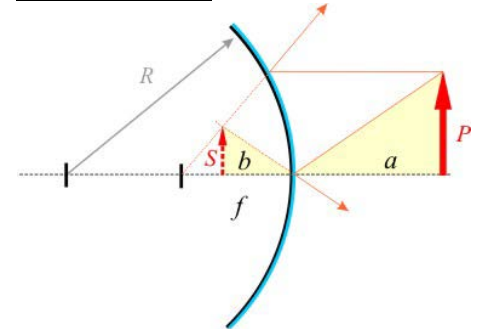
Na kateri višini bo največja osvetljenost v robu prostora?

$$E = \frac{I}{r^2} \cos \varphi \rightarrow h = \frac{d}{\sqrt{2}}$$

$h$  – višina

$d$  – širina

**Konveksno zrcalo:**



Slika: virtualna ( $b < 0$ ), pomanjšana ( $0 < M < 1$ ), pokončna ( $S > 0$ ) in bližje zrcalu kot predmet ( $|b| < a$ ).

$$M = -\frac{f}{a-f}$$

$$M = \frac{S}{P} = -\frac{b}{a}$$

$$a = f \left(1 - \frac{1}{M}\right) = \frac{f(M-1)}{M}$$

$$f = -\frac{R}{2}$$

Pomni:

virtualna slika  $\rightarrow -b$

realna slika  $\rightarrow +b$

obrnjena slika  $\rightarrow -M$

pokončna slika  $\rightarrow +M$



**Leče:**

Goriščna razdalja tankih leč:

$$\frac{1}{f} = \left(\frac{n}{n_0} - 1\right) \left(\frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2}\right)$$

*f* – goriščna razdalja leče

*a* – razdalja predmeta od leče

*b* – razdalja slike od leče

*n* – lomni količnik snovi leče

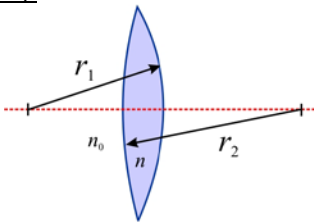
*n*<sub>0</sub> – lomni količnik snovi okoli leče

*r*<sub>1</sub>, *r*<sub>2</sub> – krivinska radija leče

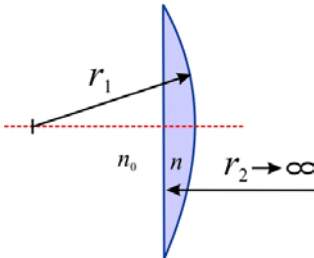
Vrste leč:

Konveksne (f > 0): (v zraku delujejo kot

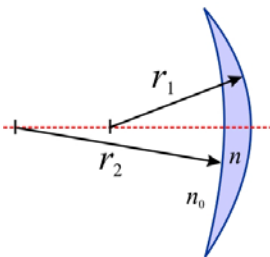
zbiralne):



Bi-konveksna *r*<sub>1</sub> > 0, *r*<sub>2</sub> > 0



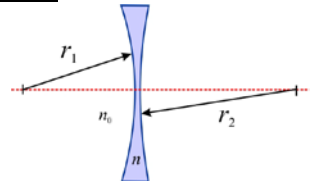
Plan-konveksna *r*<sub>1</sub> > 0, *r*<sub>2</sub> = ∞



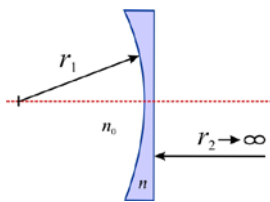
Konkavno-konveksna *r*<sub>1</sub> > 0, *r*<sub>2</sub> < 0

Konkavne (f < 0): (v zraku delujejo kot

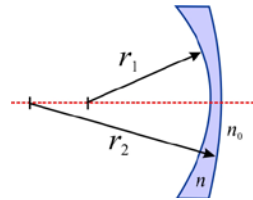
razpršilne):



Bi-konkavna *r*<sub>1</sub> < 0, *r*<sub>2</sub> < 0



Plan-konkavna *r*<sub>1</sub> < 0, *r*<sub>2</sub> = ∞



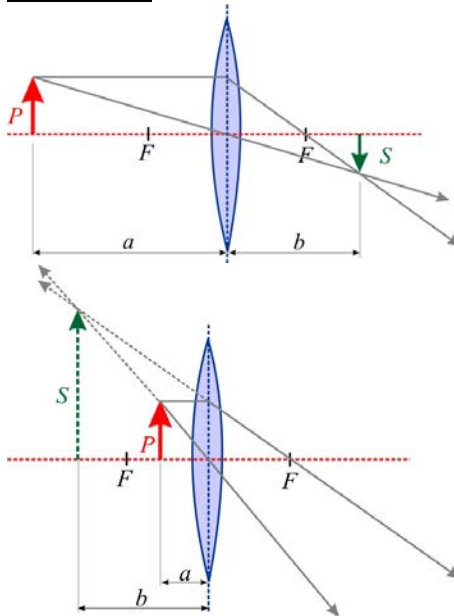
Konveksno-konkavna *r*<sub>1</sub> < 0, *r*<sub>2</sub> > 0

Preslikave:

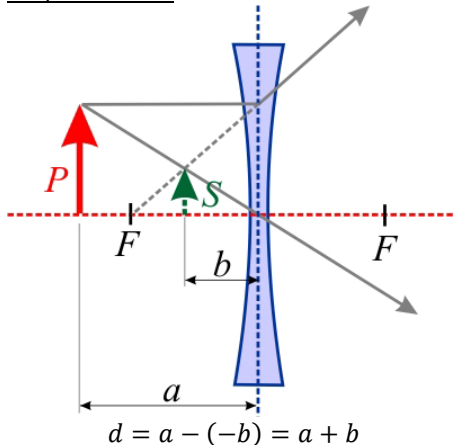
$$M = \frac{S}{P} = -\frac{b}{a}$$

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{a} + \frac{1}{b}$$

Zbiralna leča:



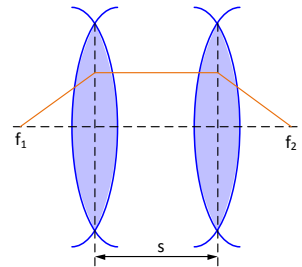
Razpršilna leča:



*r* kaže na vbočeno → -*R*  
*r* kaže na izbočeno → +*R*

Sistem leč:

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{f_1} + \frac{1}{f_2} - \frac{s}{f_1 f_2}$$



*s* – medsebojna razdalja leč

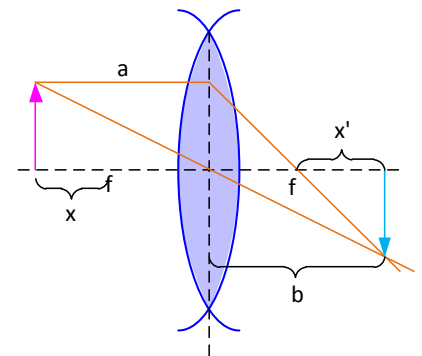
Newtonova oblika enačbe leč:

$$a = f + x \rightarrow$$

$$b = f + x' \rightarrow$$

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{a} + \frac{1}{b} \rightarrow$$

$$xx' = f^2$$



ZRCALA:

Virtualna

*S*; -*b*

Realna

*S*; +*b*

+*M*

LEČE:

Virtualna

*S*; -*b*

Realna

*S*; +*b*

Pokončna

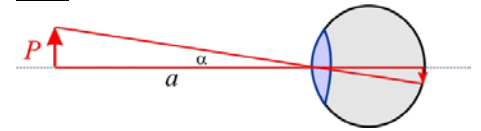
*S*; +*M*

Obrnjena

*S*; -*M*

**Optični aparati:**

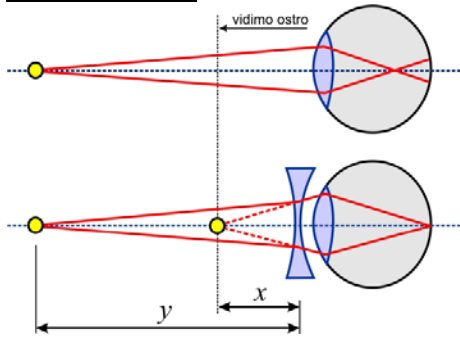
Oko:



$$\tan \alpha = \frac{P}{a}$$



**Kratkovidno oko:**



$$\frac{1}{y} + \frac{1}{-x} = \frac{1}{f} = D$$

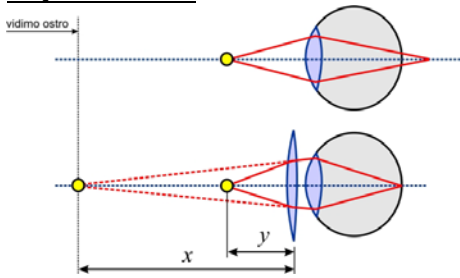
$$\rightarrow D = \frac{y-x}{-xy} [m^{-1}]$$

$$D < 0$$

$$y = \infty$$

$$\rightarrow D = -\frac{1}{x}$$

**Daljnovidno oko:**



$$\frac{1}{y} + \frac{1}{-x} = \frac{1}{f} = D$$

$$\rightarrow D = \frac{y-x}{-xy}$$

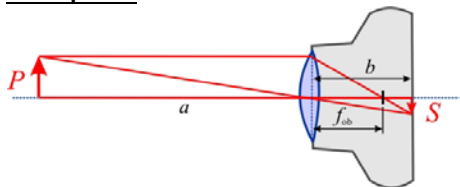
$$D > 0$$

Za opazovanje predmetov v razdalji

$y = d = 25cm;$

$$D = \frac{x-d}{xd}$$

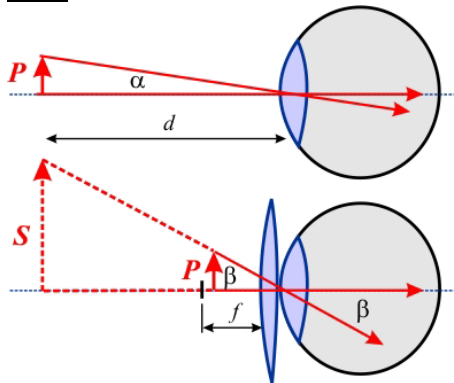
**Fotoaparat:**



$$\frac{1}{f_{ob}} = \frac{1}{a} + \frac{1}{b}$$

$$M = \frac{S}{P} = \frac{b}{a}$$

**Lupa:**

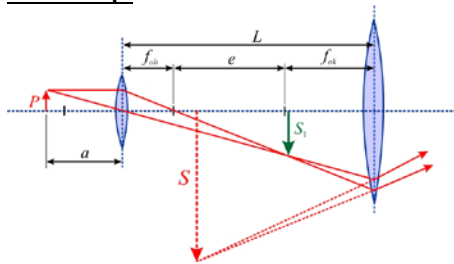


$$\tan \alpha = \frac{P}{d}, d = 25 \text{ cm}$$

Povečava:

$$M = \frac{\tan \beta}{\tan \alpha} \approx \frac{d}{f}$$

**Mikroskop:**



$$M = \frac{\tan \beta}{\tan \alpha} = \frac{ed}{f_{ob}f_{ok}}$$

$$e = L - f_{ob} - f_{ok}$$

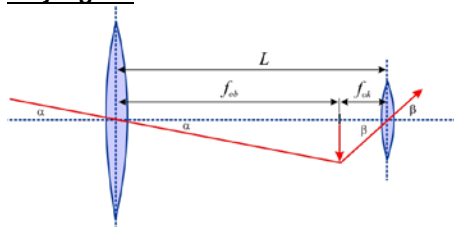
$$M = M_{ok} * M_{ob}$$

$$M_{ob} = \frac{S_1}{P}, M_{ok} = \frac{S}{S_1} \rightarrow M_{ob}M_{ok} = \frac{S}{P}$$

$$M_{ob} = \frac{S_1}{P} = \frac{b_1}{a_1} = \frac{e}{f_{ob}}$$

$$M_{ok} = \frac{L_0}{f_{ok}}, (L_0 = 25cm)$$

**Daljnogled:**

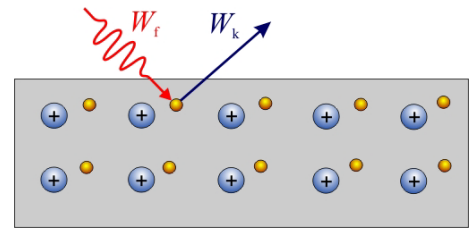


$$M = \frac{\tan \alpha}{\tan \beta} = \frac{f_{ob}}{f_{ok}}$$

$$L = f_{ob} + f_{ok}$$

Slika nastane v gorišču!

**Fotoelektrični pojav na kovini**



$$W_f = A_i + W_k$$

$$W_f = hv = \frac{hc}{\lambda}$$

$h$  – Plankova konstanta  
 $h = 6,6260755 * 10^{-34} [Js]$

$c$  – Svetlobna hitrost

$$c = 299792458 \left[ \frac{m}{s} \right]$$

$$1eV = 1,60217733 * 10^{-19} [J]$$

$$hc [eVm] = \frac{hc [Jm]}{eV [J]} \rightarrow [eVm]$$

$$hc [eVm] = 1,2398424468 * 10^{-6} [eVm]$$

**Fotocelica:**

$$eU_z = W_k$$

$U_z$  – zaporna napetost

$$W_f = A_i + W_k$$

$$W_f = A_i + eU_z$$

$$\frac{N}{t} = \frac{P_s \lambda}{hc}$$

$A_i$  – izstopno delo

Izbit elektron ima lahko največjo kinetično energijo:

$$W_{k \max} = W_f - A_i = hv - A_i$$

Da je fotoefekt možen, mora biti energija fotonov enaka ali večja izstopnemu delu:

$$W_f \geq A_i$$

$$h\nu_0 \geq A_i$$

Moč izvora svetlobe ne vpliva na pogoj fotoefekta! Pogoj je valovna dolžina ( $\lambda$ ) oz. frekvenca ( $\nu$ ) svetlobe.

Mejna frekvenca je takrat, kadar je energija fotona enaka izstopnemu delu.

$$W_f = A_i$$

$$\nu_0 = \frac{A_i}{h}$$

Ob podani lambdi;

$$W_f = A_i + W_k$$

$$\frac{hc}{\lambda} = A_i + eU_z$$

$$U_{z2} = \frac{1}{e} \left( \frac{hc}{\lambda_2} - A_i \right)$$



**Rentgen:**

$$W_f = eU_p$$

$$h\nu_{max} = eU_p$$

$$\frac{hc}{\lambda_{min}} = eU_p$$

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

$$\lambda_{min} = \frac{hc}{eU_p}$$

**Atomika:**

Snov z maso  $m$  in  $N$  gradniki, masa enega atoma oz. molekule:

$$m_1 = \frac{m}{N} = \frac{M}{N_A}$$

$M$  – masno število

$N$  – število atomov

$N_A$  – Avogardovo število

$$N_A = 6,0221367 \cdot 10^{23} [\text{mol}^{-1}]$$

Primer:

Število atomov v  ${}^{235}_{92}\text{U}$  v 1 mg?

$$A = \frac{m}{A} N_A = \frac{1 \cdot 10^{-3} \text{g}}{235 \frac{\text{g}}{\text{mol}}} 6,022 \cdot 10^{23} \frac{\text{at.}}{\text{mol}}$$

$$A = 2,56 \cdot 10^{18} \text{atomov}$$

$$A = Z + N$$

$${}^A_Z X$$

$A$  – Masno št. protoni + nevtroni

$Z$  – Vrsto število, število protonov

$N$  – Število nevtronov,  $N = A - Z$

$u$  – atomska masna enota

$$u = \frac{1}{12} {}^{12}_6\text{C} = 1,6605401866 \cdot 10^{-27} \text{kg}$$

$$u = \frac{1 \text{kg}}{N_A}$$

$$e_p = +1,6 \cdot 10^{-19} \text{As}$$

$$e_e = -1,6 \cdot 10^{-19} \text{As}$$

**Masni defekt:**

$$\Delta m = Zm_p + Nm_n - m_j$$

$$\Delta m = Zm_H + Nm_n - m_{ATOMA}$$

$$m_j = m_{ATOMA} - Zm_e$$

Vezavna energija:

$$W = \Delta mc^2$$

$$W_u = \Delta m_u c^2$$

Za razbitje jedra je potrebna prav takšna energija kot jih veže skupaj.

**Atomske mase:**

$$m_p = 1,007277u$$

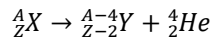
$$m_n = 1,008665u$$

$$m_e = 0,00549u$$

$$m_H = 1,007825u$$

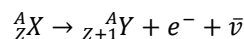
$$m_{12C} = 12u$$

$$m_{He} = 4,002603u$$

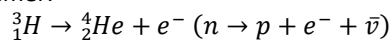
**Radioaktivnost:****Radioaktivni razpad  $\alpha$ :**

Pogoj za razpad  $\alpha$ :

$$m({}^A_Z X) > (m({}^{A-4}_{Z-2} Y) + m({}^4_2 \text{He}))$$

**Radioaktivni razpad  $\beta$ :**

Primer:



Pogoj za razpad  $\beta$ :

$$m({}^A_Z X) > (m({}^A_{Z+1} Y) + m_{e^-})$$

**Časovni potek razpadanja jeder:**

$$\frac{dN}{dt} = \lambda N, \frac{dN}{dt} = \text{aktivnost}$$

$$A_{c0} = \lambda N_0 \left[ \frac{\text{razpad}}{s} = Bq \right]$$

$$A_c = A_{c0} * e^{-\lambda t} [Bq]$$

$$A_c = A_{c0} * 2^{-\frac{t}{t_0}}$$

$A_c$  – aktivnost po času

$A_{c0}$  – začetna aktivnost

$t$  – obdobje

$t_0$  – razpolovni čas

$N_0$  – začetno število delcev

$\lambda$  – razpadna konstanta

$Bq$  – Bekerel

$$\lambda = \frac{\ln 2}{t_0}$$

$$t = \frac{\ln 2}{\lambda}$$

$$N_0 = \frac{m}{A} N_A$$

$$N = N_0 * e^{-\lambda t} = N_0 2^{-\frac{t}{t_0}}$$

$$!!! \Delta N = N_0 - N !!!$$

Pazi na:

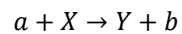
Število preostalih ali število razpadlih!

Graf!

**Jedrske reakcije:**

Pri jedrskih reakcijah se energija porablja ali sprošča.

V kolikor se je porabila je končna masa večja od začetne oz. če se je sprostila je končna masa manjša od začetne.



Reakcijska energija  $Q$ :

$$Q = (m_a + m_x)c^2 - (m_b + m_y)c^2 = (W_b + W_y) - (W_a + W_x)$$

Če je:

$Q > 0$  se je energija sprostila (masa se porabi (eksotermna reakcija))

$Q < 0$  se je energija porabila (se spremeni v maso (endotermna reakcija))

$$Q = \Delta mc^2$$

$$\Delta m = m_{na \text{ začetku}} - m_{na \text{ koncu}}$$

TRITIJ -  ${}^3_1\text{H}$

DEVTERIJ -  ${}^2_1\text{H}$

Devterij je atom, devteron je jedro atoma devterija.