1. Kako sta definirani povprečna in trenutna hitrost ter povprečni in trenutni pospešek. Kako določimo hitrost in premik če je podan pospešek v odvisnosti od časa? Kako splošno opišemo kroženje masne točke? Zapiši definicije radialnega in tangencialnega pospeška, nariši ustrezno skico. Definicija kotne hitrosti, frekvence in obhodne dobe.
2. Kako je definirano masno središče in kako dobimo iz njega izraz za gibalno količino sistema masnih točk ter od česa je odvisen pospešek središča in kako vplivajo nanj zunanje in notranje sile? Kako je definirana vrtilna količina sistema masnih točk in od česa je odvisen njen odvod? Kako je definirana kinetična energija sistema masnih točk in kako jo izrazimo za togo telo? Zapiši definicijo moči-kako jo izrazimo pri premem gibanju in kroženju? Kako je definirana vrtilna količina masne točke in kako je povezana z vrtilnim momentom? Izpelji enačbo za kotno hitrost precesije vrtavke.
3. Kako opišemo hitrostno polje v tekočini? Kdaj je tok laminaren, stacionaren ali turbolenten? Kako izračunamo pretok skozi dano ploskev, če je znano hitrostno polje? Kaj veste o kontinuitetni enačbi.
4. Kako je definirano delo sile in kako je povezano z definicijo kinetične energije. Kako je definirano delo sile in kako izpeljemo izraz za delo vrtilnega momenta. Katere sile so konzervativne (pojasni njihov pomen) in kako splošno definiramo potencialno energijo? Izpelji izraz za potencialno energijo napete vijačne vzmeti. Kako je definirana mehanska energija in kdaj se ohranja (zakon).
5. Izpelji Bernoullijevo enačbo in pojasni pomen količin v njej ter kako pridemo do pojma zastojnega tlaka in do kvadratičnega zakona upora. Skiciraj Venturijevo cev, pojasni kako jo lahko uporabljamo in izpelji ustrezno enačbo. Kako je definirano Reynoldsovo število in kaj opisuje +Pittotova cev.
6. Pojasni kaj je vsiljeno nihanje in izpelji ustrezno diferencialno enačbo za primer mase na vijačni vzmeti in pokaži, da je harmonično nihanje njena rešitev. Izpelji izraz za krožno frekvenco tega nihala. Opiši pojav resonance, skiciraj resonančni krivulji in navedi njune značilnosti.
7. Kako z eksperimenti dokažemo Newtonove zakone? Kako izpeljemo gravitacijski zakon?
8. Kako opišemo relativno gibanje? Definicija vztrajnostne, centrifugalne in Coriolisove sile ter izrazov zanjo.
9. Kako je definirana gibalna količina masne točke in kako je povezana s sunkom sile?
10. Kako je definirana viskoznost tekočine (kako jo izmerimo) in kako pridemo do linearnega zakona upora teles pri gibanju v tekočini? Kako opišemo upor pri pretakanju viskozne tekočine v cevi s polmerom r.
11. Izpelji izraz za silo curka.
12. Izpelji povezavo med hitrostmi in pospeški za primer translatornega gibanja.
13. Izpelji izraz za pospešek težišča valja pri kotaljenju po strmini in pojasni zakaj in kdaj začne valj drseti če večamo naklon.
14. Izpelji izraz za delo gravitacijske sile pri premiku mase m od položaja r1 k položaju r2, če je v koordinatnem izhodišču masa M. Zapiši ustrezno spremembo potencialne energije.
15. Opiši fotoefekt, razloži pojem fotona in zapiši osnovne enačbe kvantne mehanike.
16. ~~Kako splošno opišemo gibanje masne točke v prostoru.~~
17. Opišite lastnosti Carnotovega stroja. Skicirajte njegov delovni cikel in izpeljite izraz za izkoristek.

TERMODINAMIKA

1. Kako je definirana sprememba entropije pri reverzibilnem procesu in kako jo določimo za ireverzibilni proces? Izpelji izraz za spremembo entropije pri reverzibilnem segrevanju vode od tališča do vrelišča.
2. Katere spremembe so adiabatne? Izpelji zakon, ki opisuje povezavo med tlakom in volumnom ter volumen in temperaturo v tem primeru. Izpelji izraz za delo pri adiabatnem stiskanju idealnega plina od V_1 do V_2. Izpelji izraz za adiabatno stisljivost idealnega plina.
3. Kako pridemo do splošnega plinskega zakona. Kako je definirana stisljivost snovi in kako jo izpeljemo za adiabatne spremembe idealnega plina?
4. Kako si razlagamo tlak idealnega enoatomskega plina in kako izpeljemo povezavo med temperaturo in notranjo energijo plina. Izpelji izraz za c_v + izraz za srednjo kinetično energijo molekul enoatomskega plina: $+C_p$ +11.
5. Kako je definirano delo pri kompresiji in kako ga izrazite pri izotermni kompresiji idealnega plina od V_1 do V_2.
6. Kako deluje plinski termometer in kako je definirana absolutna temperatura? Izpelji izraz za koeficient volumskega termičnega raztezka idealnega plina.
7. Skiciraj fazni diagram ter pojasni kaj pomenita trojna in kritična točka. Kako sta opredeljeni talilna in izparilna toplota kot specifični toploti in izpelji razliko specifičnih toplot za idealni plin.

8. Kako pokažemo s poizkusom in kako izpeljemo sklep, da je tlak v mirujoči tekočini skalar? Kako izrazimo delo tlaka pri kompresiji idealnega plina od tlaka p1 do p2?
9. Kako je definirana stisljivost in kako jo izpeljemo za idealni plin pri a)izotermnih
10. Kako je definiran tlak in kako ga povežemo s stisljivostjo snovi?

ELEKTRIKA IN MAGNETIZEM

1. Kako sta definirani magnetna poljska gostota in pretok magnetnega polja skozi dano ploskev? Enoti? Kolikšen je pretok magnetnega polja skozi zaključeno ploskev? Izpelji izraz za induktivnost tuljave.
2. Zapiši Coulombov zakon in definiraj električno poljsko jakost oziroma kako pridemo z njim do pojma električne poljske jakosti.
3. Izpelji izraz za delo pri polnjenju kondenzatorja.
4. Zapiši izraz za slo na tokovodnik v magnetnem polju in izpelji enačbo za silo na gibajoči se naboj.
5. Zakon o indukciji napetosti pri gibanju tokovodnika po magnetnem polju. Določi moč inducirane napetosti in zaviranje tokovodnika.
6. Kako je definiran električni tok? Kako je definirana enota za električni tok-amper? Faradayev zakon elektrolize, Opiši Millikanov poizkus in pojasni kaj je z njim izmeril. Pojasni kako pridemo iz Faradayeveda zakona do Loschmidt-Avogadrovega števila.
7. Izpelji enačbo, ki opisujenihanje električnega nihajnega kroga. Kolikšna je energija nihajočega kroga in kakšen je pomen posameznih členov v enačbi? Skiciraj električni oscilator in pojasni kako deluje. Zapiši splošno rešitev ter izraz za resonančno frekvenco.
8. Izpelji izraz za inducirano napetost v ravnem tokovodniku, ki se giblje v magnetnem polju. Izpelji iz njega izraz za napetost inducirano v tuljavi, če se v njej spreminja električni tok. Izpelji izraz za induktivni upor+ kapac.
9. Izpelji izraz za električno poljsko jakost na razdalji r od dolge ravne žice, na kateri je enakomerno porazdeljen naboj z dolžinsko gostoto u=dq/dl.
10. Kolikšna je magnetna napetost po sklenjeni zanki, če se magnetno polje s časom ne spreminja?+definicija MAG P.J
11. Nariši kakršenkoli dušen električni nihajni krog in zapiši zanj diferencialno enačbo za tok ali napetost. Kakšna je rešitev te enačbe?
12. Kaj veš o magnetnem polju ob ravnem vodniku? Izpelji izraz za silo med dvema paralelnima tokovodnikoma + MAG P. V DOLG
13. Kako sta definirani in medsebojno povezani električna poljska jakost in napetost? Izpelji izraz, ki povezuje napetost in naboj na kondenzatorju. Kako definiramo in izmerimo dielektričnost snovi in kako jo vključimo v opis kapacitivnosti kondenzatorja. +sila med ploščama kondenzatorja.

OPTIKA

1. Izpelji izraz, ki veže položaj slike in predmeta pri preslikavi na bikonveksni leči. Kako je definirana goriščna razdalja leče?

NIHANJA IN VALOVANJA

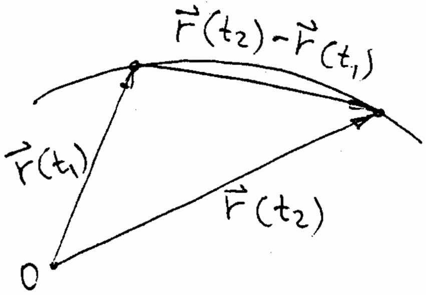
1. Kaj je zvok in kako izpeljemo enačbo za hitrost zvoka v plinu, elastičnem sredstvu? Kako je definirana gostota energijskega toka in jakost zvoka ter zapiši njuni enoti.
2. Opiši pojav interference svetlobe pri odboju na tanki plasti in izpelji ustrezen zakon. Opiši pojav odboja rentgenske svetlobe na kristalu in zapiši Braggov pogoj. Pojasni kako izmerimo razdaljo med mrežnimi ravninami v kristalu z rentgensko svetlobo.
3. Opiši pojav interference svetlobe na periodični mreži in izpelji ustrezen zakon. Kako razložimo pojav mavričnih barv pri odboju bele svetlobe na gladini vode prekrite s tanko plastjo olja? Izpelji ustrezno enačbo.
4. Kateri poizkusi kažejo, da je svetloba valovanje. Izpelji ustrezne zakone na osnovi Huyghensovega principa.
5. Skiciraj spekter sevanja črnega telesa. Pojasni Stefanov in Wienov zakon za sevanje črnega telesa.
6. Izpelji izraz za hitrost valovanja na napeti vrvi.

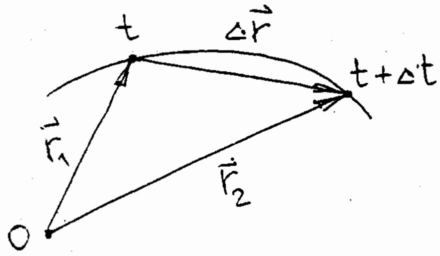
ATOMIKA

1. Opiši Bohrov model vodikovega atoma in izpelji izraza za radij tirnice ter energijo elektrona. Pojasni zakaj so energijski nivoji diskretni in zakaj je osnovno stanje stabilno.
2. Skiciraj kako je sestavljen masni spektograf, pojasni kako deluje in izpelji povezavo med maso in polmerom trajektorije. Opiši kako z njim določimo mase jedr in kako opredelimo pojma protona in nevtrona? Kaj je masni defekt jedra in kako si ga razlagamo?
3. Izpelji, kako se s časom spreminja število radioaktivnih jeder po nekem vzorcu radioaktivne snovi. Kako je definirana aktivnost in kako je definirana enota zanjo, izpelji izraz za njen časovni potek.

1.

Povprečna hitrost:





$$\vec{v}_\sim = \frac{\Delta\vec{r}}{\Delta t} = \frac{\vec{r}(t_2)-\vec{r}(t_1)}{t_2-t_1}$$

če $\Delta t = t_2 - t_1 \to 0$, potem približna hitrost $\vec{v}_\sim$ preide v trenutno hitrost pri času t_1

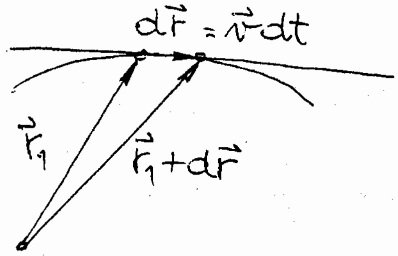
$$\vec{v}(t_1) = \lim_{\Delta t\to 0} \frac{\Delta\vec{r}}{\Delta t} = \lim_{\Delta t\to 0} \frac{\vec{r}(t_1+\Delta t)-\vec{r}(t_1)}{\Delta t}$$

ko $\Delta t \to 0$, preideta razliki Δt in $\Delta\vec{r}$ v diferenciala dt in $d\vec{r}(t)$

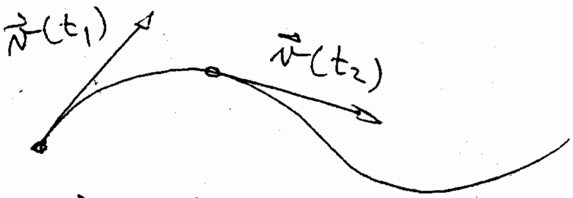
$$\vec{v}(t) = \frac{d\vec{r}(t)}{dt} = \dot{\vec{r}} \quad \left[\frac{m}{s}\right] \quad \ldots \text{ trenutna hitrost}$$

$$\vec{v}(t) = \left(\frac{dx(t)}{dt}, \frac{dy(t)}{dt}, \frac{dz(t)}{dt}\right) = \left(v_x(t), v_y(t), v_z(t)\right)$$

Smer vektorja hitrosti je podana s tangento na trajektorijo.



Povprečni pospešek:



$$\vec{a}_\sim = \frac{\Delta\vec{v}}{\Delta t} = \frac{\vec{v}(t_2)-\vec{v}(t_1)}{\Delta t}$$

Trenutni pospešek:

$$\vec{a}(t) = \lim_{\Delta t \to 0} \frac{\vec{v}(t+\Delta t) - \vec{v}(t)}{\Delta t} \qquad [a] = \frac{[v]}{[t]} = \frac{m}{s^2}$$

$$\vec{a}(t) = \frac{d\vec{v}(t)}{dt} = \dot{\vec{v}}$$

$$\vec{a}(t) = \left(\frac{dv_x(t)}{dt}, \frac{dv_y(t)}{dt}, \frac{dv_z(t)}{dt}\right)$$

Pospešek je drugi odvod krajevnega vektorja po času.

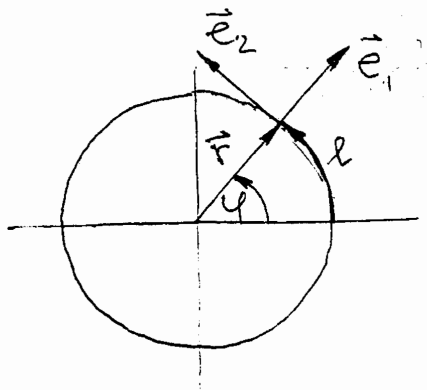
$$\vec{a} = \frac{d\vec{v}}{dt} = \frac{d^2\vec{r}}{dt^2} = \ddot{\vec{r}}$$

Določanje hitrosti in premika iz pospeška:

$$\vec{v}(t_k) = \vec{v}(t_z) + \int_{t_z}^{t_k} \vec{a}(t)\,dt$$

$$\vec{r}(t_k) = \vec{r}(t_z) + \int_{t_z}^{t_k} \vec{v}(t)\,dt$$

Kroženje masne točke:



r = konst.

$$\varphi(t) = \frac{\ell(t)}{r}$$

$$x(t) = r\cos\varphi(t)$$

$$y(t) = r\sin\varphi(t)$$

$$\vec{r} = (x, y, 0) = (r\cos\varphi, r\sin\varphi, 0) = r(\cos\varphi, \sin\varphi, 0) = r\cdot\vec{e}_1$$

$$\vec{e}_1 = (\cos\varphi, \sin\varphi, 0) \quad ; \quad \vec{e}_2 = (-\sin\varphi, \cos\varphi, 0)$$

$$\vec{e}_1\cdot\vec{e}_1 = \cos^2\varphi + \sin^2\varphi = 1 \qquad \vec{e}_2\cdot\vec{e}_2 = 1$$

$$\vec{v} = \frac{d\vec{r}}{dt} = \omega\cdot r(-\sin\varphi, \cos\varphi, 0) = v\cdot\vec{e}_2$$

$$\frac{dx}{dt} = r(-\sin\varphi)\cdot\dot{\varphi} = -\omega r\sin\varphi = -v\sin\varphi$$

$\omega(t) = \dot{\varphi}(t)$ ... kotna hitrost $\qquad [\omega] = \frac{rad}{s}$

1.

$$\frac{dy}{dt} = r\cos\varphi \cdot \dot\varphi = \omega r\cos\varphi = v\cos\varphi$$

$$v = \omega \cdot r$$

$$\vec e_1 \cdot \vec e_2 = -\cos\varphi\sin\varphi + \sin\varphi\cos\varphi = 0$$

$$\vec e_1 \perp \vec e_2$$

$$\frac{d^2x}{dt^2} = a_x = -\dot v\sin\varphi - v\cos\varphi \cdot \dot\varphi$$

$$\frac{d^2y}{dt^2} = a_y = \dot v\cos\varphi - v\sin\varphi\,\dot\varphi$$

$$v = r\cdot\omega = r\cdot\dot\varphi$$

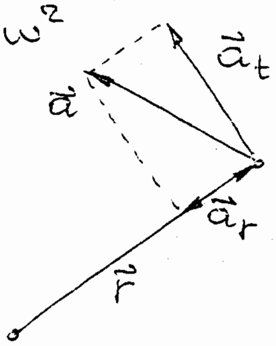
$$\dot v = r\cdot\ddot\varphi = r\cdot\dot\omega = r\cdot\alpha$$

$\ddot\varphi = \alpha$ ... kotni pospešek $\qquad [\alpha] = \frac{rad}{s^2}$

$$v\cdot\omega = r\cdot\omega^2$$

$$a_t = r\cdot\alpha$$

$$a_r = r\cdot\omega^2$$



$$\vec a = (-r\alpha\sin\varphi - v\omega\cos\varphi,\ r\alpha\cos\varphi - v\omega\sin\varphi,\ 0) =$$

$$= r\alpha(-\sin\varphi, \cos\varphi, 0) - v\omega(\cos\varphi, \sin\varphi, 0) =$$

$= r\alpha\,\vec e_2 - r\omega^2\,\vec e_1 = a_t\vec e_2 - a_n\vec e_1$ ... pospešek pri kroženju

Obhodna doba:

$\omega = \text{konst.}$; $v = \omega r = \text{konst.}$

$\varphi = \omega t \rightarrow \alpha = 0$; $a_t = 0$

$$a_r = \omega^2 \cdot r$$

$$\omega = \frac{\Delta\varphi}{\Delta t} = \frac{2\pi}{T} \Rightarrow T = \frac{2\pi}{\omega}$$ ... obhodna doba

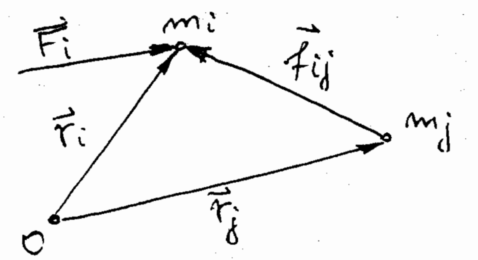
Recipročno vrednost obhodne dobe imenujemo frekvenca kroženja:

$$\nu = \frac{1}{T} \qquad [\nu] = \frac{1}{s} = Hz$$

Kotna hitrost je sorazmerna frekvenci:

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

2.



$$m = \sum_{i=1}^{N} m_i$$

$$\vec{f}_{ji} = -\vec{f}_{ij}$$

$$m\vec{r}_c = \sum_{i=1}^{N} m_i \vec{r}_i$$

$$\vec{r}_c = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^{N} m_i \vec{r}_i$$ ... masno središče

$$\frac{dm\vec{r}_c}{dt} = \sum_{i=1}^{N} m_i \frac{d\vec{r}_i}{dt} = \sum_{i=1}^{N} m_i \vec{v}_i = \sum_{i=1}^{N} \vec{g}_i = \vec{G}_c$$

$$\vec{G}_c = m\frac{d\vec{r}_c}{dt} = m\vec{v}_c$$ ... gibalna količina celotnega sistema masnih točk

$$\vec{v}_c = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^{N} m_i \vec{v}_i$$

$$m\vec{v}_c = \sum_{i=1}^{N} m_i \vec{v}_i$$

$$m\frac{d\vec{v}_c}{dt} = m\vec{a}_c = \sum_{i=1}^{N} m_i \vec{a}_i = \sum_{i=1}^{N} \left(\vec{F}_i + \sum_{j\neq 1} \vec{f}_{ij}\right)$$

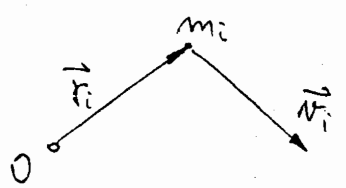
$$m\vec{a}_c = \vec{F} + \sum_{i=1}^{N} \sum_{j\neq 1} \vec{f}_{ij}$$

$$\vec{f}_{ij} = -\vec{f}_{ji}$$

$$\vec{f}_{ij} + \vec{f}_{ji} = \emptyset$$

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

Vrtilna količina sistema masnih točk:

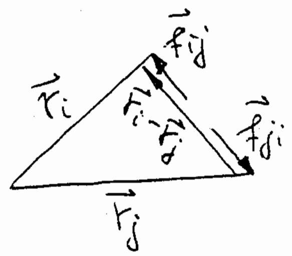


$$\vec{\Gamma} = \sum_{i=1}^{N} \vec{r}_i \times \vec{g}_i = \sum_{i=1}^{N} \vec{r}_i \times (m_i \vec{v}_i)$$

$$\frac{d\vec{\Gamma}}{dt} = \sum_{i=1}^{N} \left(\vec{v}_i \times \vec{g}_i + r_i \times \frac{d\vec{g}_i}{dt}\right) = \sum_{i=1}^{N} \vec{r}_i \times \left(\vec{F}_i + \sum_{j\neq i} \vec{f}_{ij}\right)$$

$$\frac{d\vec{\Gamma}}{dt} = \sum_{i=1}^{N} \vec{M}_i + \sum_{i=1}^{N} \sum_{j\neq i} \cancel{\vec{r}_i \times \vec{f}_{ij}} \rightarrow \emptyset$$

$$\frac{d\vec{\Gamma}}{dt} = \sum_{i=1}^{N} \vec{r}_i \times \vec{F}_i = \sum_{i=1}^{N} \vec{M}_i = \vec{M}_c$$



$$\vec{f}_{ij} = -\vec{f}_{ji}$$

$$\vec{r}_i \times \vec{f}_{ij} + \vec{r}_j \times \vec{f}_{ji} = \vec{r}_i \times \vec{f}_{ij} - \vec{r}_j \times \vec{f}_{ij} = (\vec{r}_i - \vec{r}_j) \times \vec{f}_{ij} = 0$$

Na vrtilno količino lahko vplivajo le zunanje sile.

Kinetična energija sistema masnih točk:

$$m_i \frac{d\vec{v}_i}{dt} = \vec{F}_i + \sum_{j \neq i} \vec{f}_{ij} \quad \Big| \cdot d\vec{r}_i \qquad d\vec{r}_i = \vec{v}_i \cdot dt$$

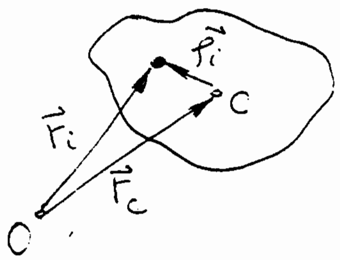
$$m_i \vec{v}_i d\vec{v}_i = \Big(\vec{F}_i + \sum_{j\neq i} \vec{f}_{ij}\Big) \cdot d\vec{r}_i$$

$$dW_{ki} = \frac{m_i}{2} d(v_i^2) = \vec{F}_i \cdot d\vec{r}_i + \sum_{j\neq i} \vec{f}_{ij} \cdot d\vec{r}_i$$

$$dW_K = \sum_i dW_i = \sum_i \vec{F}_i \cdot d\vec{r}_i + \sum_i \sum_{j\neq i} \vec{f}_{ij} \cdot d\vec{r}_i$$

$$\sum_i \sum_{j\neq i} \vec{f} \cdot d\vec{r}_i = 0$$

$$dW_K = \sum_i \frac{m_i}{2} d(v_i^2) = \sum_i \vec{F}_i \cdot d\vec{r}_i$$



$$\vec{r}_i = \vec{r}_c + \vec{\rho}_i$$
$$\vec{v}_i = \vec{v}_c + \vec{v}_i^*$$

$$dW_K = \sum_i \vec{F}_i d\vec{r}_i = \sum \vec{F}_i \cdot d(\vec{r}_c + \vec{\rho}_i)$$

$$= \sum_i \vec{F}_i \cdot d\vec{r}_c + \sum_i \vec{F}_i \cdot d\vec{\rho}_i$$

$$= \vec{F} \cdot d\vec{r}_c + \sum_i \vec{M}_i^* \, d\vec{\varphi}$$

2.

$$dW_K = \vec{F}\, d\vec{r}_c + \vec{M}^* d\vec{\varphi}$$

$$\vec{F} = \sum_i \vec{F}_i$$

$$\vec{M}^* = \sum_i \vec{M}_i^*$$

$$W_{K2} - W_{K1} = \int_{\vec{r}_{c1}}^{\vec{r}_{c2}} \vec{F}\, d\vec{r}_c + \int_{\vec{\varphi}_1}^{\vec{\varphi}_2} \vec{M}^* d\vec{\varphi}^*$$

$$W_K = \frac{1}{2} \sum_i m_i v_i^2 = \frac{1}{2} \sum_i m_i (\vec{v}_c + \vec{v}_i^*)^2$$

$$= \frac{1}{2} \sum_i m_i (\vec{v}_c^2 + 2\vec{v}_c \vec{v}_i^* + v_i^{*2})$$

$$= \frac{1}{2} \left(\sum_i m_i\right) v_c^2 + \vec{v}_c \cdot \sum_i \underbrace{m_i \vec{v}_i^*}_{\varnothing} + \frac{1}{2} \sum_i m_i v_i^{*2}$$

$$v_i^* = \omega r_{\omega i}^*$$

$$W_K = \frac{1}{2} m v_c^2 + \frac{1}{2} \sum_i m_i r_{\omega i}^{*2} \omega^2$$

$$J_\omega^* = \sum_i m_i r_{\omega i}^{*2}$$

$$W_K = \frac{1}{2} m v_c^2 + \frac{1}{2} J_\omega^* \omega^2$$

Moč:

$$P = \frac{dA}{dt} \qquad [P] = \frac{J}{s} = W$$

premo gibanje:

$$dA = \vec{F}\, d\vec{r}$$

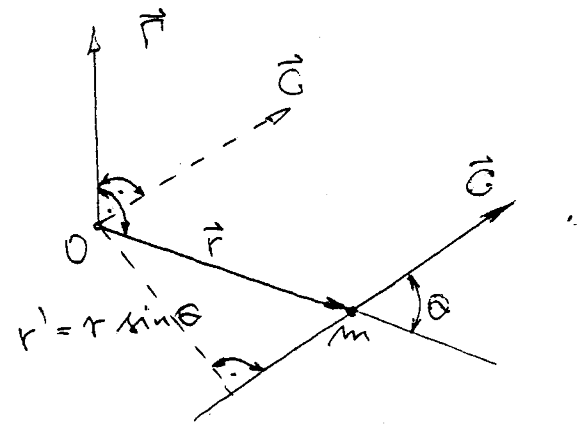
$$P = \frac{dA}{dt} = \vec{F} \cdot \vec{v}$$

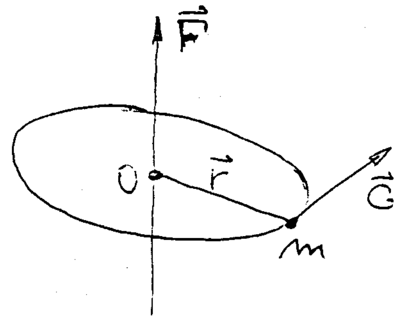
kroženje:

$$dA = \vec{M} \cdot d\vec{\varphi}$$

$$P = \frac{\vec{M}\, d\vec{\varphi}}{dt} = \vec{M} \cdot \vec{\omega}$$

Vrtilna količina masne točke:





premo enakomerno gibanje

enakomerno kroženje

$m|\vec{v}| = \text{konst.}$

$r' = r\sin\theta = \text{konst.}$

$m|\vec{v}| = \text{konst.}$

$|\vec{r}| = \text{konst.} \rightarrow r\sin\theta = \text{konst}$

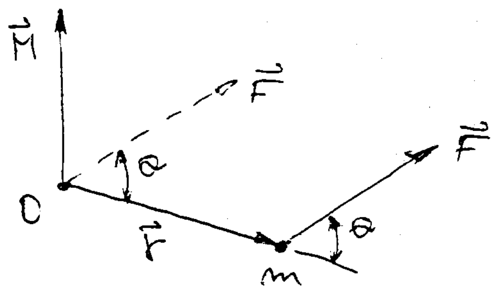
os se ohranja

$$\vec{\Gamma} = \vec{r} \times \vec{G} \qquad [\vec{\Gamma}] = \frac{kg\,m^2}{s}$$

$$|\vec{\Gamma}| = rG\sin\theta = Gr'$$

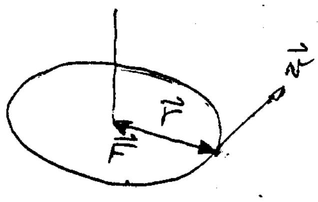
$$\frac{d\vec{\Gamma}}{dt} = \left(\frac{d\vec{r}}{dt} \times \vec{G} + \vec{r} \times \frac{d\vec{G}}{dt}\right) = \overbrace{\vec{v} \times \vec{v} m}^{0} + \vec{r} \times \vec{F}$$

$$\frac{d\vec{\Gamma}}{dt} = \vec{r} \times \vec{F} = \vec{M} \qquad [\vec{M}] = Nm$$



$M = rF\sin\theta$

$$\vec{F} = 0 \rightarrow \vec{M} = 0 \rightarrow \frac{d\vec{\Gamma}}{dt} = 0 \;;\; \vec{\Gamma} = \text{konst.}$$



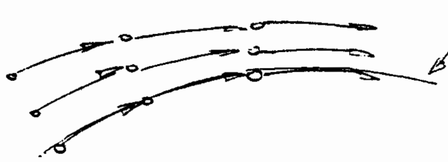
$\vec{r} \parallel \vec{F} \rightarrow \vec{M} = 0$

$$\frac{d\vec{\Gamma}}{dt} = 0 \Rightarrow \vec{\Gamma} = \text{konst.}$$

3.

Hitrostno polje v tekočini:

Če poznamo hitrostno polje, potem vemo kako je hitrost tekočine odvisna od položaja v prostoru in od časa $\vec{v} = \vec{v}(\vec{r}, t)$. Hitrostno polje najlažje določimo tako, da v gibajočo se tekočino spustimo črnilo in vidimo potek tokovnic.



$$\vec{v} = \vec{v}(\vec{r}, t)$$
$$d\vec{r} = \vec{v}\,dt$$

1. Če je hitrost odvisna le od kraja, ne pa tudi od časa, potem takemu toku pravimo STACIONARNI TOK

$$\vec{v} = \vec{v}(\vec{r})$$

2. kadar je smer hitrosti neodvisna od časa, pravimo da je tok LAMINAREN.

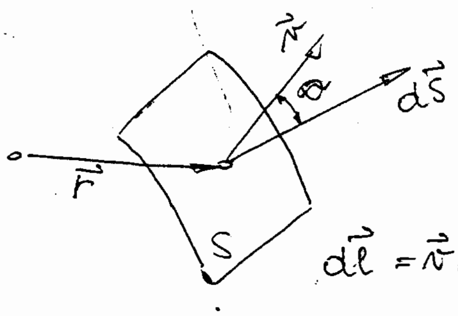
$$\frac{\vec{v}}{|\vec{v}|} = \vec{e}_v = \text{konst.} = \vec{e}_v(\vec{r})$$

Pri laminarnem toku je smer hitrosti konstantna.

3. če je hitrost odvisna od kraja in časa, pravimo toku TURBOLENTNI TOK.

$$\vec{v} = \vec{v}(\vec{r}, t)$$

Pretok skozi dano ploskev ob znanem hitrostnem polju:



$d\vec{l} = \vec{v}\,dt$

$$d\vec{S} = \vec{n}\,dS$$
$$\cancel{dV = dl\,dS\cos\theta} = \cancel{d\vec{l}\cdot d\vec{S} = d\vec{l}\cdot d\vec{S}}$$
$$dV = v\cos\theta\,dt\,dS$$
$$\frac{dV}{dt} = d\phi_V = v\cos\theta\,dS \quad \text{(volumski pretok)}$$

$$d\phi_m = \rho\, d\phi_v$$
$$d\phi_m = \rho\, v \cos\theta\, dS$$ (masni pretok)

$$v\cos\theta\, dS = \vec{v}\, d\vec{S}$$

$$d\phi_v = \vec{v}\, d\vec{S}$$
$$d\phi_m = \rho\vec{v}\, d\vec{S}$$

$$\phi_v = \iint_S d\phi_v = \iint_S \vec{v}\, d\vec{S}$$

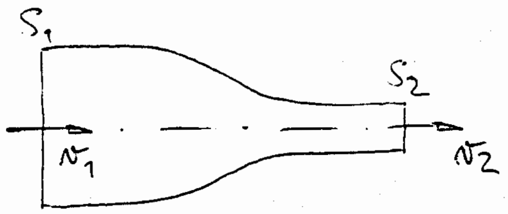
$$\phi_m = \iint_S d\phi_m = \iint_S \rho\vec{v}\, d\vec{S}$$

za stacionaren tok velja: $\iint_S \rho\vec{v}\, d\vec{S} = 0$

za nestisljivo tekočino: $\rho = \text{konst} \Rightarrow \iint_S \vec{v}\, d\vec{S} = 0$

$$\iint_S \rho\vec{v}\, d\vec{S} = \frac{dm}{dt}$$ ... kontinuitetna enačba

Kontinuitetna enačba pove, koliko mase na enoto časa se pojavi znotraj ploskve.



$$S_1 v_1 - S_2 v_2 = 0$$
$$S_1 v_1 = S_2 v_2$$

$$|v_2| = \frac{S_1}{S_2}|v_1|$$

4.

Delo sile:

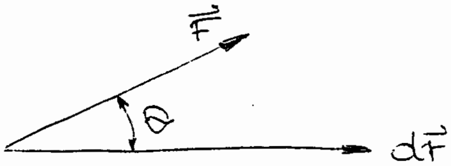
$m\,d\vec{v} = \vec{F}(\vec{r})\,dt \;|\cdot\vec{v}$ $\qquad \vec{v} = \frac{d\vec{r}}{dt} \Rightarrow d\vec{r} = \vec{v}\,dt$

$m\vec{v}\,d\vec{v} = \vec{F}(\vec{r})\,d\vec{r}$

$m\int_{\vec{v}_1}^{\vec{v}_2} \vec{v}\,d\vec{v} = \int_{\vec{r}_1}^{\vec{r}_2} \vec{F}(\vec{r})\,d\vec{r} = A = W_{k2} - W_{k1}$

$$\underbrace{A = \Delta W_k = \frac{mv_2^2}{2} - \frac{mv_1^2}{2} = \int_{\vec{r}_1}^{\vec{r}_2} \vec{F}(\vec{r})\,d\vec{r}}$$

$dA = \vec{F}\,d\vec{r}$ $\qquad [W_k] = [A] = Nm = J = \text{joul}$



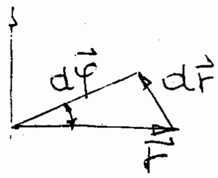
$dA = \vec{F}\,d\vec{r} = F\,dr\cdot\cos\theta$

$\vec{F} \perp d\vec{r} \Rightarrow dA = 0$

Delo vrtilnega momenta:

$dA = \vec{F}\,d\vec{r}$

$d\vec{r} = d\vec{\varphi} \times \vec{r}$



$dA = \vec{F}(d\vec{\varphi} \times \vec{r}) =$

$= (\vec{F}, d\vec{\varphi}, \vec{r}) = (\vec{r}, \vec{F}, d\vec{\varphi}) =$

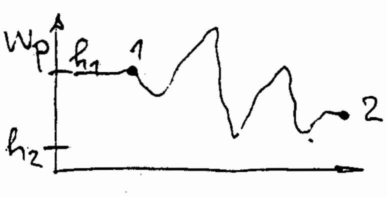
$= (\vec{r} \times \vec{F})\cdot d\vec{\varphi} = \vec{M}\,d\vec{\varphi}$

$dA = \vec{M}\,d\vec{\varphi}$

$$\underbrace{A = \int_{\vec{\varphi}_1}^{\vec{\varphi}_2} \vec{M}\,d\vec{\varphi}}$$

Konzervativne sile:

To so tiste sile, katerih delo, ki ga opravijo pri določenem premiku, ni odvisno od oblike premika, ampak sam od začetne in končne lege. Sila teže je primer konzervativne sile.



$W_{p1} = mgh_1$ $\qquad$ delo je odvisno samo od začetne in končne višine

$W_{p2} = mgh_2$

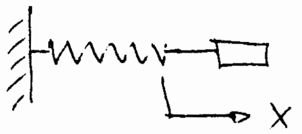
$\oint dA = \oint \vec{F}\,d\vec{r} = 0 \leftarrow$ velja za konzervativne sil

Definicija potencialne energije (W_p):

Potencialna energija je energija, ki jo ima telo na neki višini. Višje kot je, večjo ima potencialno energijo.

$W_p = mgh$

W_p napete vijačne vzmeti:



$$F = -kx$$

$$A = \int_{x_1}^{x_2} (-kx)\,dx = -k\frac{x^2}{2}\Big|_{x_1}^{x_2}$$

$$A = -\frac{kx_2^2}{2} + \frac{kx_1^2}{2}$$

Mehanska energija:

Def: $W_{meh} = W_{pot} + W_{kin}$

$W_p = mgh$

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

$$\vec{F} = \vec{F}_k + \vec{F}_{nk} \; \Big| \cdot d\vec{r}, \int_{\vec{r}_1}^{\vec{r}_2}$$

F_k... konservativna sila

F_{nk}... nekonservativna sila

$$A = \int_{\vec{r}_1}^{\vec{r}_2} \vec{F}_k \cdot d\vec{r} + \int_{\vec{r}_1}^{\vec{r}_2} \vec{F}_{nk} \cdot d\vec{r}$$

$$\Delta W_k = -\Delta W_p + A_n$$

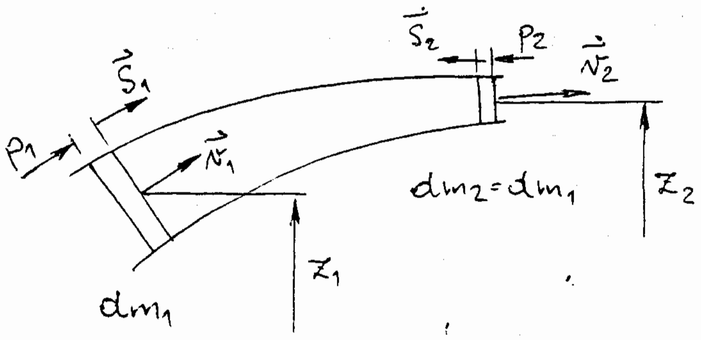
$$\Delta (W_k + W_p) = A_n = \Delta W_{meh}$$

$$A_n = 0 \Rightarrow W_{meh} = \text{konst.} \Rightarrow \Delta W_{meh} = 0$$

Mehanska energija sistema se ohranja, kadar imamo v sistemu delujoče samo konservativne sile in ne nekonservativnih, kot je naprimer trenje.

5.

Bernoullijeva enačba:



$dm_1 = dm_2 = dm$

$\rho =$ konst.

$dV_1 = dV_2 = dV$

$$dW_m = \frac{dm\,v_2^2}{2} - \frac{dm\,v_1^2}{2} + dm\,g z_2 - dm\,g z_1$$

$$dA = (p\vec{S}d\vec{l})_1 + (p\vec{S}d\vec{l})_2 = p_1 dV - p_2 dV$$

$$dW_m = dA$$

$$\frac{dm\,v_2^2}{2} - \frac{dm\,v_1^2}{2} + dm\,g z_2 - dm\,g z_1 = p_1 dV - p_2 dV \quad \Big| \cdot \frac{1}{dV}$$

$$p_1 + \rho\frac{v_1^2}{2} + \rho g z_1 = p_2 + \rho\frac{v_2^2}{2} + \rho g z_2$$ ... Bernoullijeva enačba

$\rho = \frac{dm}{dV} =$ konst.

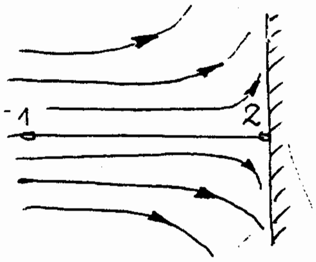
$\rho\frac{v^2}{2}$ ... gostota kinetične energije

$\rho g z$ ... gostota potencialne energije

p ... tlak v tekočini

Bernoullijeva enačba je energijska enačba, ki jo uporabimo kadar imamo opravka s skoraj idealnimi tekočinami (lahko gibljive tekočine, majhna viskoznost, stacionaren tok.

Pojem zastojnega tlaka:



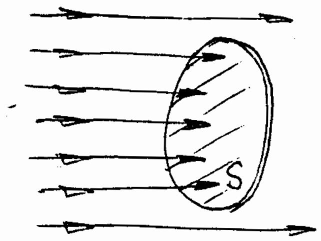
Uporabimo Bernoullijevo enačbo in dobimo

$$p_0 + \rho\frac{v^2}{2} = p_0 + \Delta p + 0$$

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

Zastojni tlak tekočine (Δp) je enak gostoti kinetične energije nemotenega gibanja tekočine. Člen $\rho v^2/2$ v Bernoullijevi enačbi potemtakem predstavlja tudi povečanje tlaka zaradi ustavitve tekočine.

Kvadratični zakon upora:



$$\boxed{F_u = C_u \cdot S \cdot \Delta p}$$ kvadratični zakon upora (turbolentni tok)

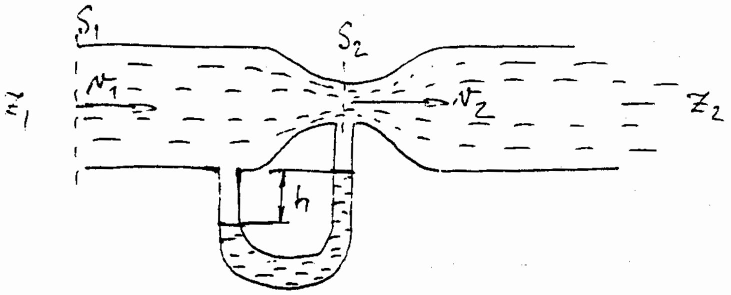
$\Delta p = \frac{\rho v^2}{2}$ ... zastojni tlak

$F_u = C_u \cdot S \cdot \frac{\rho v^2}{2}$ ... sila zastojnega tlaka

C_u ... koeficient kvadratičnega upora

S ... čelni presek telesa

Venturijeva cev:



$z_1 = z_2$

$v_1 S_1 = v_2 S_2$

Pri predpostavki, da je tekočina nestisljiva, lahko s pomočjo Bernoullijeve enačbe izračunamo hitrost pretoka iz razlike tlakov.

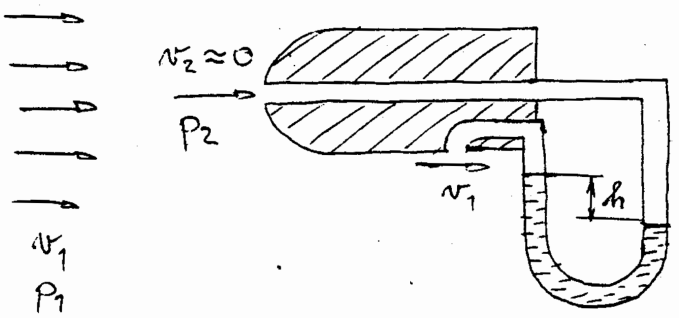
$$p_1 + \frac{\rho v_1^2}{2} = p_2 + \frac{\rho v_2^2}{2}$$

$$\Delta p = p_2 - p_1 = -\frac{\rho}{2}(v_2^2 - v_1^2) = -\frac{\rho}{2}\left[\left(\frac{S_1}{S_2}\right)^2 - 1\right] v_1^2$$

Uporabljamo jo tako, da odčitavamo Δh, s čimer dobimo razliko v tlakih v točki 1 in 2 ($\Delta h \approx \Delta$

Pittot - Prandtlova cev:

Služi za merjenje zastojnega tlaka, ki ga povzroči padec gostote kinetične energije tekočine v zastojni točk.



$$p_1 + \frac{\rho v_1^2}{2} = p_2 + \cancel{\frac{\rho v_2^2}{2}}^{\,0}$$

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

5.

Reynoldsovo število :

Če je tekočina viskozna in hitrotekoča, delujeta hkrat viskozni (linearni) in dinamični (kvadratni) upor. Običajno nas zanima njuno razmerje.

$$F_v = C_1 \eta \frac{v}{h} S$$

$$F_d = c_2 \frac{\rho v^2 S}{2}$$

$$\frac{F_d}{F_v} = \frac{c_1}{2C_2} \frac{\rho v h}{\eta}$$

Spremenljivko

$$Re = \frac{\rho v h}{\eta}$$

imenujemo Reynoldsovo število.

$$\frac{F_d}{F_v} = \frac{C_1}{2C_2} \cdot Re$$

C_1 in C_2 sta reda velikosti 1, zato je

$$\frac{F_d}{F_v} \approx Re$$

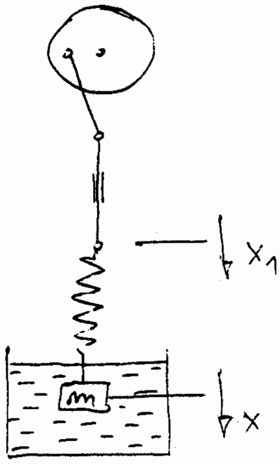
Reynoldsovo število splošno določa ali prevladuje linearni ali kvadratni zakon upora. Če je Reynoldsovo število majhno, je gibanje tekočine zaradi viskoznosti pretežno laminarno, če pa je veliko, je viskoznost mogoče zanemariti, gibanje pa je pretežno turbulentno.

laminaren tok $< Re = \overset{2320}{\cancel{2500}} <$ turbulenten tok

6.

Vsiljeno nihanje:

Če se zunanja sila v času periodično spreminja, povzroči nihanje sistema, ki ga imenujemo vsiljeno nihanje.



$$F_{vzm} = -K(x - x_1)$$

$$F_{tr} = -R\dot{x}$$

$$m\ddot{x} = F_{tr} + F_{vzm} = -R\dot{x} - Kx + Kx_1$$

$$\ddot{x} + \frac{R}{m}\dot{x} + \frac{K}{m}x = \frac{Kx_1}{m}$$

$$\frac{R}{m} = 2\beta \;,\; \frac{K}{m} = \omega_0^2$$

$$\ddot{x} + 2\beta\dot{x} + \omega_0^2 x = \omega_0^2 x_1$$ ... diferencialna enačba vsiljenega nihanja

$$f_1(t) = \omega_0^2 x_1$$

$$F_1 = K x_1$$

$x_1 = x_{1,0} \sin\omega t$ in $f_1 = f_0 \sin\omega t$

$$x(t) = x_0 \sin(\omega t - \varphi_0)$$

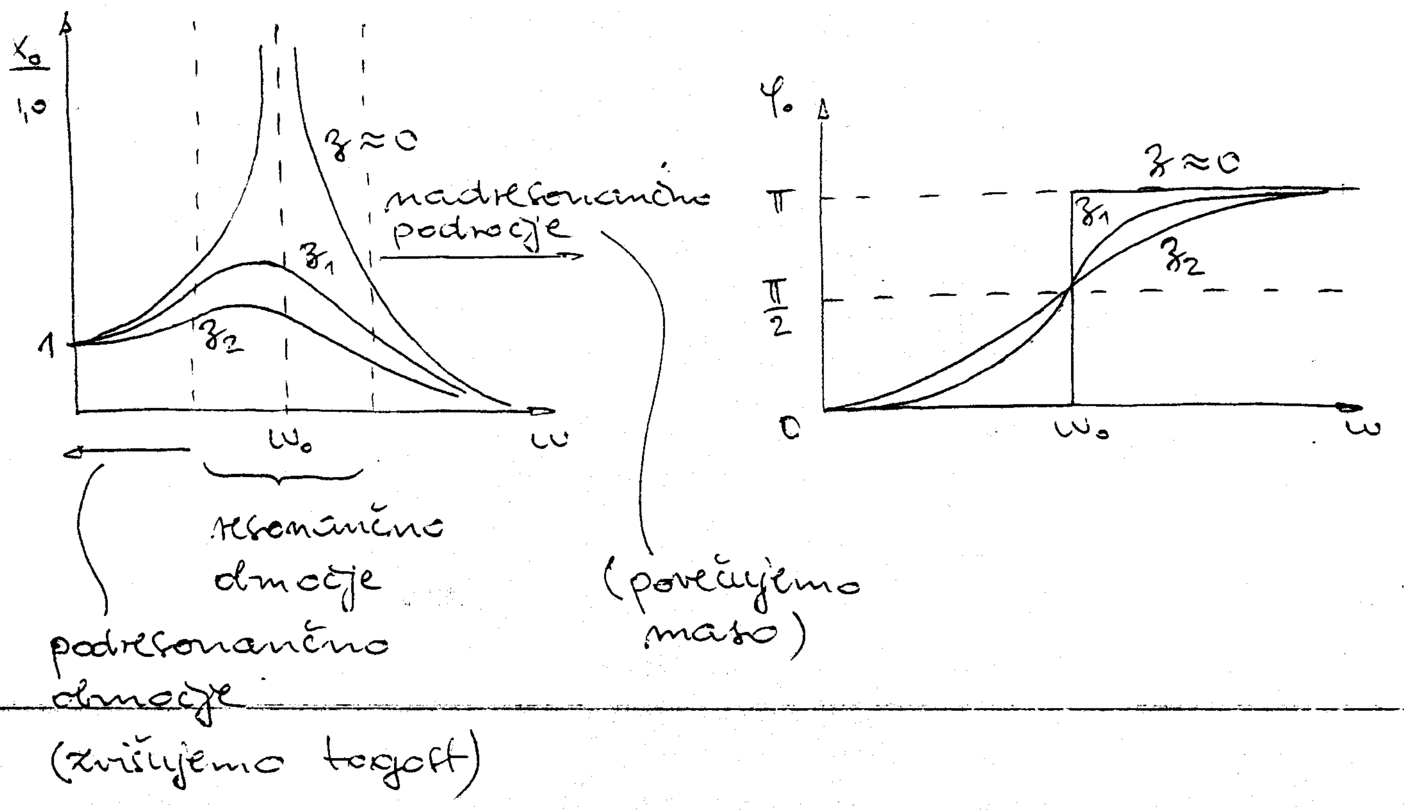
$$x_0 = \frac{\omega_0^2 \cdot x_{1,0}}{\sqrt{(\omega_0^2 - \omega^2)^2 + 4\beta^2\omega^2}}$$

$$\mathrm{tg}\,\varphi_0 = \frac{2\beta\omega}{\omega_0^2 - \omega^2}$$

Resonanca:

Vsak sistem ima svojo lastno frekvenco nihanja ω_0; vzbujamo pa ga z vsiljeno frekvenco ω. Kadar je ~~razmerje~~ $\omega \approx \omega_0$, govorimo o resonančnem nihan... Če je sistem šibko dušen, dobimo z resonančnim vzbujanjem zelo velike amplitude nihanj.

Resonančna in fazna krivulja za različne koeficiente dušenja : $\zeta_2 > \zeta_1$.



7

Newtonovi zakoni in njihov dokaz s poskusi:

1. Newtonov zakon:

Telo vztraja v stanju mirovanja ali premega enakomernega gibanja, če so zunanji vplivi, ki delujejo nanj, uravnovešeni.

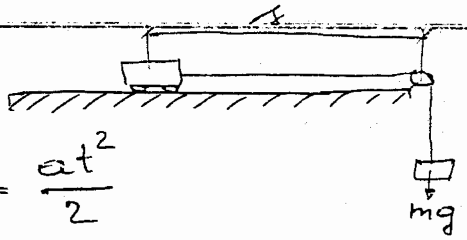
$\vec{F} = 0 \rightarrow \vec{a} = 0 \rightarrow \vec{v} = \text{konst.}$

→ rezultirajoča sila

Eksperiment:

Voziček na zračni blazini se giblje enakomerno. To izmerimo tako, da merimo časovne intervale na enakih razdaljah vozičkove poti. Ko so časovni intervali enaki, se telo giblje enakomerno, ker je vsota vseh sil, ki delujejo na voziček, enaka nič

2. Newtonov zakon:



s... pot, na kateri merimo čas

Poskus:

$t_1 = 2{,}55\,s$ (masa vozička je m) (m_1)

$t_2 = 3{,}57\,s$ (masa vozička je $2m$) (m_2)

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

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

$$\frac{a_1}{a_2} = \frac{t_2^2}{t_1^2} = \frac{(3{,}57)^2}{(2{,}55)^2} = 1{,}96 \approx 2 \longrightarrow \frac{a_1}{a_2} = \frac{m_2}{m_1} \Rightarrow a_1 m_1 = a_2 m_2$$

$F = \text{konst.}$

$$\boxed{\vec{F} = m \cdot \vec{a}} \qquad [F] = \frac{kg\,m}{s^2} = N$$

$$1\,kp = g \cdot 1\,kg = 9{,}81\,N \approx 10\,N$$

Rezultanta vseh sil, ki delujejo na telo, je enaka produktu njegove mase in pospeška.

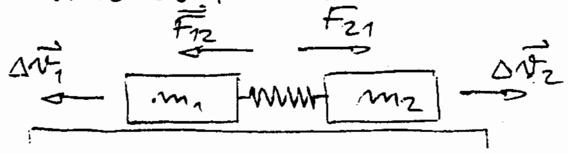
$\vec{F} = m \cdot \vec{a}$.

3. Newtonov zakon:

Kadarkoli deluje prvo telo na drugo telo s silo $\vec{F}_{21}$, deluje drugo telo na prvega z nasprotno silo $\vec{F}_{12}$.

$$\vec{F}_{12} = -\vec{F}_{21}$$

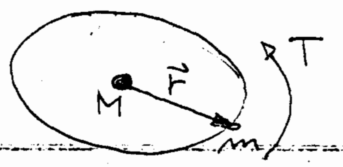
Eksperiment:



$$m_1 \Delta\vec{v}_1 = -m_2 \Delta\vec{v}_2 \quad \Big| \cdot \frac{1}{\Delta t}$$

$$\vec{F}_{12} = m_1 \vec{a}_1 = -m_2 \vec{a}_2 = -\vec{F}_{21}$$

Newtonov gravitacijski zakon:



$$\vec{g} = 9{,}81\ m s^{-2}$$

$$\vec{T} = m\vec{g}$$

$$\frac{r^3}{T^2} = K \quad \text{(Keplerjeva konstanta)}$$

$$\frac{1}{T^2} = \frac{K}{r^3}$$

$$a_r = r\omega^2$$

$$F = m \cdot a_r = m r \omega^2 = m r \frac{4\pi^2}{T^2} = \frac{m\cancel{r}}{r^{\cancel{3}2}} 4\pi^2 K$$

$$F = \frac{m \cdot M}{r^2} \cdot 4\pi^2 \frac{K}{M}$$

$$4\pi^2 \frac{K}{M} = \varkappa \quad \text{.... gravitacijska konstanta}$$

$$\boxed{F = \varkappa \frac{mM}{r^2}}$$

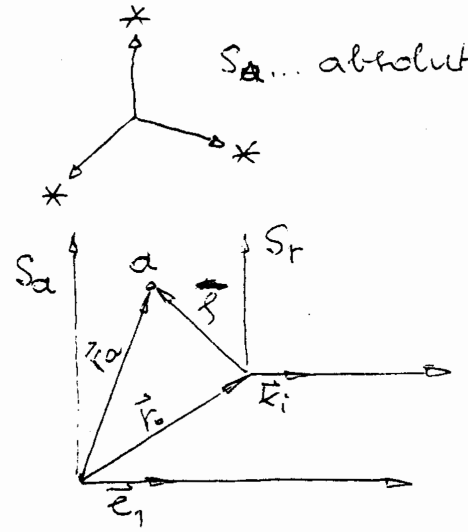
... gravitacijski zakon (sila, ki jo povzroča gravitacija)

$$\varkappa = 6{,}65 \cdot 10^{-11} \frac{Nm^2}{kg^2}$$

8.

Relativno gibanje:

Relativno gibanje opisujemo glede na koordinatni sistem, ki se prav tako giblje glede na absolutni koordinatni sistem. Osi gibajočega se koordinatnega sistema so vzporedn osem absolutnega (mirujočega) koordinatnega sistema.



S_a... absolutni koordinatni sistem

$\vec r_a$... položaj masne točke glede na absolutni koordinatni sistem

$\vec\rho$... položaj masne točke glede na relativni koordinatni sistem

$$\vec r_a = \vec r_0 + \vec\rho$$

$\vec r_0$... položaj relativnega koordinatnega sistema glede na absolutnega

$\vec r = \sum x_i \vec e_i \;;\; x_i = x_i(t)$

$\vec\rho = \sum \rho_i \vec k_i \;;\; \rho_i = \rho_i(t) \;;\; k_i(t)$

$$\sum x_i \vec e_i = \sum x_{i0}\vec e_i + \sum \rho_i \vec k_i \quad \Big|\frac{d}{dt}$$

$$\sum \dot x_i \vec e_i = \sum \dot x_{i0}\vec e_i + \sum \dot\rho_i \vec k_i + \sum \rho_i \dot{\vec k}_i \quad \Big|\frac{d}{dt}$$

$$\sum \ddot x_i \vec e_i = \sum \ddot x_{i0}\vec e_i + \sum \ddot\rho_i \vec k_i + 2\sum \dot\rho_i \dot{\vec k}_i + \sum \rho_i \ddot{\vec k}_i$$

$$\vec a_a = \vec a_0 + \vec a_r + \vec a_s$$

$\vec a_s$ — posledica sukanja relativnega sistema S_r

$$m\vec a_a = m\vec a_0 + m\vec a_r + m\vec a_s$$

$$\vec F_a = \vec F = \vec F_0 + \vec F_r + \vec F_s$$

$$\vec F_r = \vec F - m\vec a_0 - m\vec a_s \Rightarrow \vec F_r = \vec F + \vec F_0 + \vec F_s$$

$$\boxed{\vec F_0 = -m\vec a_0}$$ ... vztrajnostna sila

$$\vec F_s = -m\vec a_s$$

1. Brez rotacije:

$$\vec k_i = \text{konst.} \Rightarrow \dot{\vec k}_i = 0 \;,\; \ddot{\vec k}_i = 0$$

$$\vec F_r = \vec F_a + \vec F_0$$

$$m\vec a_r = \vec F_a - m\vec a_0$$

$$0 = \vec F_a - m\vec a_0 \Rightarrow \vec F_a = m\vec a_0.$$

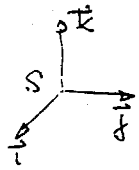
2. Brez translacije:

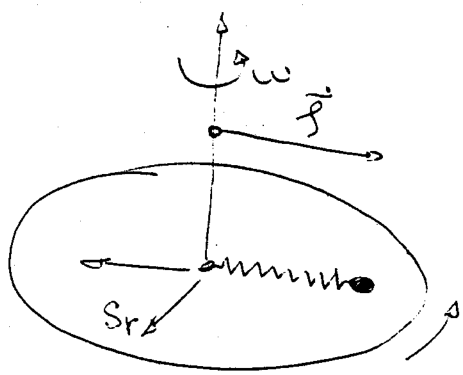
$\vec{a}_0 = 0$ (samo rotacija)

$\dot{\rho}_i = 0$; $\ddot{\vec{k}}_i \neq 0$; $\ddot{\rho}_i = 0$

$\vec{F}_r = \vec{F}_A + \vec{F}_s$

$0 = \vec{F}_A + \vec{F}_s \Rightarrow \vec{F}_a = -m\vec{\rho}\omega^2$



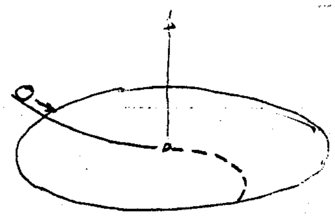


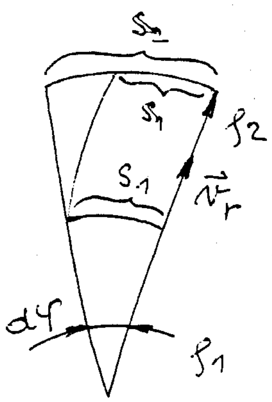
$$0 = \vec{F}_A + \underbrace{m\vec{\rho}\omega^2}_{\text{centrifugalna sila}}$$

$\vec{F}_s = m\vec{\rho}\omega^2 = \vec{F}_{cf} = m\vec{\omega}\times(\vec{\rho}\times\vec{\omega})$

3. Coriolisova sila:

$\dot{\vec{\rho}}_i \neq 0$, $\dot{\vec{k}}_i \neq 0$





$s_1 = \Delta\varphi\cdot\rho_1$

$s_2 = \Delta\varphi\cdot\rho_2$

$\Delta s = s_2 - s_1 = \Delta\varphi(\rho_2 - \rho_1)$

$\Delta s = \Delta\varphi\cdot\Delta\rho = a_{co}\dfrac{\Delta t^2}{2}$

$\Rightarrow a_{co} = 2\dfrac{\Delta\varphi\,\Delta\rho}{\Delta t\,\Delta t} = 2\omega v_r$

$\vec{a}_c = -2\vec{\omega}\times\vec{v}$

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

$$\vec{F}_r = \vec{F}_a + \vec{F}_o + \vec{F}_{cf} + \vec{F}_c$$

9.

Gibalna količina in sunek sile:

$$\vec{F} = \vec{F}(t)$$

$$m \cdot \vec{a} = \vec{F}(t)$$

$$m \frac{d\vec{v}}{dt} = \vec{F}(t) \quad | \, dt$$

$$m \, d\vec{v} = \vec{F}(t) \, dt \quad | \int$$

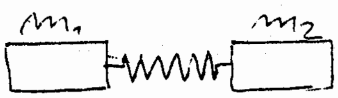
$$m \int_{v_0}^{v_1} d\vec{v} = \int_0^{t_1} \vec{F}(t) \, dt$$

$$m (\vec{v}_1 - \vec{v}_0) = \int_0^{t_1} \vec{F}(t) \, dt$$

$m \cdot \vec{v} = \vec{G}$ ... gibalna količina masne točke

$[G] = kg\,m\,s^{-1}$

$$\vec{G}_1 - \vec{G}_0 = \Delta\vec{G} = \underbrace{\int_0^{t_1} \vec{F}(t) \, dt}_{\text{sunek sile}}$$



Iz zakona o akciji in reakciji velja:

$$\vec{F}_{12} = -\vec{F}_{21}$$

$$m\Delta\vec{v}_1 = -m\Delta\vec{v}_2$$

$$\Delta\vec{G}_1 = -\Delta\vec{G}_2$$

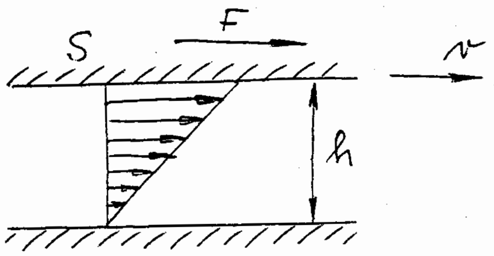
$$\Delta\vec{G}_1 + \Delta\vec{G}_2 = 0$$

$$\Delta(\vec{G}_1 + \vec{G}_2) = 0$$

$\vec{G} = \vec{G}_1 + \vec{G}_2 = konst.$ ... zakon o ohranitvi gibalne količine

10.

Viskoznost tekočine:



F... viskozna sila

S... strižna površina med fluidom in predmetom

v... hitrost gibanja

h... višina plasti fluida

$\frac{v}{h}$ ... strižna hitrost

Zakon viskoznosti:

$$F = \eta S \frac{v}{h}$$

η... viskoznost tekočine

$$[\eta] = kg\,m^{-1}s^{-1} = Pa \cdot s$$

Linearni zakon upora v tekočini:

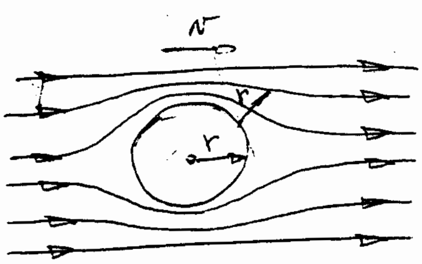
$$F = C_1 \frac{\eta \cdot v S}{h}$$

$R = C_1 \eta \frac{S}{h}$ ... viskozni upor telesa

$$F = R \cdot v$$

Kadar se telo giblje v viskozni tekočini, je za vzdrževanje gibanja potrebna sila, ki je sorazmerna s hitrostjo, viskoznostjo tekočine in površino S, vzdolž katere polzi tekočina ob telesu.

Za kroglo:

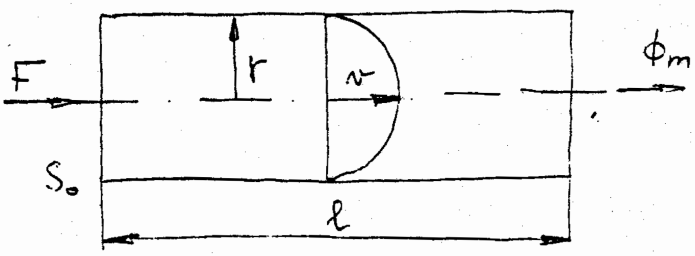


$$F = C_1 \eta S \frac{v}{h} = C_1 \eta \cdot 4\pi r^2 \frac{v}{r} =$$

$$= C_1 \eta 4\pi r v = \boxed{6\pi r \eta v}$$

C_1 za kroglo je enak $\frac{3}{2}$.

Opis upora pri pretakanju viskozne tekočine v cevi s polmerom r:



$$F = p \cdot S_0$$

$$\phi_V = v \cdot S$$

$$S = 2\pi r l$$

$$\frac{F}{S_0} = C_1 \eta \cdot 2\pi \cdot r \cdot l \cdot \frac{1}{S_0} \cdot \frac{v}{r}$$

$$\frac{\Delta p}{l} = C_1 \cdot 2\pi \cdot \frac{v S_0}{\pi^2} \cdot \eta \cdot \frac{1}{r^4}$$

$$v S_0 \propto \phi_V$$

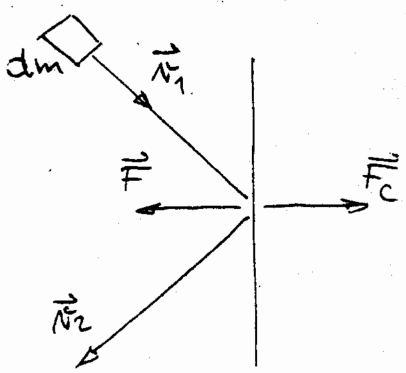
$$S_0^2 \propto r^4$$

$$\frac{\Delta p}{l} = \frac{8}{\pi} \cdot \eta \cdot \frac{\phi_V}{r^4}$$ ... Poiseuillova formula

$$C_1 = \frac{8}{\pi}$$ ... za cev

11.

Sila curka :

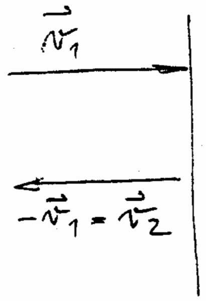


$$d\vec{G} = dm\cdot\vec{v}_2 - dm\,\vec{v}_1 \quad \Big|\, \frac{1}{dt}$$

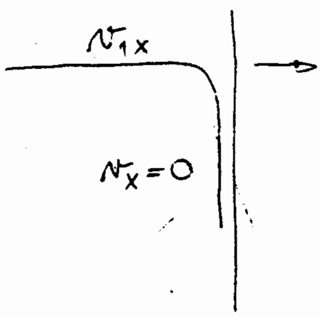
$$\frac{d\vec{G}}{dt} = \frac{dm}{dt}\left(\vec{v}_2-\vec{v}_1\right) = \phi_m\left(\vec{v}_2-\vec{v}_1\right) = \vec{F}$$

$$\vec{F} = -\vec{F}_c$$

$[\phi_m] = \frac{kg}{s}$ ... masni pretok

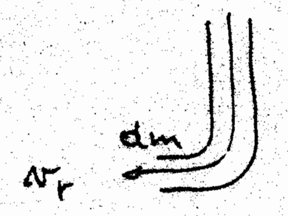


$$\vec{F}_c = \phi_m\left(\vec{v}_1+\vec{v}_1\right) = 2\,\phi_m\,\vec{v}_1$$



$$F_{cx} = \phi_m\cdot v_1$$

eksperiment (vozíček, šibre):



$$v_1 - v_2 = -v_r$$

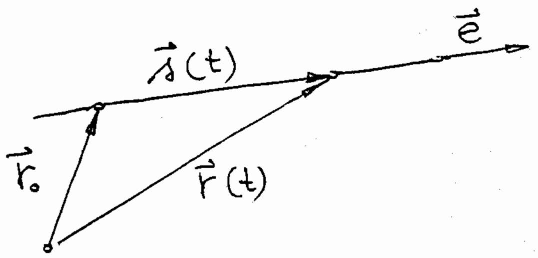
$$F_c = -\phi_m v_r$$

12.

Premočrtno gibanje:

Gibanje je premočrtno, če je njegova trajektorija premica. Pri tej vrsti gibanja se hitrost po smeri ne spremin zato lahko poljubni premik opišemo z izrazom:

$$\vec{s}(t) = s(t)\,\vec{e}$$



$$\vec{r}(t) = \vec{r}_0 + \vec{s}(t)$$

Koordinatni sistem postavimo tako, da $\vec{i} = \vec{e}$

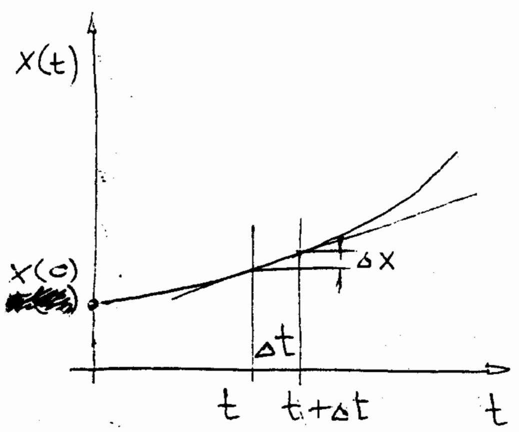
$$\Delta x(t) = s(t)$$

$$v_x = \frac{dx}{dt} \quad ; \quad v_y = v_z = 0$$

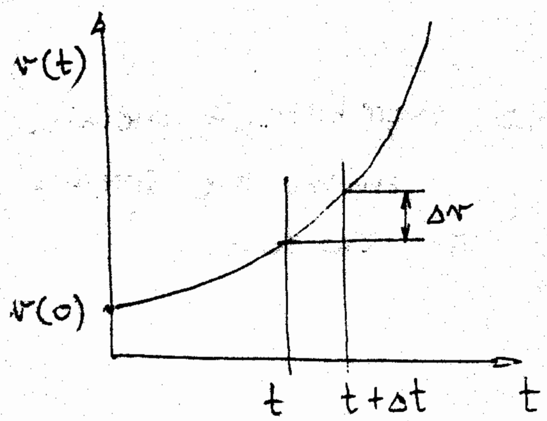
$$a_x = \frac{d^2x}{dx^2} \quad ; \quad a_y = a_z = 0$$

$$v_x = v$$

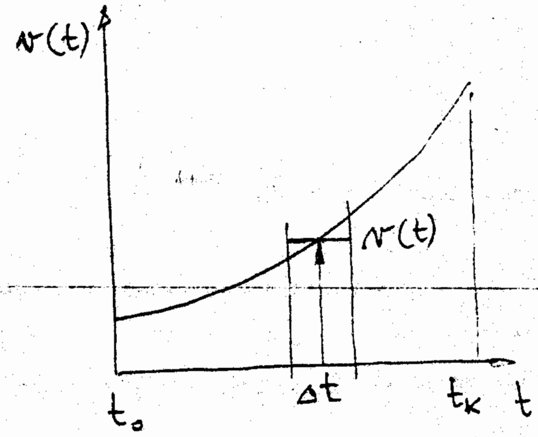
$$a_x = a$$



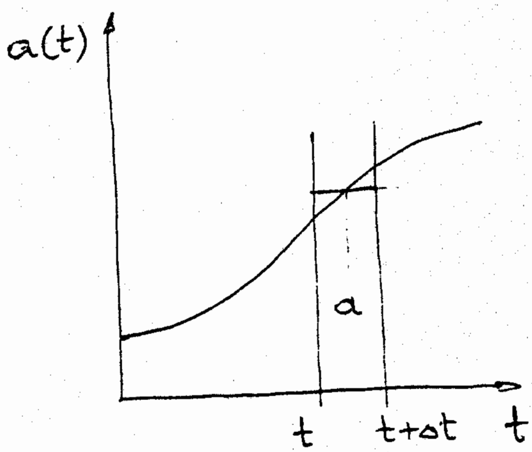
$$v_{x\sim} = \frac{\Delta x}{\Delta t} \rightarrow v = \frac{dx}{dt}$$



$$a_{\sim} = \frac{\Delta v}{\Delta t} \qquad a = \frac{dv}{dt}$$



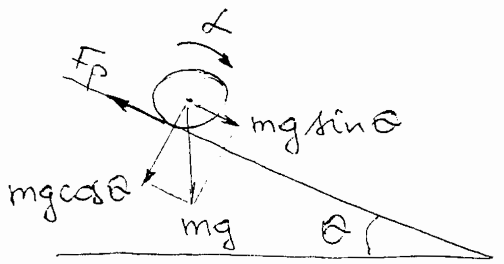
$$x(t) = x(t_0) + \underbrace{\int_{t_0}^{t_k} v_x \, dt}_{\Delta x}$$



$$v(t) = v_0 + \int_{t_0}^{t_k} a \, dt$$

13.

Kotaljenje valja po strmini:



1. Brez drsenja

$$ma^* = mg\sin\theta - F_p$$
$$J\cdot\alpha = r\cdot F_p$$
$$\alpha = \frac{a^*}{r}$$
$$J\cdot\frac{a^*}{r^2} = F_p$$
$$ma^* = mg\sin\theta - J\frac{a^*}{r^2}$$
$$a^* = g\sin\theta - J\frac{a^*}{mr^2}$$
$$a^* = \frac{g\sin\theta}{1+\frac{J}{mr^2}}$$

za valj:

$$J = \frac{mr^2}{2}$$
$$a^* = \frac{g\sin\theta}{1+\frac{1}{2}} = \frac{2}{3}g\sin\theta$$

Sila podlage, ki suče valj, je enaka

$$F_p = J\frac{a^*}{r^2} = \frac{J}{r^2}\cdot\frac{g\sin\theta}{\left(1+\frac{J}{mr^2}\right)}$$

in se veča z večanjem naklonskega kota θ strmine. Sila trenja je največja vzdolžna sila, ki jo lahko povzroča podlaga in je enaka $F_t = k mg\cos\theta$

kjer je k koeficient trenja in $mg\cos\theta$ velikost normalne komponente teže, ki pritiska valj proti podlagi. Ko sila podlage, ki je potrebna za vrtenje, doseže silo trenja, začne valj spodrsavat. To se zgodi pri naklonskem kotu θ_t, ko je:

$$k m g \cos\theta_t = \frac{J}{r^2} \cdot \frac{g \sin\theta_t}{\left(1 + \frac{J}{mr^2}\right)}$$

$$\mathrm{tg}\,\theta_t = k \cdot \frac{mr^2 + J}{J}$$

$$a^* = g\sin\theta - gk\cos\theta$$

$$\alpha = \frac{rF_t}{J} = \frac{rmg\cos\theta}{J}$$

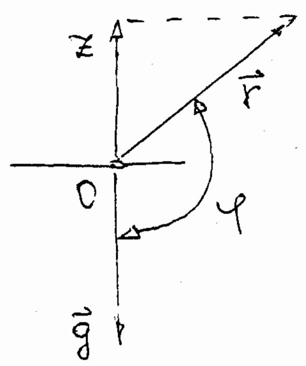
14.

Delo sile teže pri premiku težišča mase m od kraja $\vec{r}_1$ do kraja $\vec{r}_2$:

$$A = \int_{\vec{r}_1}^{\vec{r}_2} m\vec{g}\, d\vec{r} \qquad m\vec{g} = \text{konst. (na površju Zemlje)}$$

$$A = m\vec{g}\int_{\vec{r}_1}^{\vec{r}_2} d\vec{r} = m\vec{g}\,(\vec{r}_2 - \vec{r}_1)$$

$$W_{p2} - W_{p1} = -m\vec{g}\,(\vec{r}_2 - \vec{r}_1)$$



$$-m\vec{g}\vec{r} = -mgr\cos\varphi = mgz$$

$$W_{p2} - W_{p1} = mg\,(z_2 - z_1)$$

Sprememba potencialne energije na površju Zemlje je torej odvisna samo od spremembe višine, na kateri se masa nahaja. Ker je teža konservativna sila, se mehanska energija mase pri gibanju v polju teže ne spreminja.

$$W_{m2} - W_{m1} = \left(\frac{1}{2}mv_2^2 + mgz_2\right) - \left(\frac{1}{2}mv_1^2 + mgz_1\right) = 0$$

Gravitacijska potencialna energija:

$$\vec{F} = -K \frac{mM}{r^2} \cdot \frac{\vec{r}}{r}$$

$$\Delta W_p = K m M \int_{\vec{r}_1}^{\vec{r}_2} \frac{\vec{r}\, d\vec{r}}{r^3} = K m M \int_{r_1}^{r_2} \frac{r\, dr}{r^3} = -K m M \frac{1}{r} \Big|_{r_1}^{r_2}$$

$$\Delta W_p = -K m M \left(\frac{1}{r_2} - \frac{1}{r_1}\right)$$

$$W_p(r) = -K m M \frac{1}{r} + C$$

$$r = \infty \Rightarrow W_p(r) = 0 \Rightarrow C = 0$$

$$W_p(r) = -K \frac{mM}{r}$$

$$\vec{F} = \vec{F}_k + \vec{F}_n$$

$$A = A_k + A_n = \Delta W_k$$

$$A_n = \Delta W_k - A_k$$

$$\Delta W_p = -A_k$$

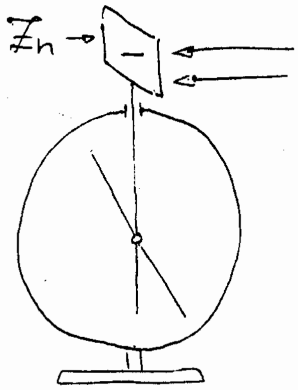
$$A_n = \Delta(W_k + W_p) = \Delta W_m$$

Delo nekonservativne sile je enako spremembi mehanske energije telesa.
Pod vplivom samo konservativnih sil pa se mehanska energija ohranja.

15.

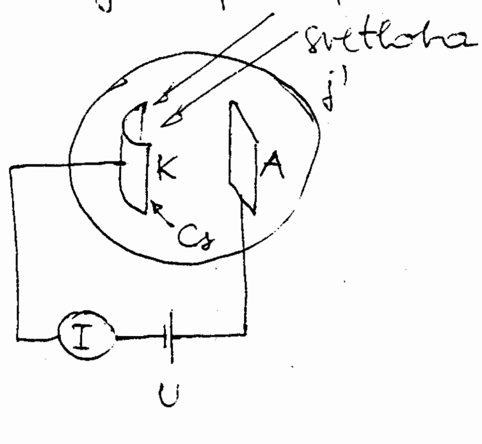
Fotoefekt:

Z absorbcijo svetlobe z ustrezno valovno dolžino lahko atomi preidejo iz osnovnega stanja v vzbujeno. Ko osvetljuje atome v osnovnem stanju svetloba, pri kateri je energija fotonov večja od energije ioniziranega stanja ali ionizacijske energije $h \cdot \nu > W_i$ se pri absorbciji trgajo elektroni od atomov. Pojav se imenuje fotoefekt.

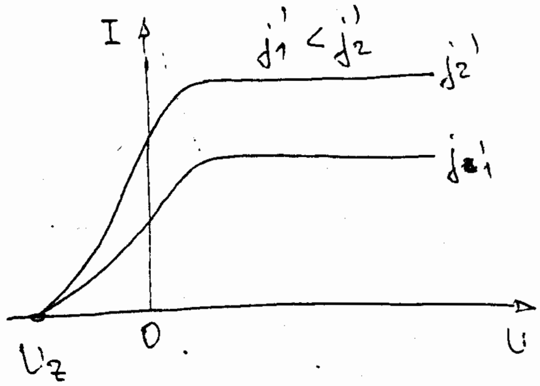


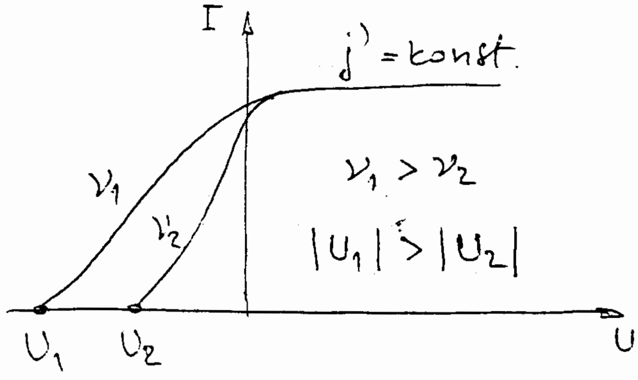
Svetloba povzroči izstopanje elektronov iz cinkove ploščice. Ker je njihov naboj negativen, lahko izbiti elektroni uhajajo iz negativno nabite ploščice, ne morejo pa uiti iz pozitivno nabite ploščice. Do emisije elektronov lahko pride le, če je valovna dolžina svetlobe dovolj majhna. Steklena šipa namreč absorbira kratkovalovni del svetlobe v sončnem spektru. To pa je samo tisti del upadle svetlobe, ki povzroča fotoefekt.

Opazovanje fotoefekta v fotocelici:

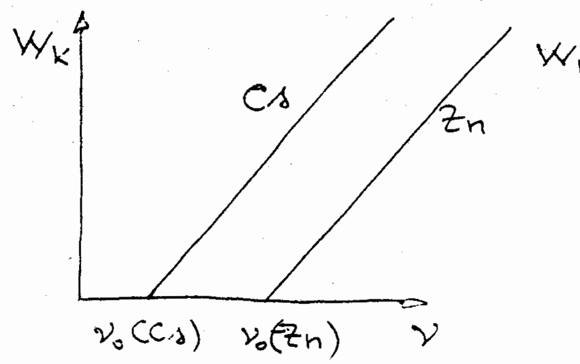


Karakteristika fotocelice:





$e_0 \cdot U_z = W_K$



$W_K = h(\nu - \nu_0)$

$h \cdot \nu = h \cdot \nu_0 + W_K$

$h \cdot \nu = W_i + W_K$

W_i ... izstopno delo elektrona

$h \cdot \nu = W$ ... celotna energija delca (fotona)

$$P = \frac{dN \cdot h \cdot \nu}{dt}$$

$$\frac{W}{c} = G = \frac{h}{\lambda} \qquad P \propto \frac{dN}{dt\,dS}$$

$\lambda = \frac{h}{G}$ predpostavka ; $G = m \cdot v$, če je $v \ll c$

Mejna valovna dolžina, pri kateri je fotoefekt še mogoč

$$\lambda_0 = \frac{c}{\nu_0} = \frac{h \cdot c}{W_i}$$

Foton je brezmasni delec svetlobe ($m = 0$) z veliko energijo.

$\lambda = 500$ nm (viden foton)

Svetloba je valovanje in roj fotonov.

Gibalna količina fotona : $G = \frac{E}{c} = \frac{h \cdot \nu}{c} = \frac{h}{\lambda}$

Osnovne enačbe kvantne mehanike:

$$E = h \cdot \nu = \frac{h}{2\pi} \cdot \omega$$

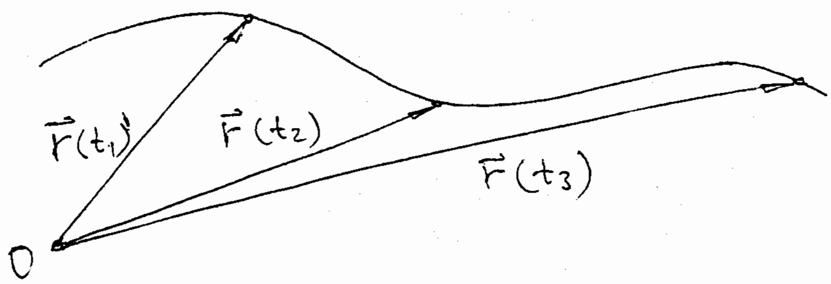
$$G = \frac{h}{\lambda} = \frac{h}{2\pi} \cdot K$$

16.

Opis gibanja masne točke v prostoru:

Gibanje razumemo kot spreminjanje lege opazovane točke s časom. Opišemo ga tako, da podamo časovno odvisnost krajevnega vektorja, ki opisuje lego masne točke v prostoru pri različnih časih.

$$\vec{r} = \vec{r}(t) = (x(t), y(t), z(t))$$

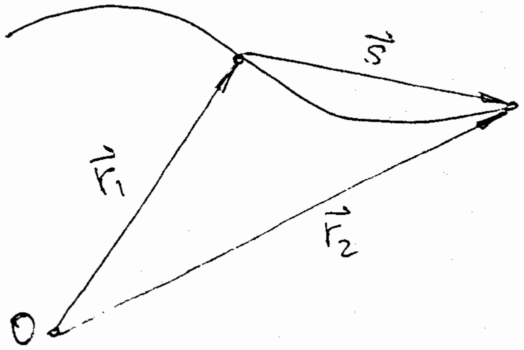


$$\vec{s} = \vec{r}(t_2) - \vec{r}(t_1)$$

$$\Delta\vec{r} = \vec{r}(t_2) - \vec{r}(t_1)$$

$$\Delta\vec{r} = (x(t_2) - x(t_1), y(t_2) - y(t_1), z(t_2) - z(t_1))$$

$$\vec{r}(t_1) = \vec{r}_1$$



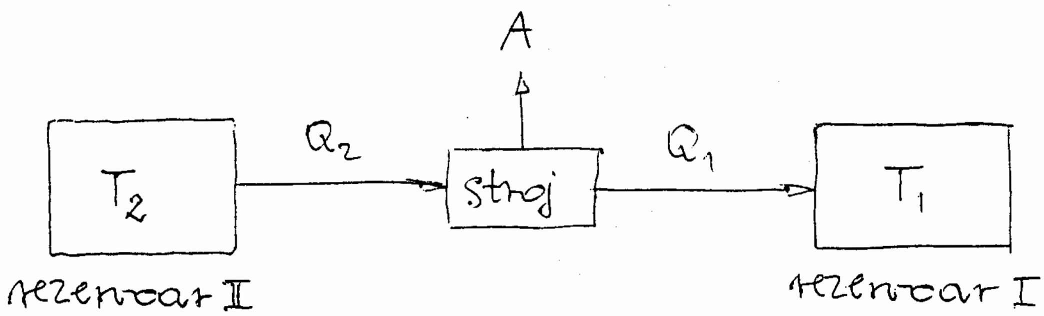
$$\vec{s} = \Delta\vec{r} = \vec{r}_2 - \vec{r}_1$$

$$\vec{s} = (x_2 - x_1, y_2 - y_1, z_2 - z_1)$$

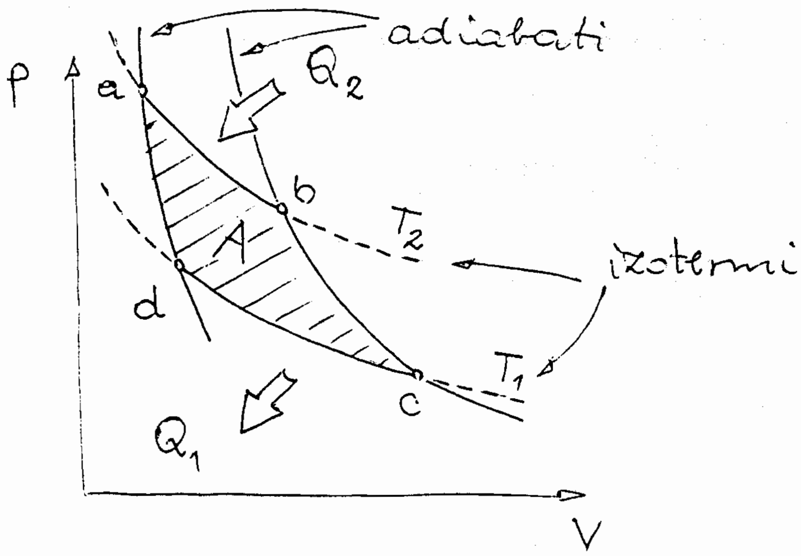
Carnotov stroj:

Lastnosti:

1. Dela reverzibilno in ciklično.
2. Toploto Q_1 odda pri temperaturi T_1 rezervoarju I.
3. Toploto Q_2 sprejema pri temperaturi T_2 iz rezervoarja II.
4. Prehodi med obema temperaturama potekajo adiabatno.



Delovni cikel Carnotovega stroja:



Delovanje:

1. Reverzibilno sprejema in oddaja toploto po izotermah $a \to b$, $c \to d$. Ustrezni krivulji opišemo s $pV = mRT_2$ in $pV = mRT_1$.

2. Vmesni prehodi se zgode reverzibilno po adiabatah $b \to c$ in $d \to a$. Ustrezni krivulji opišemo s $pV^\kappa = p_b V_b^\kappa$ in $pV^\kappa = p_d V_d^\kappa$

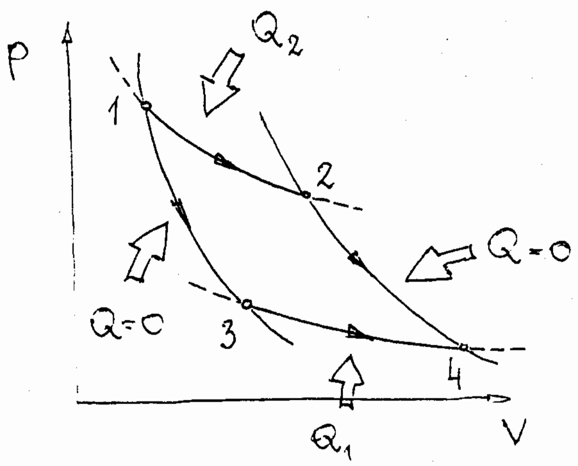
Delo, ki ga odda delovna snov pri enem Carnotovem ciklu je enako:

$$A_0 = Q_2 + Q_1 = Q_2\left(1 + \frac{Q_1}{Q_2}\right) = Q_2\left(1 - \frac{T_1}{T_2}\right)$$

Izkoristek η Carnotovega stroja definiramo z razmerjem tega dela in prejete toplote:

$$\eta = \frac{A_0}{Q_2} = 1 - \frac{T_1}{T_2} = \frac{T_2 - T_1}{T_2}$$

1.
Sprememba entropije pri reverzibilnem procesu:



izotermi: $1 \to 2$; $3 \to 4$ $\Rightarrow \Delta S = \frac{Q_1}{T_1} = \frac{Q}{T}$

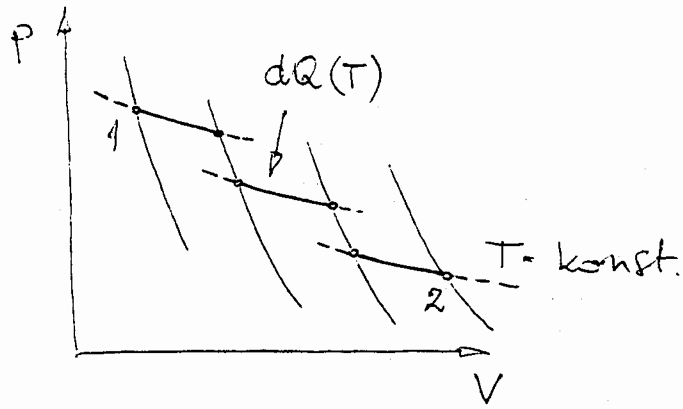
adiabati: $1 \to 3$; $2 \to 4$ $\Rightarrow Q_c = 0 \Rightarrow \Delta S =$

Čim večji je kvocient $\frac{dQ}{T}$, tem bolj je končna adiabata odmaknjena od začetne. Za povratno adiabatno spremembi pa je $dQ = 0$ in stanje sistema ostane na isti adiabati ($1 \to 3$; $2 \to 4$).

$$dS = \frac{dQ}{T}$$ dS... sprememba entropije

$$[S] = \frac{J}{K}$$

Če prehod ni izotermen in je povraten lahko prehod sestavimo iz majhnih premikov, ki se odvijajo po izotermah in adiabatah.



Pri prehodu pri adiabati je $dQ = 0$ in zato tudi ustrezna ~~entropija~~ sprememba entropije enaka 0.

Prehod iz stanja ~~~~ 1 v stanje 2 označimo:

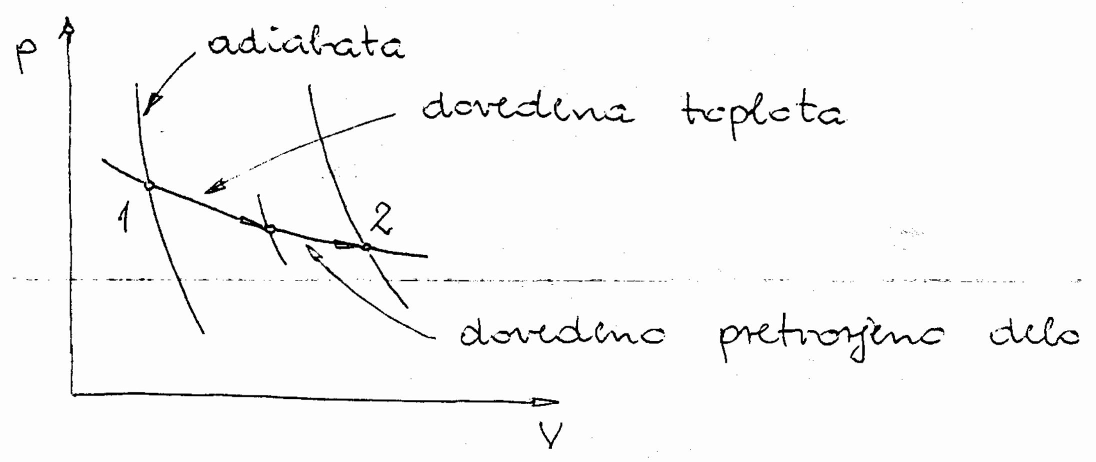
$$\Delta S = \int_1^2 \frac{dQ(T)}{T}$$

Sprememba entropije za ireverzibilni proces:

Ireverzibilni prehod iz začetnega v bližnje končno stanje karakteriziramo z dovedeno toploto dQ_i.
Z vrednostjo $\frac{dQ}{T}$ pa je opredeljena sprememba entropije pri prehodu iz začetnega v končno termodinamično stanje, zato sklepamo, da velja neenakost:

$$\frac{dQ}{T} > \frac{dQ_i}{T}$$

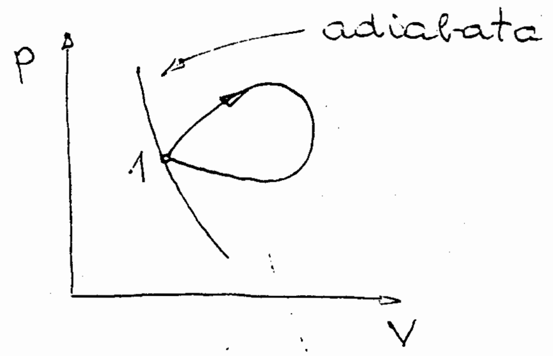
$$dS > \frac{dQ_i}{T}$$



$$\Delta S > \int_1^2 \frac{dQ_i}{T}$$

$$\Delta S = \int_1^2 \frac{dQ(T)}{T}$$

Krožni proces:



Krožni proces se začne in konča v istem termodinamičnem stanju zato je entropija na začetku enaka kakor na koncu.

Za krožni proces je torej sprememba entropije enaka nič:

$$\Delta S = 0$$

1. Sprememba entropije pri reverzibilnem segrevanju vode od tališča do vrelišča:

Če je segrevanje vode reverzibilno in pri stalnem tlaku, je:

$$\Delta S = \int_{T_1}^{T_2} \frac{dQ}{T} = \int_{T_1}^{T_2} \frac{m c_p dT}{T} := m c_p \ln\left(\frac{T_2}{T_1}\right)$$

Tu smo upoštevali, da je specifična toplota konstantna. Sprememba entropije 1 kg vode pri segrevanju od ledišča ~~T_1 do~~ $T_1 = 273$ K do vrelišča $T_2 = 373$ K je:

$$\Delta S = 4{,}2 \cdot 10^3 \ln \frac{373}{273} \frac{J}{K} = 1{,}31 \cdot 10^3 \frac{J}{K}$$

Sprememba entropije za ta primer lahko ocenimo tako, da toploto prehoda $Q = 4{,}2 \cdot 10^5$ J delimo s srednjo temperaturo prehoda:

$$T = \frac{T_1 + T_2}{2} = 323 \text{ K}$$

Dobimo oceno:

$$\Delta S \approx 1{,}30 \cdot 10^3 \frac{J}{K}$$

Rezultat kaže, da je sprememba entropije približno enaka, kakor da bi voda oddala toploto pri srednji temperaturi med lediščem in vreliščem.

2. Adiabatne spremembe stanja idealnega plina:

Adiabatna sprememba je stiskanje ali razpenjanje v termično izoliranem sistemu. Zaradi termične izolacije je dovedena toplota dQ enaka 0 in je zato sprememba notranje energije opredeljena samo z dovedenim delom:

$$dW_n = -p\,dV$$

dW_n opišemo s spremembo temperature:

$$dW_n = \left.\frac{\partial W_n}{\partial T}\right|_{V_k} dT$$

$$\left.\frac{\partial W_n}{\partial T}\right|_{V_k} = m\,c_v$$

$$dW_n = m\,c_v\,dT = -p\,dV$$

Za idealni plin:

$$p = \frac{mRT}{M \cdot V} \quad , \quad \frac{R}{M} = c_p - c_v$$

$$c_v\,dT = -(c_p - c_v)\,T\,\frac{dV}{V}$$

$$\frac{dT}{T} = (1-\varkappa)\,\frac{dV}{V}$$

$$\varkappa = \frac{c_p}{c_v} \qquad \varkappa \ldots \text{adiabatna konstanta}$$

Za zrak pri $T = 273\ K$ je $\varkappa = 1{,}4$

$$\ln\frac{T}{T_0} = (1-\varkappa)\ln\frac{V}{V_0}$$

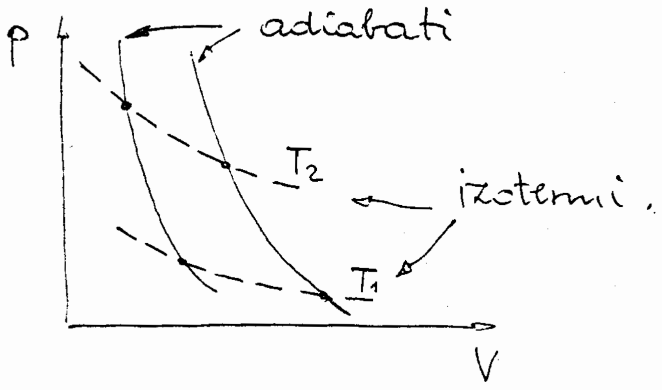
$$T V^{\varkappa-1} = T_0 V_0^{\varkappa-1}$$

$$T \cdot V^{\varkappa-1} = \text{konst.}$$

$$\frac{pV}{T} = \frac{p_0 V_0}{T_0}$$

$$pV^{\varkappa} = p_0 V_0^{\varkappa}$$

$$T p^{\frac{1-\varkappa}{\varkappa}} = T_0 p_0^{\frac{1-\varkappa}{\varkappa}}$$



Delo pri adiabatnem stiskanju idealnega plina:

$$A = -dW_n$$

$$A = \int_1^2 p\,dV = -\int_1^2 dW_n = -\int_1^2 m c_v(T)\,dT$$

če je c_v = konst, je

$$A = m c_v (T_1 - T_2)$$

Enačbo lahko zapišemo takole:

$$A = m c_v T_1 \left(1 - \frac{T_2}{T_1}\right).$$

za c_v vstavimo $c_v(T) = \frac{R}{\varkappa - 1}$, za $\frac{T_2}{T_1}$ pa $\left(\frac{V_1}{V_2}\right)^{\varkappa-1}$

$$A = \frac{mRT_1}{\varkappa - 1}\left(1 - \left(\frac{V_1}{V_2}\right)^{\varkappa-1}\right) =$$

$$= \frac{p_1 V_1}{\varkappa - 1}\left(1 - \left(\frac{V_1}{V_2}\right)^{\varkappa-1}\right) =$$

$$= \frac{1}{\varkappa - 1}\left(p_1 V_1 - p_2 V_2\right)$$

2.

Adiabatna stisljivost idealnega plina:

χ ... stisljivost snovi

Stisljivost snovi definiramo po Hookovem zakonu

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

Prilagajanje snovi na tlak moramo tedaj opisati z adiabatno stisljivostjo.

$$pV^{\kappa} = \text{konst}$$

$$\ln p + \kappa \ln V = \text{konst.}$$

$$\frac{dp}{p} + \kappa \frac{dV}{V} = 0$$

$$\frac{dV}{V} = -\frac{dp}{\kappa \cdot p} = -\chi \cdot dp$$

Za idealni plin je adiabatna stisljivost

$$\chi_a = \frac{1}{\kappa \cdot p}$$

Pri tem je κ adiabatna konstanta, ki je za zrak enaka 1,4. Od izotermne stisljivosti se razlikuje za faktor $\frac{1}{\kappa}$.

3.

Splošni plinski zakon:

Do splošnega plinskega zakona pridemo s pomočjo poskusa: spreminjanje volumna plina pri termičnih spremembah.

V skladu s poskusom opredelimo temperaturo kot fizikalno spremenljivko, ki je sorazmerna tlaku idealnega plina pri konstantnem volumnu:

$$T \propto p \; ; \; V = \text{konst.}$$

$$\frac{T_1}{T_2} = \frac{p_1}{p_2} \; ; \; V = \text{konst.}$$

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

Referenčna temperatura:

$$T_3 = 273{,}16 \text{ K} \qquad [T] = \text{K}$$

$$T_2 = \frac{p_2}{p_3} T_3$$

$T_0 = 273{,}15$ K ... temperatura ledišča vode

Najpogosteje uporabljamo okrajšano vrednost:

$T_0 = 273$ K

$T_v - T_0 = 100$ K

$T_c = T - T_0$

T_c ... Celzijeva temperatura

T ... Kelvinova temperatura

$T_0 = 0°C$

$T_v = 100°C$

$pV = \text{konst.} = C_1$ ... Boyleov zakon

$T \propto p \; ; \; V = \text{konst.}$

$C_1 = C_2 T$

$pV = C_2 T$

$N_L = 6{,}022 \cdot 10^{26}\ kmol^{-1}$ ... Loschmidt – Avogadrovo število

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

$C_2 \propto n$

$C_2 = n \cdot R$

$\boxed{pV = nRT}$ Splošni plinski zakon

R ... plinska konstanta

Pri normalnem tlaku in temperaturi je volumen enega kilomola plina enak $V = 22{,}4\ m^3$. Iz teh podatkov je vrednost plinske konstante

$$R = 8{,}3\ \frac{kJ}{kmol\,K}$$

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

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

$p V_1 = n_1 RT$; $p V_2 = n_2 RT$ ... če zmešamo plina pri enakem tlaku in temperaturi

V_1, V_2 ... delna ali parcialna volumna

$p(V_1 + V_2) = (n_1 + n_2) RT$

$V = V_1 + V_2$

$n = n_1 + n_2$

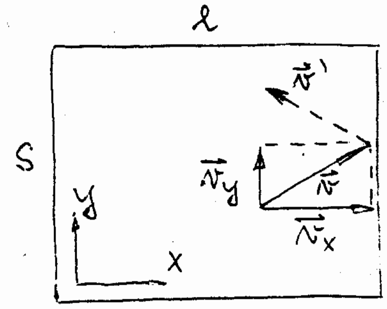
$p \cdot V = nRT$

$p_1 V = n_1 RT$; $p_2 V = n_2 RT$

$p(V_1 + V_2) = (n_1 + n_2) RT$ ⇒ od tu izhaja, da je tlak mešanice enak vsoti delnih tlakov komponent:

$p = p_1 + p_2$

4 Tlak idealnega plina:



vpadna hitrost molekule:

$\vec{v} = (v_x, v_y, v_z)$

po prožnem odboju pri trku pa:

$\vec{v}' = (-v_x, v_y, v_z)$

$$\Delta\vec{v} = \vec{v}' - \vec{v} = -2(v_x, 0, 0)$$

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

$$\Delta t = \frac{2l}{v_x}$$

$$\vec{F} = -\frac{m\Delta\vec{v}}{\Delta t}$$

$$F_x = \frac{m v_x^2}{l}$$

$$p_1 = \frac{F_x}{S} = \frac{m v_x^2}{l\,S} = \frac{m v_x^2}{V}$$

$$p = p_1 + p_2 + p_3 + \dots + p_N = \frac{m}{V}\left(v_{x_1}^2 + v_{x_2}^2 + \dots + v_{x_N}^2\right)$$

$$\overline{v_x^2} = \frac{\sum_i v_{x_i}^2}{N}$$ ... povprečna vrednost kvadrata hitrost

$$p = \frac{m N \overline{v_x^2}}{V}$$

$$\overline{v^2} = \overline{v_x^2} + \overline{v_y^2} + \overline{v_z^2}$$

V mirujočem plinu so vse hitrosti enako verjetne.

$$\overline{v_x^2} = \overline{v_y^2} = \overline{v_z^2}$$

$$\overline{v^2} = 3\,\overline{v_x^2}$$

$$p \cdot V = m N \overline{v_x^2} = m N \frac{\overline{v^2}}{3}$$

$$\overline{W}_k = \frac{m\overline{v^2}}{2}$$

$$pV = N\frac{2}{3}\overline{W}_k$$

Uporabimo splošni plinski zakon

$$pV = nRT$$

$$\overline{W_k} = \frac{m\overline{v^2}}{2} = \frac{3}{2}\frac{n}{N}RT$$

Uvedemo še Loschmidt – Avogadrovo število $N_L = \frac{N}{n}$

$$\overline{W_k} = \frac{3}{2}\frac{RT}{N_L}$$

$$k = \frac{R}{N_L} = 1{,}38 \cdot 10^{-23}\ \frac{J}{K}$$ ... Boltzmannova konstanta

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

Specifična toplota plinov:

$$\frac{m}{2}(v_1^2 + v_2^2 + \ldots + v_N^2) = \frac{m\overline{v^2}}{2}N$$ ... kinetična energija vseh molekul

$$W_n = \frac{m\overline{v^2}}{2}N$$

$$W_n = \frac{m\overline{v^2}}{2}N = \frac{3}{2}nRT = \frac{3}{2}\frac{m_{pl}}{M}RT$$

$$c_v = \frac{1}{m_{pl}}\frac{\partial W_n}{\partial T}\bigg|_V$$ m_{pl}... masa plina

$$c_v = \frac{3}{2}\frac{R}{M}$$

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

$$c_p = \frac{5}{2}\frac{R}{M}$$

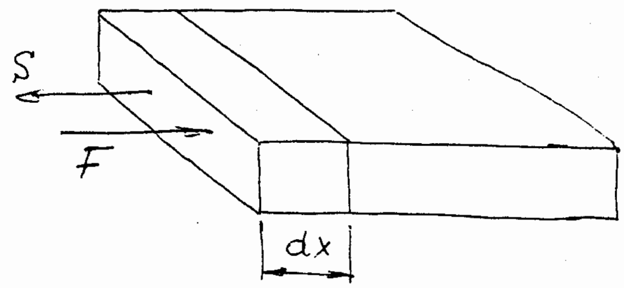
Adiabatna konstanta monoatomskega plina je

$$\varkappa = \frac{c_p}{c_v} = 1{,}67$$

5.

Delo pri kompresiji:

Sila, ki stiska (komprimira) snov, opravlja delo. To delo lahko enostavno izpeljemo v primeru stiskanja snovi v obliki kvadra.



Sila $F = -pS$, ki pri deformaciji kvadra povzroči premik, opravi delo:

$$dA = F\,dx = -pS\,dx = -p\,dV,$$

kjer je $dV = S\,dx$ sprememba volumna. Pri stiskanju je delo pozitivno, ker je $dV < 0$.

Delo pri izotermni kompresiji:

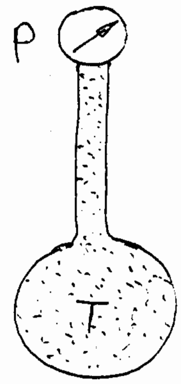
$$A = -\int_{V_1}^{V_2} p\,dV = \int_{V_2}^{V_1} p\,dV$$

$$p_1 V_1 = p_2 V_2 = pV = \text{konst.}$$

$$p = \frac{p_1 V_1}{V}$$

$$A = \int_{V_2}^{V_1} p_1 V_1 \frac{dV}{V} = p_1 V_1 \int_{V_2}^{V_1} \frac{dV}{V} = p_1 V_1 \ln \frac{V_1}{V_2}$$

6. Plinski termometer:



Z manometrom opremljeno bučko, ki vsebuje plin s približno stalnim volumnom, imenujemo plinski termometer. V plinskem termometru uporabljamo redke pline, katerih agregatno stanje se ne spreminja v širokem območju pogojev. Takšen plin imenujemo približno idealni plin, kot primer pa lahko navedem zrak v normalnih razmerah ($p = 1{,}013$ bar, $T = 20°C$). Plinski termometer je zelo natančen, zato ga uporabljamo za umerjanje drugih vrst termometrov.

Absolutna temperatura: ~~[K]~~ $[T] = K$

Definirana je kot spremenljivka sorazmernosti spremembe tlaka, ki je v termičnem ravnovesju s sistemom, kjer merimo temperaturo. Temperaturi T, ki smo jo opredelili s tlakom idealnega plina, pravimo tudi Kelvinova ali termodinamična temperatura. Absolutna temperatura T se meri od absolutne ničle (0,00 K). V preprosti zvezi z njo je Celzijeva temperatura:

$$T_c = T - T_0 ,$$

ki ima enako veliko enoto kakor Kelvinova temperatura, toda premaknjeno lestvico.

Koeficient volumskega termičnega raztezka idealnega plina:

Raztezanje kapljevin pri temperaturnih spremembah opišemo z relativno spremembo $\frac{dV}{V}$ volumna pri stalnem tlaku p:

$$\left.\frac{dV}{V}\right|_p .$$

$$\left.\frac{dV}{V}\right|_p = \gamma\, dT$$

γ ... koeficient volumskega termičnega raztezka snovi

$[\gamma] = K^{-1}$

za idealni plin velja:

$$\left.\frac{dV}{V}\right|_p = \frac{dT}{T}$$

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

pri normalni temperaturi $T = 20^\circ C$ je $\gamma \approx 3 \cdot 10^{-3}\, K^{-1}$

$$\frac{dL}{L} = \alpha\, dT$$

α ... koeficient linearnega termičnega raztezka snovi

$[\alpha] = K^{-1}$

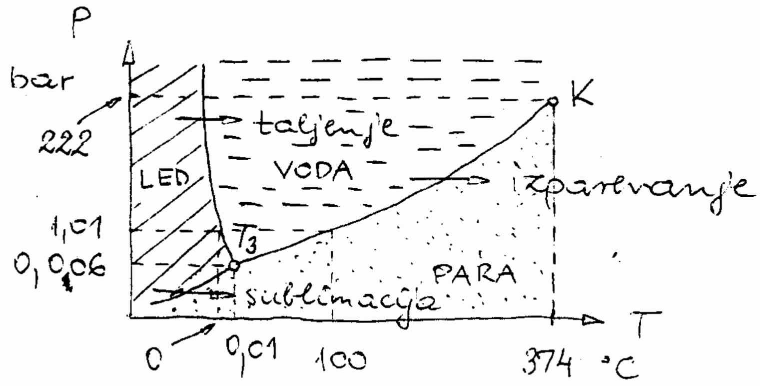
$$V = L^3$$

$$\gamma\, dT = \frac{dV}{V} = \frac{3L^2 dL}{L^3} = 3\frac{dL}{L} = 3\alpha\, dT$$

sledi:

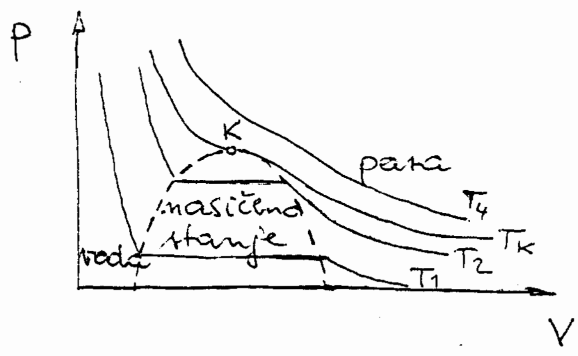
$$\gamma = 3\alpha$$

7. Fazni diagram:



Trojna točka vode:

Voda vre vedno pri nižji temperaturi, če ji znižujemo tlak nad gladino in ko se približamo 0°C, obstaja voda le še v ozkem temperaturnem pasu med lediščem in vreliščem. Ta pas se z znižanjem tlak. oži in približno pri 0,006 bar izgine, tako da začne led direktno prehajati v paro. S temperaturo in tlakom, pri katerih obstajejo hkrati led, voda in para, je definirana TROJNA TOČKA VODE.



$T_4 > T_K > T_2 > T_1$

Kritična točka:

Če imamo vodo pri stalni temperaturi, se pri zniževanju tlaka volumen vode le malo spremin. dokler ne dosežemo tlaka, pri katerem začne vod. vreti. Pri izparevanju se volumen na splošno zelo poveča. Sprememba se zgodi pri stalnem tlaku, ko vsa voda izpari, se para obnaša kakor plin in pri znižanju tlaka se njen volumen poveča. Pri kritični temperaturi pa se volumen pri prehodu iz vode v paro ne spremeni. Iz diagrama lahko vidimo, da se vrelna in rosilna krivulja združita v točki K, ki jo imenujemo KRITIČNA TOČKA.

Specifična talilna toplota snovi:

je toplota, ki jo je potrebno dovesti enoti mase snovi za taljenje. Definiramo jo z izrazom:

$$q_T = \frac{Q_T}{m}$$

Toplota, potrebna za taljenje snovi z maso m je:

$$Q_T = m\, q_T$$

q_T za vodo je: $q_T = c_p \cdot 80°C = 0{,}34 \; \frac{MJ}{kg}$.

Specifična izparilna toplota snovi:

Podobno kakor za taljenje je tudi za izparevanje potrebno dovesti določeno količino toplote, ki jo označimo Q_i. Običajno povemo razmerje te toplote in mase snovi:

$$q_i = \frac{Q_i}{m},$$

ki ga imenujemo specifična izparilna toplota. Pri normalnem tlaku je specifična izparilna toplota vode $2{,}3 \; \frac{MJ}{kg}$. Ker je ta toplota približno 6,75-krat večja od talilne toplote, je voda v vrelišču bolj učinkovit stabilizator temperature kakor v ledišču.

7.

Sprememba volumna in notranje energije:

$dW_n = dQ + dA$ ... 1. zakon termodinamike

$dA = -p dV$

$dW_n = dQ - p dV$

$V = konst.$; $dV = 0$

$dW_n = dQ$

$dW_n = m c_v dT$

$c_v = \frac{1}{m} \frac{\partial W_n}{\partial T}\Big|_V$ ... specifična toplota pri konstantnem volumnu

Pogosto potrebujemo izraz za toploto, dovedeno pri stalnem tlaku.

$dQ = dW_n + p dV$

$p dV = d(pV)$; $p = konst.$

$dQ_p = dW_n + d(pV)$

$dQ_p = d(W_n + pV)$

$H = W_n + pV$ ... entalpija

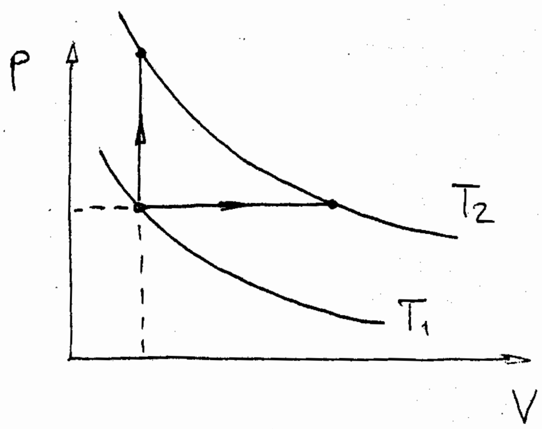
$dQ_p = dH$

$dQ_p = m c_p dT$

$m c_p dT = dH$

$c_p = \frac{1}{m} \frac{\partial H}{\partial T}\Big|_p$ ... specifična toplota pri konstantnem tlaku

Razlika specifičnih toplot za idealni plin:



$dW_n = mc_v dT$ ... za $V = konst.$

$dW_n = mc_p dT - pdV$ ... za $p = konst.$

$pV = \frac{mRT}{M}$; $p = konst.$

$pdV = \frac{m}{M} RdT$

$dW_n = mc_v dT = mc_p dT - \frac{m}{M} RdT$

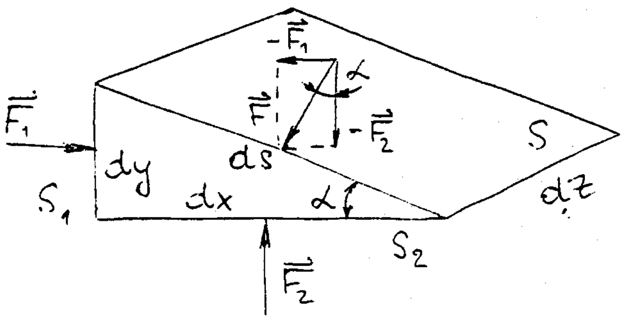
$c_p - c_v = \frac{R}{M}$

$Mc_p - Mc_v = R = C_p - C_v$

$C_v = \frac{3}{2} R$; $C_p = \frac{5}{2} R$ ... molski toplotni kapaciteti

$c_v(T)$; $W_n = m\int_0^T c_v(T)\, dT$

8. Tlak v mirujoči tekočini:



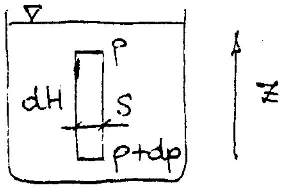
V vodi si zamislimo majhno prizmo in nanjo delujoče sile. Ker prizma miruje, so sile $\vec{F}, \vec{F}_1$ in $\vec{F}_2$ v ravnovesju: $\vec{F} + \vec{F}_1 + \vec{F}_2 = 0$

$$\frac{F_1}{dy} = \frac{F_2}{dx} = \frac{F}{ds} \quad \Big| : dz$$

$$\frac{F_1}{dy\,dz} = \frac{F_2}{dx\,dz} = \frac{F}{ds\,dz}$$

$$\frac{F_1}{S_1} = \frac{F_2}{S_2} = \frac{F}{S} = p$$

Ta enakost pomeni, da je tlak na vseh stranicah prizme enak, kar pomeni, da ni odvisen od smeri, v kateri ga merimo. Tlak v mirujoči tekočini je torej skalarn.



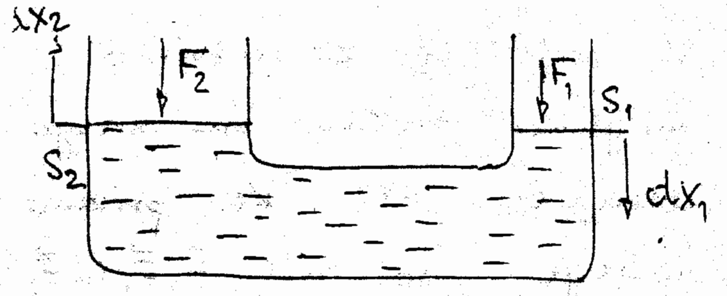
$$dp \cdot S = dmg$$

$$dp = \frac{dmg}{S} = \rho \frac{\cancel{S} dHg}{\cancel{S}} = \rho g h$$

$$dh = -dz \quad , \quad \boxed{dp = -\rho g dz}$$

Tlak z globino linearno narašča, prenese se enakomerno na vse strani posode.

Vezna posoda:



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

$$dA = dA_1 + dA_2$$

$$dA_2 = -dA_1$$

$$dA = -p\,dV_1 - p\,dV_2 =$$

$$= -p\,(dV_1 + dV_2) =$$

$$= -p\,dV$$

$dA = 0$, če kapljevina ni stisljiva

9.

Specifična sprememba prostornine in gostote:

(stisljivost)

$$V = V(p,T) \quad ; \quad m = \rho V = \text{konst.}$$

$$dV = \left(\frac{dV}{dT}\right)_p dT + \left(\frac{\partial V}{\partial p}\right)_T dp \quad \Big| : V$$

$$\frac{dV}{V} = \underbrace{\frac{1}{V}\left(\frac{\partial V}{\partial T}\right)_p}_{\gamma} dT + \underbrace{\frac{1}{V}\left(\frac{\partial V}{\partial p}\right)_T}_{-\lambda} dp$$

$$\boxed{\frac{dV}{V} = \gamma\, dT - \lambda\, dp}$$

λ ... koeficient stisljivosti

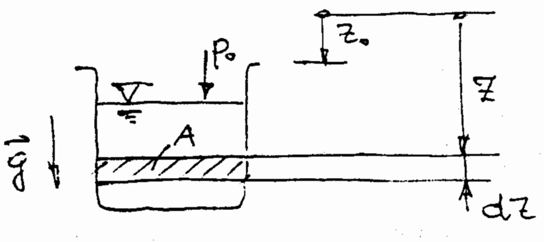
$E = \frac{1}{\lambda}$ ... modul stisljivosti

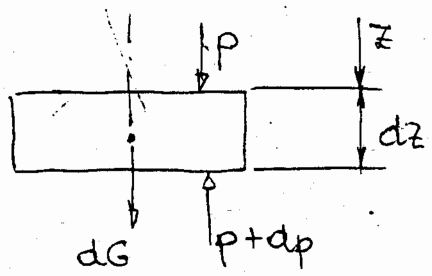
γ ... koeficient specifične volumske temperaturne dilatacije (raztezka)

$$dm = 0 = d\rho\, V + \rho\, dV \quad \Big| \cdot \frac{1}{\rho V}$$

$$\frac{d\rho}{\rho} + \frac{dV}{V} = 0 \Rightarrow -\frac{dV}{V} = \frac{d\rho}{\rho}$$

$$-\frac{dV}{V} = \frac{d\rho}{\rho} = -\gamma\, dT + \lambda\, dp$$





$$\sum dF_{\vec{g}} = 0$$

$$A p - (p + dp) A + dG = 0$$

$$-dp\, A + dG = 0$$

$$dp\, \cancel{A} = dG = \gamma \cancel{A}\, dz = \rho g\, dz \qquad (1)$$

$\boxed{T = \text{konst.}} \Longrightarrow dT = 0$

2) $$\frac{d\rho}{\rho} = \lambda\, dp$$

$$\frac{d\rho}{\rho} = \lambda\, dp = \lambda \rho g\, dz$$

$$\int_{\rho_0}^{\rho} \frac{d\rho}{\rho^2} = \int_{z_0}^{z} \lambda g\, dz$$

$$-\frac{1}{\rho}\Big|_{\rho_0}^{\rho} = \lambda g (z - z_0) \quad \Big| \cdot (-1)$$

$$\frac{1}{\rho} - \frac{1}{\rho_0} = \lambda g (z_0 - z)$$

$$\frac{1}{\rho} = \frac{1}{\rho_0} + \lambda g (z_0 - z) = \frac{1 + \lambda g \rho_0 (z_0 - z)}{\rho_0}$$

$$\boxed{\rho(z) = \frac{\rho_0}{1 + \lambda g \rho_0 (z_0 - z)}}$$

$$dp = \rho g\, dz$$

$$dp = g \frac{\rho_0\, dz}{1 + \lambda g \rho (z_0 - z)}$$

$$\int_{p_0}^{p} dp = p - p_0 = \rho_0 g \int_{z_0}^{z} \frac{dz}{1 + \lambda \rho_0 g (z_0 - z)} = \frac{-1}{\lambda} \int_{1}^{t(z)} \frac{dt}{t} = -\frac{1}{\lambda} \ln t(z)$$

$$t = 1 + \lambda \rho_0 g (z_0 - z) = t(z)$$

$$dt = \lambda \rho_0 g (-dz)$$

$$t_0 = t(z_0) = 1$$

$$t = t(z)$$

9.
Za izotermno preobrazbo ~~nekega~~ idealnega plina:

$$pV = RT$$

$$T = T_0 = konst.$$

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

$$\frac{p}{\rho} = RT_0 = k$$

$$\underline{p = k \cdot \rho}$$

$$dp = k\,d\rho$$

$$\frac{d\rho}{\rho} = -\gamma\,dT + \lambda\,dp \quad , \quad dT = 0$$

$$\frac{dp}{p} = \frac{d\rho}{\rho} = \lambda\,dp$$

$$\frac{\cancel{dp}}{p} = \lambda\,\cancel{dp}$$

$$\boxed{\lambda = \frac{1}{p} \Rightarrow E = p}$$

Za adiabatno spremembo idealnega plina:
(izentropno)

$$pv^{\kappa} = RT$$

$$T = T_0 = konst.$$

$$\frac{p}{\rho^{\kappa}} = RT_0 = k \Rightarrow \left.\begin{array}{l} p = \rho^{\kappa} \cdot k \\ \hline p_0 = \rho_0^{\kappa} \cdot k \end{array}\right\} \frac{p}{p_0} = \left(\frac{\rho}{\rho_0}\right)^{\kappa}$$

$$\boxed{p = p_0 \left(\frac{\rho}{\rho_0}\right)^{\kappa}}$$

$$\frac{dp}{d\rho} = p_0 \frac{1}{\rho_0^{\varkappa}} \varkappa \rho^{\varkappa-1} \cdot \frac{\rho}{\rho}$$

$$\frac{dp}{d\rho} = \underbrace{p_0 \left(\frac{\rho}{\rho_0}\right)^{\varkappa}}_{p} \left(\frac{\varkappa}{\rho}\right)$$

$$dp = \varkappa p \frac{d\rho}{\rho} \quad ; \quad \frac{d\rho}{\rho} = \lambda\, dp$$

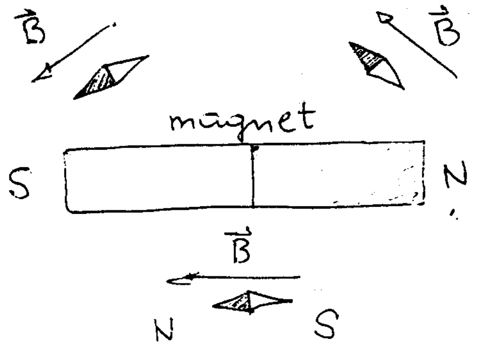
$$\cancel{dp} = \varkappa \cdot p \cdot \lambda \cancel{dp}$$

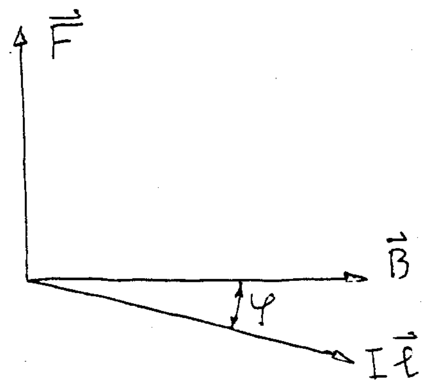
$$\boxed{\lambda = \frac{1}{\varkappa p} \quad \Rightarrow \quad E = \varkappa \cdot p}$$

Pri tem je $\varkappa$ adiabatna konstanta, ki je za zrak enaka 1,4. Od izotermne stisljivosti se razlikuje za faktor $\frac{1}{\varkappa}$.

1. Magnetna poljska gostota:

- opredelitev smeri magnetne poljske gostote z magnetno iglo





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

$$F = I\ell B \sin\varphi$$

$$\varphi \neq 0 \Rightarrow B = \frac{F}{I\ell \sin\varphi}$$

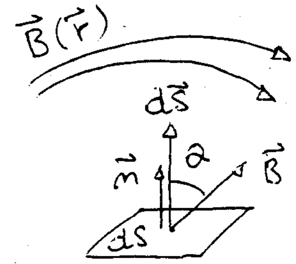
Glede na ta izraz sklepamo, da lahko določimo velikost magnetne poljske gostote B tako, da izmerim silo, tok in dolžino tokovodnika, ki leži na smer pravokotno in izračunamo kvocient

$$B = \frac{F}{I\ell}$$

$$[B] = \frac{N}{Am} = \frac{Vs}{m^2} = T$$

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

Pretok magnetnega polja ϕ_m:



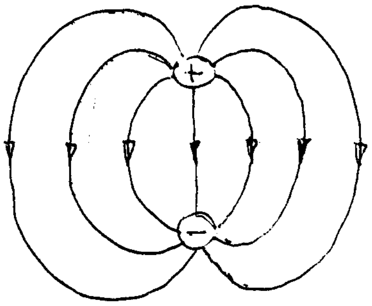
$d\vec{S} = \vec{n}\, dS$

$$d\phi_m = \vec{B}\, d\vec{S} = B \cdot dS \cdot \cos\alpha$$

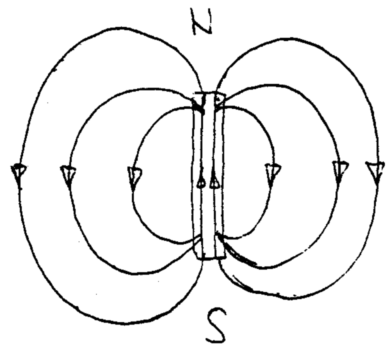
$$\phi_m = \iint_S \vec{B}\, d\vec{S}$$

$[\phi_m] = Vs = Wb$ = weber

$\oint\!\!\oint \vec{D}\, d\vec{S} = Q$ pri električnem polju



električni dipol



magnetni dipol

(podobnost porazdelitve silnic)

$$\boxed{\phi_m = \oint\!\!\oint \vec{B}\, d\vec{S} = 0}$$ osnovni zakon magnetostatike

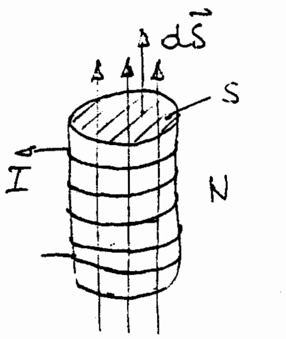
Integral B po zaključeni ploskvi je enak 0, kar pomeni, da ni magnetnega naboja, ker so smernice pri magnetnem polju sklenjene.
To pomeni, da toliko smernic, kolikor jih vstopi v ploskev, tudi iz nje izstopi.

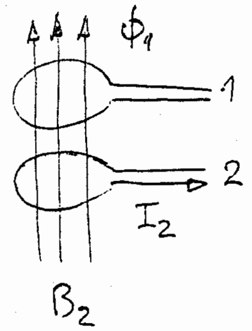
1.

Induktivnost tuljave:

$$\phi_{m_1} = \int_S \vec{B} \cdot d\vec{S}$$

$$\phi_{m_1} = \vec{B} \cdot \vec{S} = \vec{B} \cdot \vec{n} \cdot S = B \cdot S$$





$$B = \mu \mu_0 \frac{N I}{l}$$

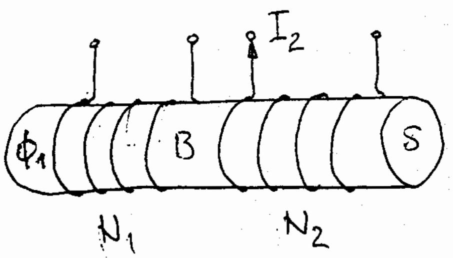
$$\phi_{m_1} = \mu \mu_0 \frac{N I}{l} S$$

$$\phi_m = N \phi_{m_1} = \mu \mu_0 S \frac{N^2 I}{l}$$

$$L = \mu \mu_0 \frac{N^2 S}{l}$$ ... lastna induktivnost tuljave

$$[L] = \frac{Vs}{A} = H = \text{henry}$$

$$\phi_m = L \cdot I$$



$$B = \mu \mu_0 \frac{N_2 I_2}{l_2}$$

$$\phi_{m_1} = N_1 B S = \mu \mu_0 S N_1 \frac{N_2 I_2}{l_2} = L_{12} I_2$$

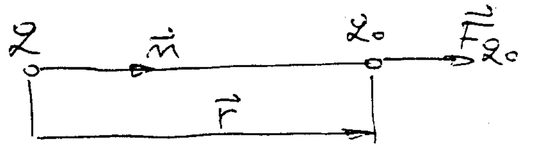
$$L_{12} = \mu \mu_0 S \frac{N_1 N_2}{l_2}$$ ... induktivnost sklopljenih tuljav

2.

Električna poljska jakost:

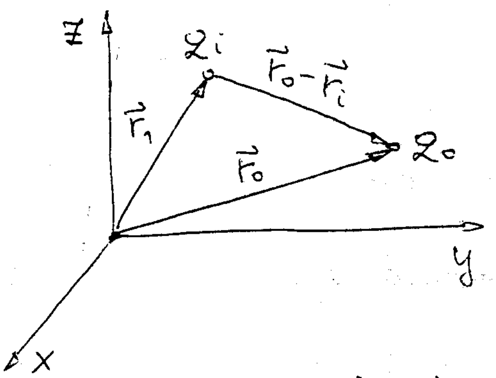
$$F = \frac{Q_0 Q_1}{4\pi\varepsilon_0 r^2} \quad \ldots \text{ Coulombov zakon}$$

$$F_{Q_0} = \frac{Q_0 Q}{4\pi\varepsilon_0 r^2}$$



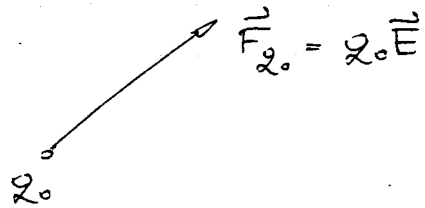
$$\vec{n} = \frac{\vec{r}}{r}$$

$$\vec{F}_{Q_0} = \frac{Q_0 Q}{4\pi\varepsilon_0} \frac{\vec{n}}{r^2} = \frac{Q_0 Q}{4\pi\varepsilon_0} \frac{\vec{r}}{r^3}$$



$$\vec{n}_{i0} = \frac{\vec{r}_0 - \vec{r}_i}{|\vec{r}_0 - \vec{r}_i|}$$

$$\vec{F}_{i0} = \frac{Q_0 Q_i}{4\pi\varepsilon_0} \frac{\vec{r}_0 - \vec{r}_i}{|\vec{r}_0 - \vec{r}_i|^3}$$



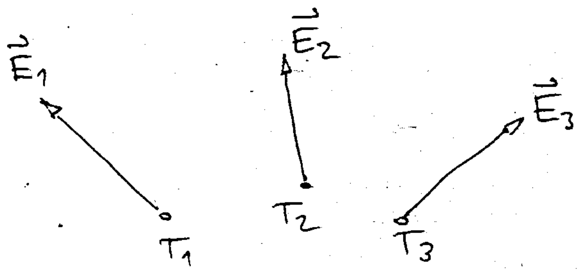
$$\vec{F}_{Q_0} = \frac{Q_0}{4\pi\varepsilon_0} \sum_{i=1}^{N} Q_i \frac{\vec{r}_0 - \vec{r}_i}{|\vec{r}_0 - \vec{r}_i|^3} = Q_0 \vec{E}$$

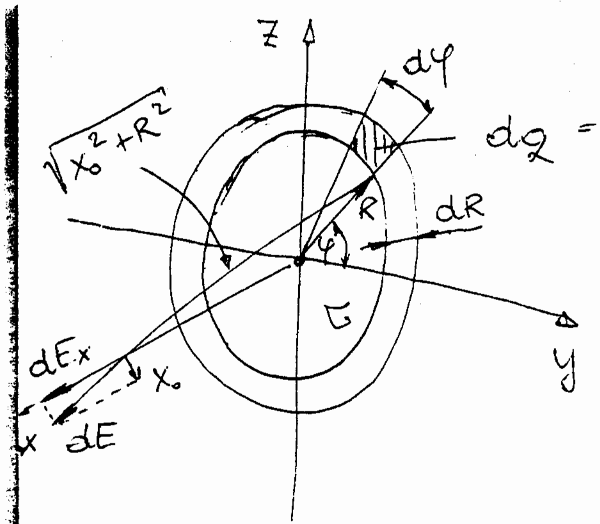
$$\vec{E} = \frac{\vec{F}_{Q_0}}{Q_0} = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \sum_{i=1}^{N} \frac{\vec{r}_0 - \vec{r}_i}{|\vec{r}_0 - \vec{r}_i|^3} Q_i \quad \ldots \text{ električna poljska jakost}$$

$$[E] = \frac{N}{As} = \frac{V}{m}$$

$$\vec{E} = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \int_V \frac{\vec{r}_0 - \vec{r}}{|\vec{r}_0 - \vec{r}|^3} \, dQ(\vec{r})$$

$$\vec{E} = \frac{\vec{F}_{Q_0}}{Q_0}$$





$$\frac{dq}{dS} = \sigma$$

$$[\sigma] = \frac{As}{m^2}$$

σ... površinska gostota naboja

$$dS = R\,dR\,d\varphi$$

$r_0(x_0, 0, 0)$, $\vec{r} = (0, y, z)$

$\vec{E} = (E_x, 0, 0)$

$$E_x = \int dE_x = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\int \frac{x_0}{|\vec{r}_0 - \vec{r}|^3}\,dq(\vec{r}) = \frac{x_0\sigma}{4\pi\varepsilon_0}\int_0^\infty\int_0^{2\pi} \frac{R\,dR\,d\varphi}{(x_0^2+R^2)^{\frac{3}{2}}}$$

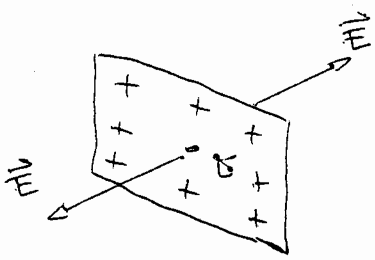
$$E_x = \frac{x_0\sigma}{4\pi\varepsilon_0}\cdot 2\pi\int_0^\infty \frac{R\,dR}{(x_0^2+R^2)^{\frac{2}{3}}}$$

$s^2 = x_0^2 + R^2$

$s\,ds = R\,dR$

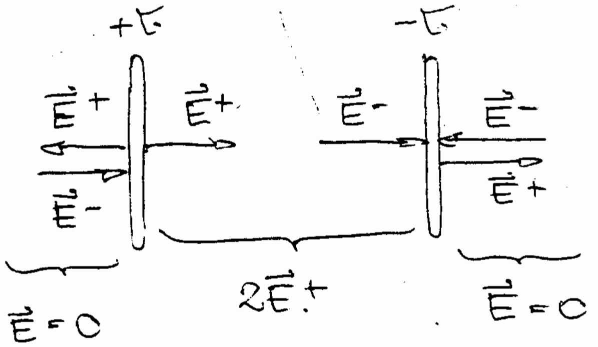
$$E_x = \frac{x_0\sigma}{2\varepsilon_0}\int_{x_0}^\infty \frac{s\,ds}{s^3} = \frac{x_0\sigma}{2\varepsilon_0}\int_{x_0}^\infty \frac{1}{s^2}\,ds = \frac{x_0\sigma}{2\varepsilon_0}\left(-\frac{1}{s}\right)\Big|_{x_0}^\infty$$

$$E_x = \frac{\cancel{x_0}\sigma}{2\varepsilon_0\cancel{x_0}} = \frac{\sigma}{2\varepsilon_0}$$



Električna poljska jakost je neodvisna od razdalje x in je usmerjena proč od pozitivno nabite plošče.

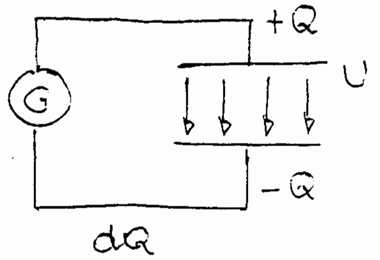
Električna poljska jakost v ploščatem kondenzatorju:



Znotraj: $E = E^+ + E^- = 2E^+ = \dfrac{\sigma}{\varepsilon_0}$

Zunaj: $E = E^+ + E^- = 0$

3. Delo pri polnjenju kondenzatorja :

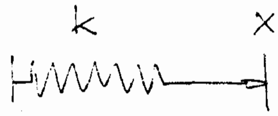


$$Q = CU$$

$$dQ = C\,dU$$

$$dA = U\,dQ = CU\,dU$$

$$A = \int_0^U CU\,dU = \frac{CU^2}{2}$$



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

$$U = E \cdot l \quad ; \quad C = \varepsilon\varepsilon_0 \frac{S}{l}$$

$$A = \varepsilon\varepsilon_0 l S \frac{E^2}{2} = W_e$$

Nabit kondenzator vsebuje ustrezno električno energijo W_e, ki je enaka vloženemu delu pri polnjenju kondenzatorja.

$$\frac{W_e}{V} = \frac{\varepsilon\varepsilon_0 E^2}{2} = \frac{\vec{D}\cdot\vec{E}}{2}$$

Ko je v kondenzatorju vakuum, je dielektričnost $\varepsilon = 1$ in gostota energije :

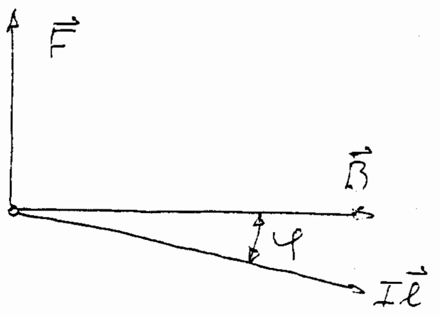
$$\frac{W_e}{V} = \frac{dW_e}{dV} = \frac{\varepsilon_0 E^2}{2}$$

$\frac{\varepsilon_0 E^2}{2}$ ... gostota energije električnega polja.

4.

Sila na naboj v magnetnem polju:

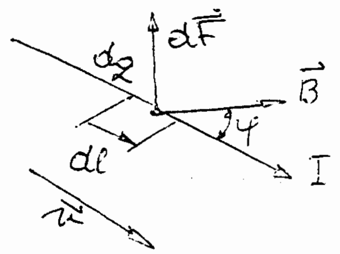
Ustrezni izraz izpeljemo iz izraza za silo na tokovodnik, po katerem teče tok I v magnetnem polju s poljsko gostoto $\vec{B}$.



$$\vec{F} = I \cdot \vec{l} \times \vec{B}$$

$$F = IlB\sin\varphi$$

Vzemimo odsek tokovodnika z dolžino dl. V času dt naj preleti ta odsek naboj dq, tako da je ustrezni tok $I = \frac{dq}{dt}$.



$$d\vec{F} = I\, d\vec{l} \times \vec{B}$$

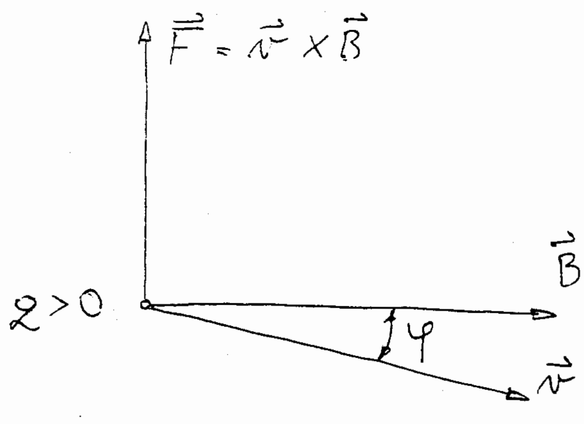
$$I = \frac{dq}{dt}$$

$$d\vec{F} = \frac{dq}{dt}\, d\vec{l} \times \vec{B}$$

$$\frac{d\vec{l}}{dt} = \vec{v}$$

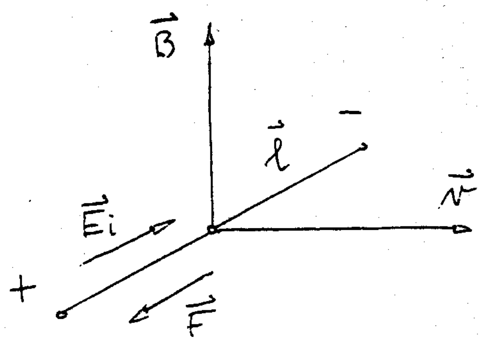
$$d\vec{F} = dq\, \vec{v} \times \vec{B}$$

$$\vec{F} = q\, \vec{v} \times \vec{B}$$



Silo, ki deluje na gibajoči se naboj v magnetnem polju, imenujemo Lorenzova sila.

5\. Inducirana napetost:



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

$$\vec{F} + q\vec{E}_i = 0$$

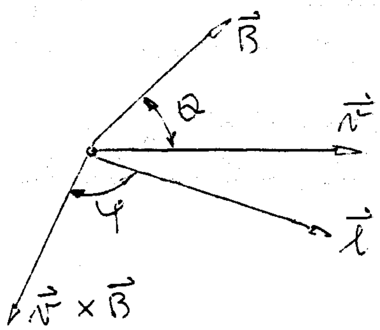
stacionarno stanje

$$\vec{E}_m = \frac{\vec{F}}{q} = \vec{v} \times \vec{B}$$

$$\vec{E}_i = -\vec{v} \times \vec{B}$$

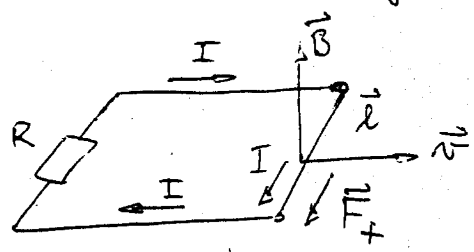
$$U_i = -\int \vec{E}_i d\vec{l} = -\vec{E}_i \cdot \vec{l} = \vec{l}\,(\vec{v} \times \vec{B})$$

$$U_i = (\vec{l}, \vec{v}, \vec{B})$$



$$U_i = l \cdot v \cdot B \cos\varphi \sin\alpha$$

Moč induciranega toka:



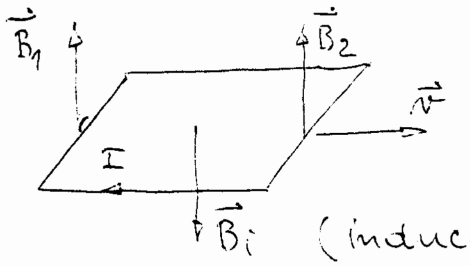
$$\vec{F}_I = I\vec{l} \times \vec{B}$$

$$\vec{F}_I = -\vec{F}_{meh}$$

$$P = \vec{F}_{meh} \cdot \vec{v} = -\vec{F}_I \cdot \vec{v} = -I(\vec{l} \times \vec{B}) \cdot \vec{v} = I\,(\vec{l}, \vec{v}, \vec{B}) = I \cdot U_i$$

Pri premikanju tokovodnika v magnetnem polju se inducira v njem električni tok tako, da magnetna sila zaradi tega toka zavira gibanje tokovodnika.

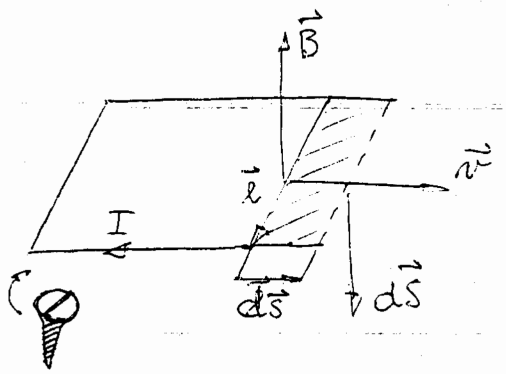
Lenzovo pravilo: magnetno zaviranje
(padanje ploščice v magnetnem polju)



$\vec{B}_2 > \vec{B}_1$

(inducirana gostota magnetnega polja)

Indukcijski zakon:



$d\vec{s} = \vec{v}\,dt$

$$
\begin{aligned}
U_i &= (\vec{l}, \vec{v}, \vec{B}) = \\
&= \left(\vec{l}, \frac{d\vec{s}}{dt}, \vec{B}\right) = \\
&= \left(\vec{l} \times \frac{d\vec{s}}{dt}\right) \cdot \vec{B} = \\
&= \frac{1}{dt} \left(\vec{l} \times d\vec{s}\right) \cdot \vec{B} = \\
&= -\frac{1}{dt}\, d\vec{S} \cdot \vec{B}
\end{aligned}
$$

$\phi_m = \vec{B} \times \vec{S}$

$d\phi_m = \vec{B} \times d\vec{S}$

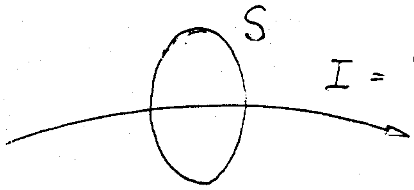
$$\boxed{U_i = -\frac{d\phi_m}{dt}}$$

splošna oblika indukcijskega zakona

6.

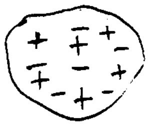
Električni tok:

$$I = \frac{dQ}{dt}$$



$$I = \frac{dQ}{dt}$$

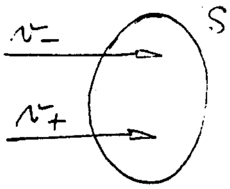
$$[I] = \frac{Coul}{s} = \frac{A\cancel{s}}{\cancel{s}} = A$$



$$\rho_+ = \frac{dQ_+}{dV}$$

$$\rho_- = \frac{dQ_-}{dV}$$

$$dQ = dQ_+ + dQ_- = S(\rho_+ v_+ + \rho_- v_-)\,dt$$



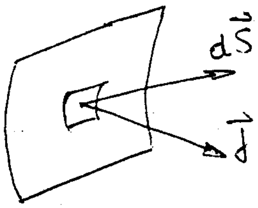
$$I = \frac{dQ}{dt} = S(\rho_+ v_+ + \rho_- v_-)$$

$$\rho_+ = -\rho_- = \rho \ ; \ I = S\rho\,(v_+ - v_-)$$

$$j = \frac{I}{S} = \rho\,(v_+ - v_-)$$; j... gostota električnega toka

$$[j] = \frac{A}{m^2}$$

$$\vec{j} = \rho_+ \vec{v}_+ - \rho_- \vec{v}_-$$



$$d\vec{S} = \vec{n}\,dS$$

$$dI = \vec{j}\,d\vec{S}$$

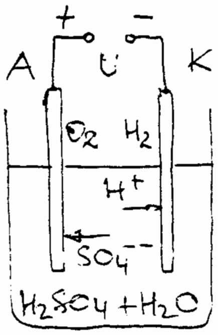
$$I = \iint_S \vec{j}\,d\vec{S}$$

$$\boxed{\frac{dQ}{dt} = \oiint \vec{j}\cdot d\vec{S}}$$

kontinuitetna enačba za električni tok

Faradayev zakon :

elektroliza vode



$m \propto I \cdot t = Q$

$n = \frac{m}{M} \cdot z$ z... ekvivalenca snovi z (valenca)

$n = \frac{Q}{Q_F}$ Q_F... Faradayev naboj

$Q_F = 9{,}6 \cdot 10^7\ As$

$$\frac{m}{M} \cdot z = \frac{I \cdot t}{Q_F}$$

$$\boxed{m = \frac{M}{z \cdot Q_F} \cdot I \cdot t}$$

Faradayev zakon elektrolize

$I = \frac{m}{M} \cdot \frac{Q_F}{t} \cdot z$ – osnova za merjenje toka

Iz Faradayevega zakona izhaja, da izloči tok 1 A v eni sekundi 1,118 mg srebra iz raztopine srebrovega nitrata $AgNO_3$.

En kilogramekvivalent enovalentne snovi vsebuje Loschmidt - Avogadrovo število N_L atomov. Pri elektrolizi je treba prenesti Faradayev naboj za izločanje ustrezne mase snovi, zato je za izločenje enega atoma enovalentne snovi treba prenesti naboj:

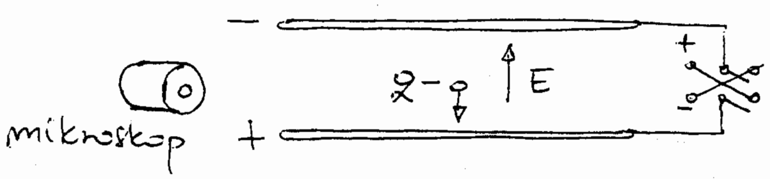
$$e_0 = \frac{Q_F}{N_L} = 1{,}6 \cdot 10^{-19}\ As$$

6.

Millikanov poskus:

Postopek poskusa:

Z mikroskopom opazujemo gibanje razpršenih oljnih kapljic med ploščama kondenzatorja. Ko priključimo na plošči električno napetost, opazimo, da se vertikalna komponenta hitrosti nekaterih kapljic spremeni. Zato sklepamo, da se nekatere kapljice naelektrijo pri drgnjenju med razpršitvijo. Naboj kapljice lahko določimo iz podatkov o njenem gibanju.

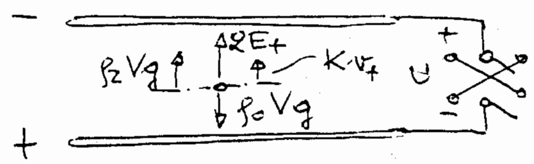


pretikalo za obračanje napetosti

Če je gibanje kapljice enakomerno, je vsota vseh sil (teža, vzgon, viskozni upor zraka in električna sila) enaka nič:

$$(\rho_o - \rho_z)V\vec{g} - e\vec{E} - K\vec{v} = 0$$

$$K = 6\pi r\eta \quad ; \quad \rho_o - \rho_z = \Delta\rho$$



$$\Delta\rho V\vec{g} + e\vec{E} + K\cdot\vec{v}_+ = 0$$

$\vec{E} \to -\vec{E}$

$$\Delta\rho V\vec{g} - e\vec{E} + K\cdot v_- = 0$$

Enačbi seštejemo in dobimo polmer kapljice:

$$r = \sqrt{\frac{9\eta(v_+ - v_-)}{\Delta\rho g}}$$

Enačbi še odštejemo in dobimo izraz za naboj kapljice:

$$Q = \frac{K(v_- + v_+)}{2E}$$

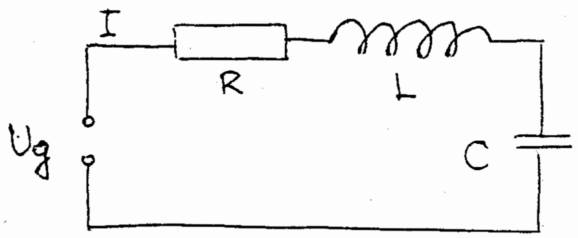
Millikan je določil naboj kapljice na osnovi merjenja hitrosti kapljice in električne poljske jakosti. Ugotovil je, da so naboji kapljice vedno celoštevilčni mnogokratnik osnovnega ali elementarnega naboja $N Q_0$, ki je

$$Q_0 = 1{,}6 \cdot 10^{-19}\ As$$

Vrednost za Loschmidt - Avogadrovo število dobimo iz eksperimentalnih podatkov o elementarnem in Faradayevem naboju.

$$N_L = \frac{Q_F}{Q_0} = 6{,}022 \cdot 10^{26}\ \frac{delcev}{kmol}$$

7. Električni nihajni krog:



$$U_g - RI - L\frac{dI}{dt} = U_c$$

$$I = \frac{dQ}{dt} = C\frac{dU_c}{dt}$$

$$LC\frac{d^2U_c}{dt^2} + RC\frac{dU_c}{dt} + U_c = U_g \quad \Big| \frac{1}{LC}$$

$$\frac{d^2U_L}{dt} + 2\beta\frac{dU_c}{dt} + \omega_0^2 U_c = \omega_0^2 U_g = \omega_0^2 U_{g_0} \sin\omega t$$

$$\omega_0^2 = \frac{1}{LC} \quad ; \quad 2\beta = \frac{R}{L}$$

Energija električnega nihajnega kroga:

$$W = \frac{LI^2}{2} + \frac{CU_c^2}{2} = \frac{LI_0^2}{2} = \frac{CU_0^2}{2}$$

$$I = C\frac{dU_c}{dt}$$

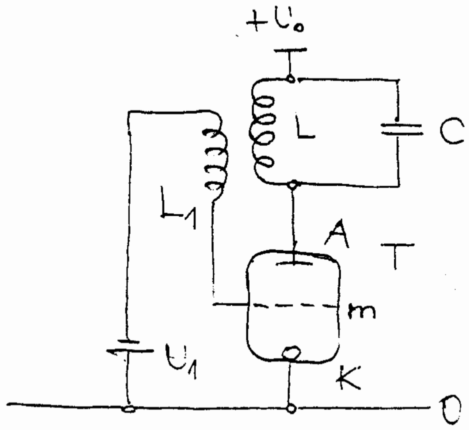
$$U(t) = U_0 \sin(\omega_0 t + \varphi_0)$$

$$I(t) = I_0 \cos(\omega t + \varphi_0)$$

$$I_0 = C\omega U_0$$

Energija, ki jo vsebuje električni nihajni krog, se pretvarja iz magnetne energije tuljave v električno energijo kondenzatorja in nazaj.

Električni oscilator :



Električni oscilator ima veliko lastno frekvenco (majhno kapacitivnost in induktivnost). Zaradi majhne tuljave se magnetno polje močno razširja v okolico. Če v to magnetno polje položimo tuljavo drugega nihajnega kroga, se v njej inducira električni tok. Nihanje v oscilatorju je samovzbujeno, podobno kakor prevesno nihanje kanjice, ki se polni z vodo.

Resonančna frekvenca:

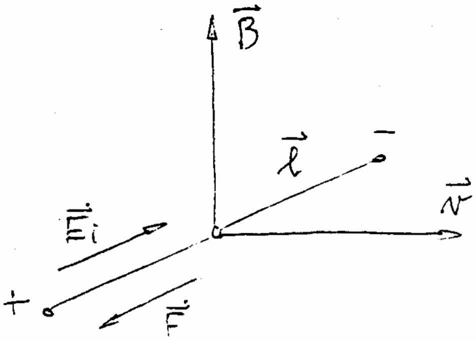
$$\omega_{max}^2 = \omega_0^2 - 2\gamma^2$$

γ ... dušenje

ω_0 ... lastna frekvenca

ω_{max} ... resonančna frekvenca

8. Inducirana napetost :

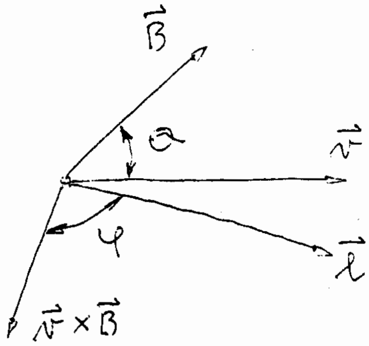


$$\vec{F} = q\vec{v} \times \vec{B}$$

$$\vec{F} + q\vec{E}_i = 0$$

stacionarno stanje

$$\vec{E}_m = \frac{\vec{F}}{q} = \vec{v} \times \vec{B}$$

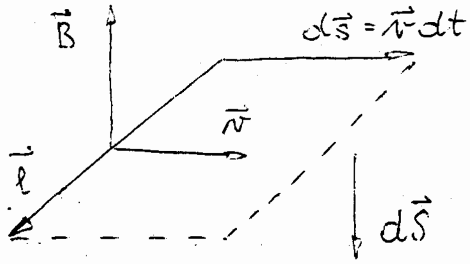


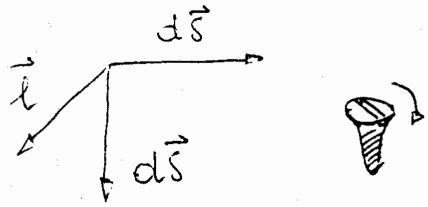
$$\vec{E}_i = -\vec{v} \times \vec{B}$$

$$U_i = -\vec{E}_i \cdot \vec{l} = \vec{l}\,(\vec{v} \times \vec{B})$$

$$U_i = (\vec{l}, \vec{v}, \vec{B})$$

$$U_i = l \cdot v \cdot B \cos\varphi \sin\alpha$$





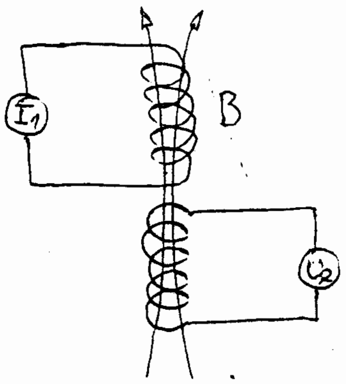
$$U_i = -(\vec{l}, \vec{v}, \vec{B}) = (\vec{l}, \frac{d\vec{s}}{dt}, \vec{B}) =$$

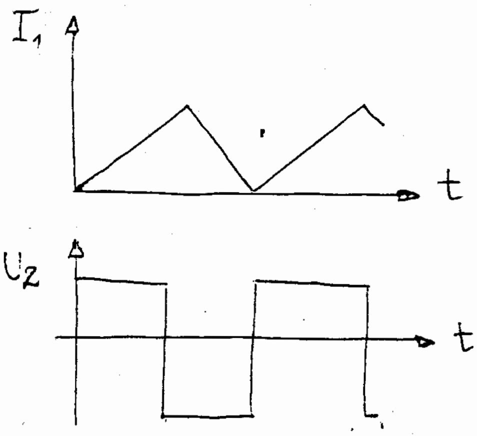
$$= \frac{1}{dt}(d\vec{s} \times l) \cdot \vec{B} = -\frac{1}{dt}\, d\vec{S} \cdot \vec{B}$$

$$d\vec{S} = d\vec{s} \times l$$

$$\Phi_m = \vec{S} \cdot \vec{B}$$

Spreminjanje magnetnega pretoka z električnim tokom v prvi tuljavi in indukcija električne napetosti v drugi





Tok v prvi tuljavi povzroči linearno naraščanje magnetnega polja. Inducirana napetost je konstantna v območju, kjer se s časom linearno spreminja magnetni pretok.

$$U_i = -\frac{d\phi_m}{dt} = -\frac{\mu_0 N S}{l} \cdot \frac{dI}{dt}$$

Kapacitivni upor:

$R=0$, $L=0$, $C \neq 0$

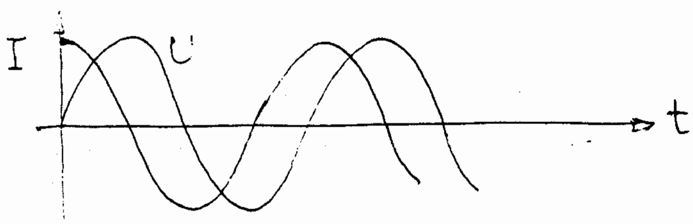
$t_0 = 0 \rightarrow Q(t) = CU_0 \sin \omega t \quad \Big| \frac{d}{dt}$

$I = I_0 \cos \omega t$

$I_0 = \omega C U_0$

$I_0 = \frac{U_0}{R_C}$

$$\boxed{R_C = \frac{1}{\omega C}}$$



Induktivni upor:

$R=0$, $L \neq 0$, $\frac{1}{C} = 0$

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

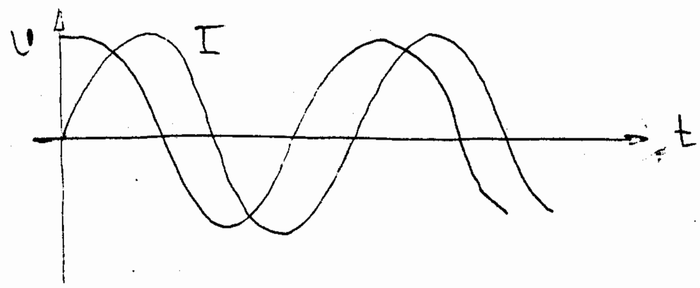
$\frac{L\,dI}{dt} = U_0 \cos \omega t$

$I = \frac{U_0}{\omega L \sin \omega t} + C \qquad I(U_0 = 0) = 0 \Rightarrow C = 0$

$I_0 = \frac{U_0}{\omega L}$

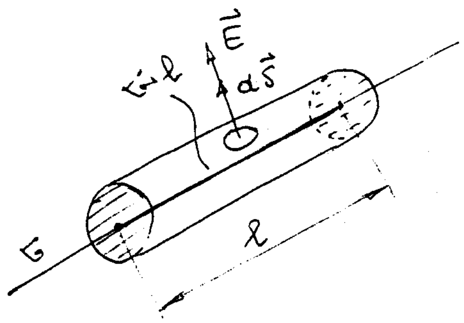
$I_0 = \frac{U_0}{R_L}$

$$\boxed{R_L = \omega L}$$



9\.

Električna poljska jakost na razdalji r od dolge ravne žice:



$$\varepsilon_0 \oint \vec{E}\, d\vec{S} = \sum Q_i$$

$$\varepsilon_0 E \oint dS = \tau \cdot l$$

$$\varepsilon_0 \cdot E \cdot 2\pi r \cdot l = \tau \cdot l$$

$$\boxed{E = \frac{\tau}{2\pi r \varepsilon_0}}$$

10.

Magnetna poljska jakost in magnetna napetost:

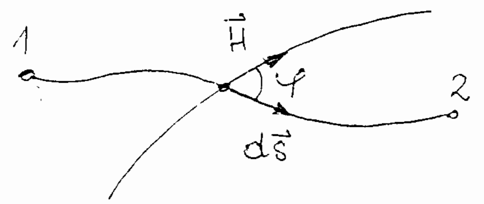
$\vec{B} = \mu_0 \cdot \vec{H}$

$[H] = \frac{A}{m}$ H... magnetna poljska jakost

$H = \frac{NI}{l}$ v dolgi tuljavi

$H = \frac{1}{2\pi} \frac{I}{R}$ ob premem vodniku

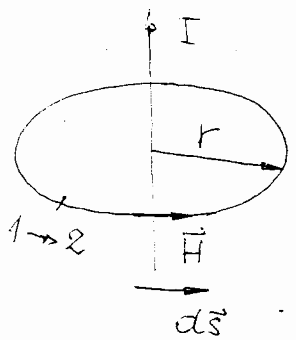
$\vec{H} = \frac{I}{4\pi} \int_C \frac{\vec{r} \times d\vec{l}(\vec{r})}{r^3}$ ob poljubno oblikovanem vodniku C.



$dU_m = \vec{H} \cdot d\vec{s} = H\,ds\cos\varphi$

$U_m = \int_C \vec{H}\,d\vec{s}$

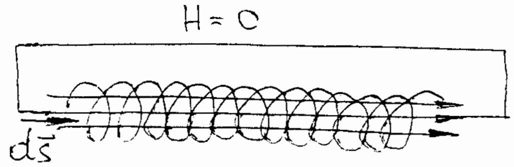
$[U_m] = A$



$U_m = \oint \vec{H}\,d\vec{s} = \oint H\,ds = H \oint ds = H \cdot 2\pi r$

Za ravni tokovodnik je

$H = \frac{I}{2\pi r}$



$$H = \frac{NI}{l}$$

$$U_m = \frac{I\,2\pi r}{2\pi r} = I$$

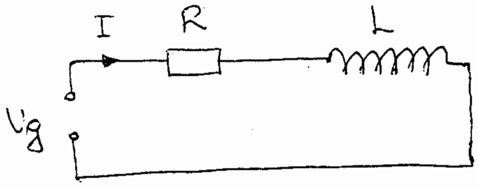
$$U_m = H \cdot l = \frac{NIl}{l} = NI$$

Magnetna napetost po sklenjeni zanki je enaka objetemu toku.

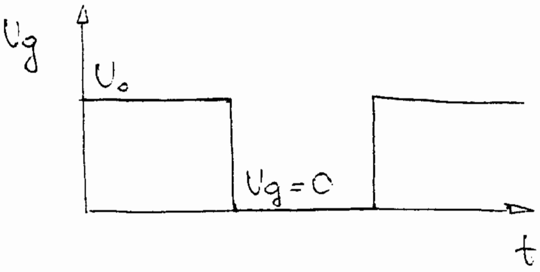
$$\boxed{\oint \vec{H}\, d\vec{s} = I}$$

11. $_{RL}$ vezje:

$R \neq 0$, $L \neq 0$, $\frac{1}{C} \cong 0$



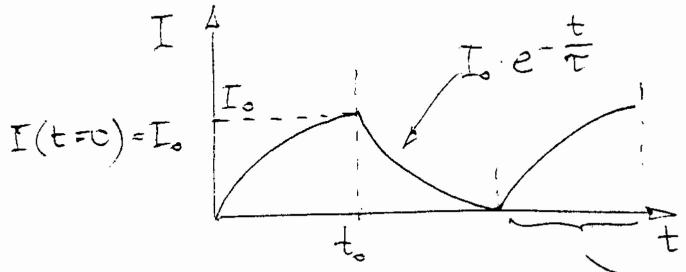
$$L\frac{dI}{dt} + RI = U_g(t)$$



$$L\frac{dI}{dt} + RI = 0$$

$$\int_{I_0}^{I(t)} \frac{dI}{I} = -\frac{R}{L}\int_0^t dt$$

$$\ln\frac{I(t)}{I_0} = -\frac{R}{L}\cdot t$$



$$\frac{I(t)}{I_0} = e^{-\frac{t}{\tau}}$$

$$I(t) = I_0\, e^{-\frac{t}{\tau}}$$

$\tau = \frac{L}{R}$ ... relaksacijski čas

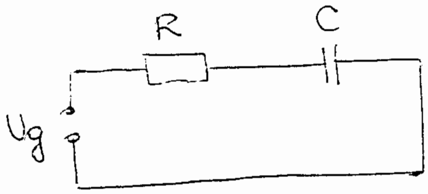
$$I(t) = I_0\left(1 - e^{-\frac{t}{\tau}}\right)$$

$$\frac{dI}{dt} \cong 0 \Rightarrow RI_0 = U_g$$

$$I_0 = \frac{U_{g0}}{R}$$

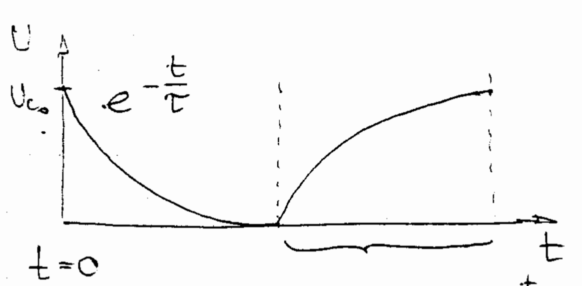
RC vezje:

$R \neq 0$, $L = 0$, $C \neq 0$



$$RI + \frac{Q}{C} = U_g$$

$$U_c = \frac{Q}{C}$$



$$Q = C\cdot U_c \;\Big|\; \frac{d}{dt}$$

$$I = C\frac{dU_c}{dt}$$

$$U_c = U_{c0}\left(1 - e^{-\frac{t}{\tau_c}}\right)$$

$$RC\frac{dU_c}{dt} + U_c = U_g$$

$$U_{c0} = U_{g0}$$

$$\tau_c\frac{dU_c}{dt} + U_c = 0$$

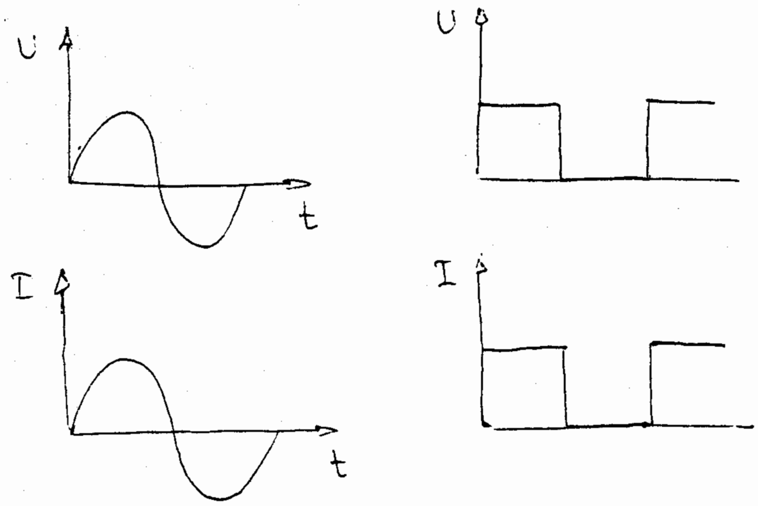
$$\int_{U_{c0}}^{U(t)} \frac{dU_c}{U_c} = -\int_0^t \frac{dt}{\tau_c} \Rightarrow U_c(t) = U_{c0}\cdot e^{-\frac{t}{\tau}}$$

R vezje:

$L = 0$, $\frac{1}{C} = 0 \Rightarrow C = \infty$

$$L\frac{dI}{dt} + RI + \frac{Q}{C} = U_g$$

$$RI = U_g \Rightarrow I = \frac{U_g}{R}$$



$$\left.\begin{array}{l} U_g = U_0 \cos \omega t \\ I = I_0 \sin \omega t \end{array}\right\} I_0 = \frac{U_0}{R}$$

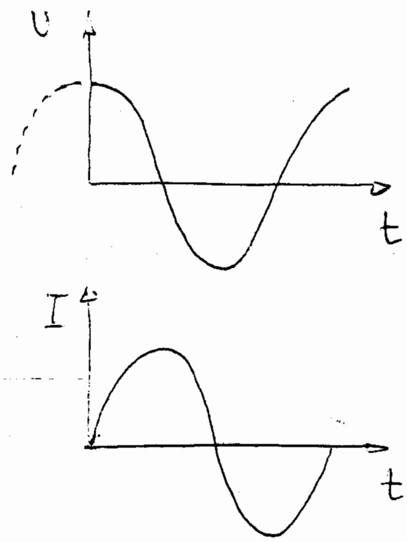
L vezje:

$R = 0$, $\frac{1}{C} = 0$, $L \neq 0$

$$L\frac{dI}{dt} = U_g = U_0 \cos \omega t$$

$$LI = \frac{U_0}{\omega} \sin \omega t = \frac{U_0 \sin \omega t}{L\omega} = I \sin \omega t$$

$$I_0 = \frac{U_0}{L\omega} = \frac{U_0}{R_L} \quad ; \quad R_L = L\omega$$



C vezje:

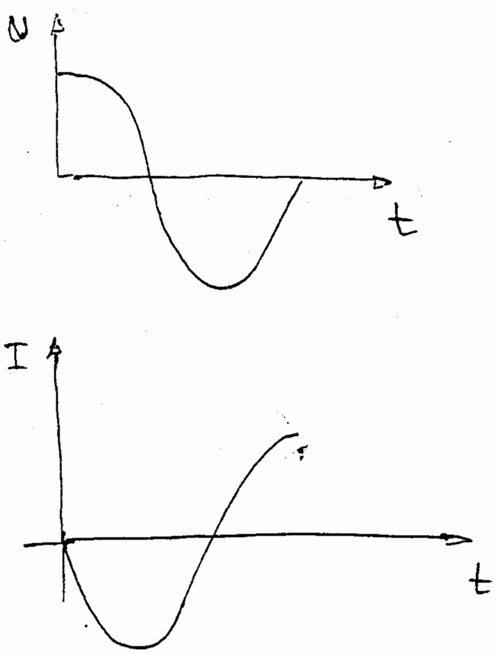
$R = 0$, $L = 0$, $C \neq 0$

$$Q = C \cdot U_g = C \cdot U_0 \cos \omega t \; \Big| \frac{d}{dt}$$

$$I = -C\omega U_0 \sin \omega t = -I_0 \sin \omega t$$

$$I_0 = C\omega U_0 = \frac{U_0}{R_C}$$

$$R_C = \frac{1}{\omega C}$$



- tok prehiteva napetost na kondenzatorju

12.

Magnetno polje v dolgi tuljavi:

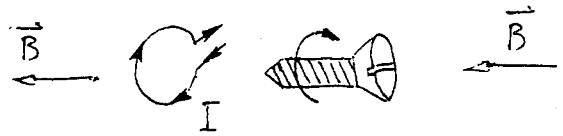
$B \propto I \cdot \frac{\Delta N}{\Delta l}$ ΔN... število ovojev tuljave

Δl ... dolžina tuljave

$\frac{\Delta N}{\Delta l} = \frac{N}{l}$ ... dolžinska gostota navojev za enakomerno navito ravno tuljavo

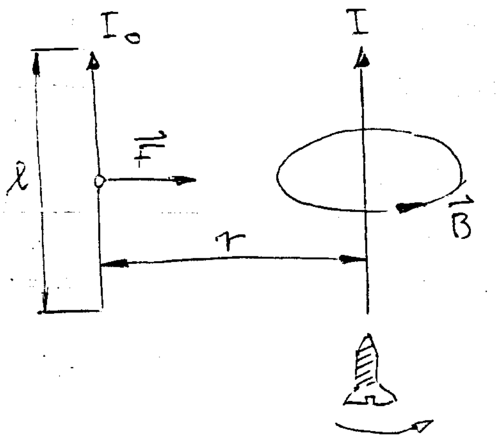
$B = \mu_0 \frac{IN}{l}$ μ_0... indukcijska konstanta

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



smer magnetnega polja

Vzporedna tokovodnika:



$F = B I_0 l$

$F = \frac{\mu_0}{2\pi} \frac{l}{r} I_0 I = 2 \cdot 10^{-7} \frac{l}{r} I_0 I \frac{Vs}{Am}$

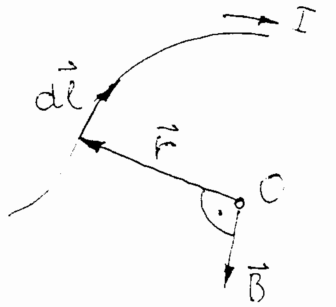
$B = \mu_0 \frac{I}{2\pi r}$

En amper je tok, ki povzroči med dolgima vzporednima vodnikoma na medsebojni razdalji 1 m silo $F = 2 \cdot 10^{-7}$ N na dolžini 1 m vodnika.

Od tu dobimo indukcijsko konstanto:

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

Poljubno oblikovan tokovodnik:



$d\vec{B} \propto I \cdot d\vec{l}$

$$d\vec{B} = \frac{\mu_0}{4\pi} I \frac{\vec{r} \times d\vec{l}(\vec{r})}{r^3}$$

$$\vec{B} = \frac{\mu_0}{4\pi} I \int_C \frac{\vec{r} \times d\vec{l}(\vec{r})}{r^3}$$

$$dF_2 = I_2 \, d\vec{l}_2 \times \vec{B}_1 = \frac{\mu_0}{4\pi} I_2 I_1 \, d\vec{l}_2 \times \frac{(\vec{r} \times d\vec{l}_1)}{r^3}$$

$$F \propto \frac{Q_1 Q_2}{r^2}$$

13.

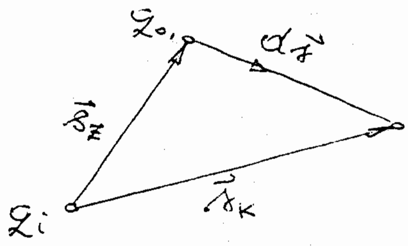
Električna napetost:

$$\vec F(\vec r) = q_0 \vec E(\vec r)$$

$$\Delta W_p = W(\vec r_k) - W(\vec r_z) = -A = -\int_{\vec r_z}^{\vec r_k} \vec F\, d\vec r = -q_0 \int_{\vec r_z}^{\vec r_k} \vec E\, d\vec r$$

$$\vec E = \frac{q_0 q_i}{4\pi\varepsilon_0} \cdot \frac{\vec r - \vec r_i}{|\vec r - \vec r_i|^3}$$

$$\vec s = \vec r - \vec r_i$$



$$\vec E = \frac{q_0 q_i}{4\pi\varepsilon_0} \cdot \frac{\vec s}{s^3} \quad ; \quad d\vec r = d\vec s$$

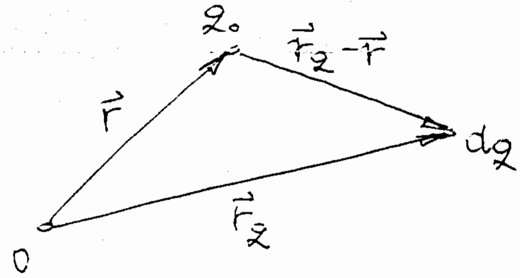
$$A = \frac{q_0 q_i}{4\pi\varepsilon_0} \int_{\vec s_z}^{\vec s_k} \frac{\vec s \cdot d\vec s}{s^3} = \frac{q_0 q_i}{4\pi\varepsilon_0} \int_{s_z}^{s_k} \frac{ds}{s^2} = -\frac{q_0 q_i}{4\pi\varepsilon_0}\left(\frac{1}{s_k} - \frac{1}{s_z}\right)$$

$$\Delta W_p = \frac{q_0 q_i}{4\pi\varepsilon_0}\left(\frac{1}{s_k} - \frac{1}{s_z}\right)$$

$$W_p(\vec r) = \frac{q_0 q_i}{4\pi\varepsilon_0} \cdot \frac{1}{|\vec r - \vec r_i|}$$

$$W_p(\vec r) = \frac{q_0}{4\pi\varepsilon_0} \sum_{i=1}^{N} \frac{q_i}{|\vec r - \vec r_i|}$$

$$W_p(\vec r) = \frac{q_0}{4\pi\varepsilon_0} \int_V \frac{dq(\vec r_q)}{|\vec r - \vec r_q|}$$



$$W_p(\vec r) = q_0 U(\vec r)$$

$$U(\vec r) = \frac{W_p(\vec r)}{q_0} = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \int_V \frac{dq(\vec r_q)}{|\vec r - \vec r_q|}$$

$U(\vec r)$ ... električni potencial

Razliko potencialov v dveh točkah imenujemo električna napetost.

$$\Delta U = U(\vec r_2) - U(\vec r_1)$$

$$[U] = \frac{J}{C} = \frac{Ws}{As} = V$$

$$A' = \Delta W_k + \Delta W_p = \Delta W_k + Q_0 \Delta U$$

$$\Delta W_k = 0$$

$$\Delta U = \frac{A'}{Q_0}$$

$$\Delta U = \frac{\Delta W_p}{Q_0} = -\frac{\int_{\vec{r}_z}^{\vec{r}_k} \vec{F}\, d\vec{r}}{Q_0} = -\int_{\vec{r}_z}^{\vec{r}_k} \vec{E}\, d\vec{r}$$

$$\Delta U = -\int_{\vec{r}_z}^{\vec{r}_k} \vec{E}\, d\vec{r}$$

Kapacitivnost kondenzatorja:

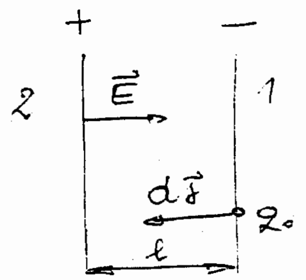
$$U = -\int_C \vec{E} \cdot d\vec{s}$$

$$U = -\int_C \vec{E}\, d\vec{s} = \int_0^l E\, ds = E \cdot l$$

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon \varepsilon_0} = \frac{Q}{\varepsilon \varepsilon_0 S}$$

$$U = \frac{Q l}{\varepsilon \varepsilon_0 S}$$

$$Q = C \cdot U$$



$$\vec{E}\, d\vec{s} = -E\, ds$$

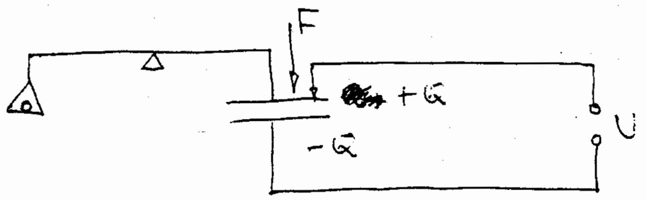
$$C = \frac{\varepsilon \varepsilon_0 S}{l}$$

C ... kapacitivnost ploščatega kondenzatorja

$$[C] = \frac{As}{V} = F = \text{farad}$$

~~15~~. 13.

Sila med ploščama kondenzatorja:



Sila je določena s produktom naboja na eni plošči in električne poljske jakosti, ki jo povzroča druga plošča.

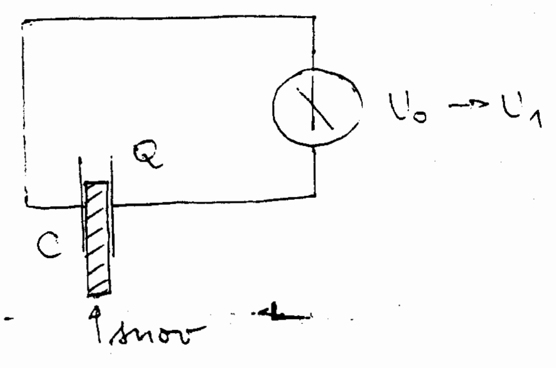
$$Q = \sigma \cdot S$$

$$E_2 = \frac{\sigma}{2\varepsilon_0}$$

$$F = Q \cdot E_2 = \frac{Q^2}{2S\varepsilon_0} = \frac{\varepsilon_0 S}{2l^2} U^2$$

Dielektričnost snovi:

Napotek za merjenje dielektričnosti snovi dobimo iz enačb za kapacitivnost kondenzatorja in naboja na kondenzatorju.



Pri poskusu nabijemo ploščati kondenzator do napetosti U_0 in ga odklopimo od generatorja. Na kondenzatorju je naboj

$$Q = C_0 U_0$$

Med plošči kondenzatorja vložimo snov. Naboj kondenzatorja se ne spremeni, spremeni pa se kapaciteta.

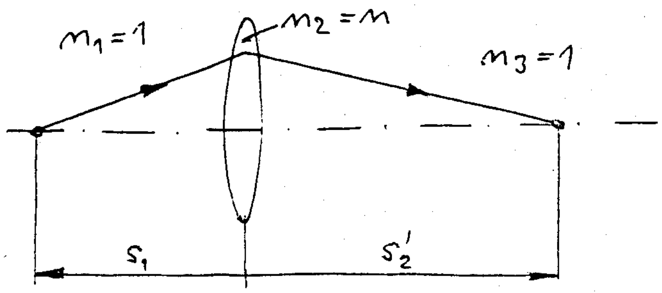
$$Q = C_0 U_0 = C_1 U_1$$

$$C_1 = \varepsilon C_0$$

$$\varepsilon = \frac{C_1}{C_0} = \frac{U_0}{U_1}$$

Napetost se zmanjša, ko vložimo v kondenzator snov, ker se zmanjša električna poljska jakost zaradi polarizacije snovi. Dielektričnost je tem večja, čim lažje se snov polarizira.

1.



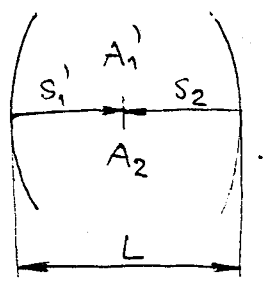
Pri lomu na krogelni ploskvi z radijem R ob prehodu iz snovi z lomnim količnikom n v snov z lomnim količnikom n' velja enačba sferične lomne ploskve:

$$\frac{n}{s} + \frac{n'}{s'} = \frac{n'-n}{R}$$

Za bikonveksno lečo sta osnovni enačbi:

$$\frac{1}{s_1} + \frac{n}{s_1'} = \frac{n-1}{R_1} \quad \text{... za prvo ploskev}$$

$$\frac{n}{s_2} + \frac{1}{s_2'} = \frac{1-n}{R_2} \quad \text{... za drugo ploskev}$$



$$s_1' + s_2 = L$$

$L \approx 0$ ... za tanko lečo

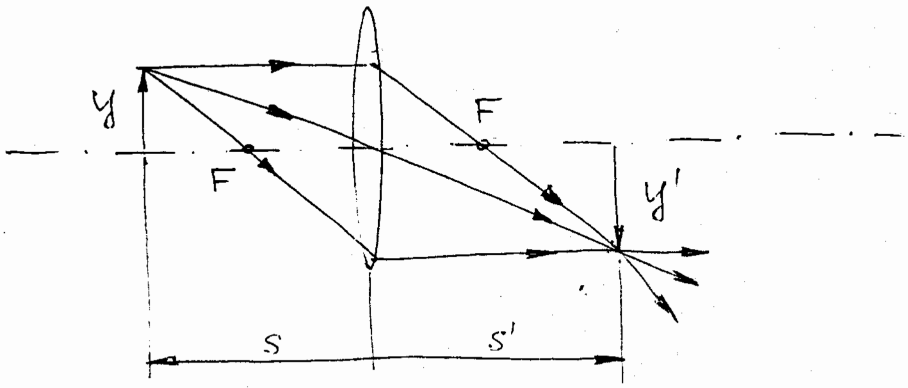
$$s_2 \approx -s_1'$$

enačba tanke leče:

$$\frac{1}{s_1} + \frac{1}{s_2'} \approx (n-1)\left(\frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2}\right) = \frac{1}{f} = D$$

D ... dioptrija

Za zelo oddaljen predmet je $s_1 = \infty$ in $s_2' = f$.



Ob upoštevanju lastnosti podobnih trikotnikov dobimo iz slike izraz za povečavo tanke leče:

$$m = \frac{y'}{y} = -\frac{s'}{s}$$

Goriščna razdalja leče:

Žarki, ki padajo na lečo vzporedno z optično osjo, se po lomu v leči sekajo v točki F (gorišču) na optični osi. Oddaljenost gorišča F od leče je goriščna razdalja f leče. To je razdalja od temena do točke, kjer nastane slika neskončno oddaljenega predmeta.

1. Zvok:

Tlačne motnje, ki se širijo po snovi, splošno imenujemo zvok. Zvok je longitudinalno valovanje, katerega frekvenca je v območju slišnih frekvenc 20 Hz – 20 kHz. Motnje, za katere so značilne višje ali nižje frekvence, pa imenujemo ultrazvok oziroma infrazvok.

Hitrost zvoka v plinu:

$$c = \frac{1}{\sqrt{\lambda \rho}} \quad ; \quad \lambda = \frac{1}{\kappa p}$$

$$c = \sqrt{\frac{\kappa p}{\rho}} \quad ; \quad \frac{p}{\rho} = \frac{RT}{M}$$

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

$$pV^{\kappa} = \text{konst.}$$

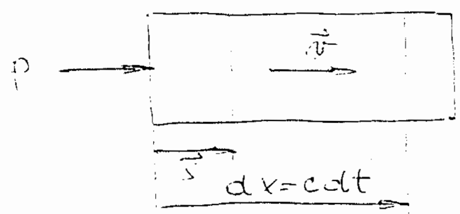
$$\ln p + \kappa \ln V = \ln \text{konst.}$$

$$\frac{dp}{p} + \kappa \frac{dV}{V} = 0$$

$$\frac{dV}{V} = -\frac{1}{\kappa p}\, dp$$

$$\lambda = \frac{1}{\kappa p}$$

Hitrost zvoka v elastičnem sredstvu:



$$dG = pS\,dt = \rho S\,dx\, v$$

$$p = E\frac{ds}{dx} = E\frac{v\,dt}{c\,dt} = E\frac{v}{c}$$

$$\frac{Ev}{c} = \rho c v \Rightarrow c^2 = \frac{E}{\rho} \Rightarrow c = \sqrt{\frac{E}{\rho}}$$

Gostota energijskega toka:

$$j = \frac{dW_s}{S\,dt} = \overline{w}_m \cdot c = \frac{\rho \omega^2 s_0^2}{2} \cdot c$$

$$[j] = \frac{W}{m^2}$$

$$j_{mejna} = 10^{-16}\,\frac{W}{cm^2}$$

Jakost zvoka:

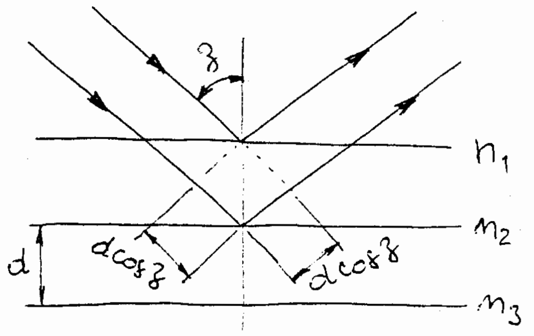
$$J = 10 \log_{10} \frac{j}{j_m} = 20 \log_{10} \frac{s_0}{s_{0\,mejna}}$$

$j = 10\, j_m \longrightarrow J = 10\ dB = 1\ B$ (B = bel, dB = decibel)

$10\ dB = 1\ \text{fon} = 1\ \text{ph}$

2.

Pojav interference svetlobe pri odboju na tanki plasti:



ojačitev

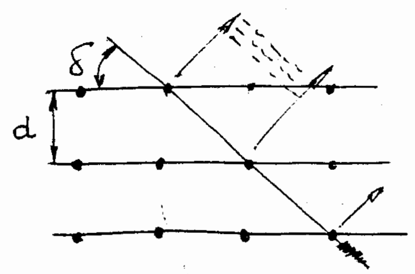
$$2d \cdot \cos\gamma = N \cdot \lambda \quad \leftarrow \begin{cases} n_1 > n_2 > n_3 \\ n_1 < n_2 < n_3 \end{cases}$$

oslabitev

$$2d\cos\gamma = \left(N + \frac{1}{2}\right)\lambda \quad \leftarrow \begin{cases} n_1 > n_2 < n_3 \\ n_1 < n_2 > n_3 \end{cases}$$

Pojav odboja rentgenske svetlobe na kristalu:

Ker so rentgenski žarki elektromagnetno valovanje, se uklanjajo na kristalu, ki je enakega reda velikosti, kot je valovna dolžina žarkov. Atomi v kristalih so razporejeni po kristalnih ravninah, ki so med seboj vzporedne in enako oddaljene. Vpadni žarek se na posameznih kristalih delno odbije.



Odbiti deli žarka se ojačujejo, če je razlika optičnih poti dveh, na sosednjih ravninah odbitih delov žarkov celoštevilčni mnogokratnik valovne dolžine λ.

$\Delta = N\lambda$

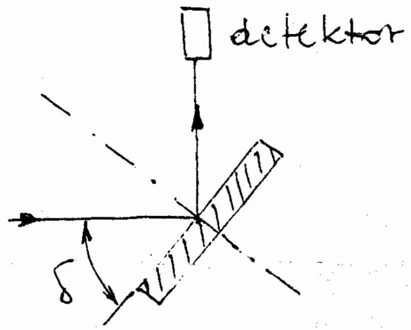
Iz slike:

$\Delta = 2d \sin\delta$

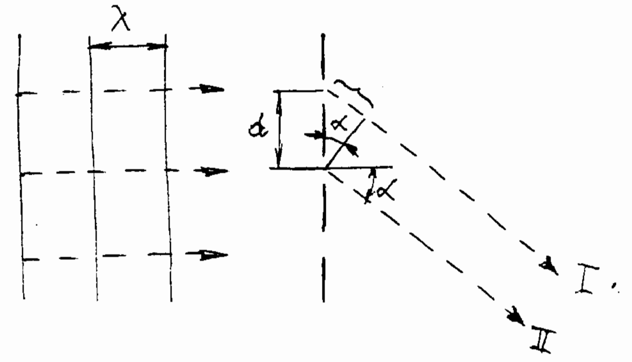
Rentgenski žarki se na določenih kristalnih ravninah odbijejo, če vpadejo pod kotom δ_N glede na kristalno ravnino, ki je določen z enačbo:

Braggov pogoj:

$$2d \sin\delta_N = N\lambda$$



3. Interferenca svetlobe na periodični mreži:



Enaki reži sta razmaknjeni za d. Nanju spustimo ravno, enobarvno svetlobno valovanje. Reži delujeta kot koherentna izvora; valove pošiljata v vse smeri. Svetloba iz rež medsebojno interferira.

Če je razlika poti, ki jo žarka I in II prepotujeta do zelo oddaljene točke v izbrani smeri, ~~mnogo~~ mnogokratnik valovne dolžine, dobimo v izbrani ojačanje valov ali konstruktivno seštevitev:

$$d \sin\alpha = N\lambda \quad \text{(konstruktivna interferenca)}$$

Po istem sklepanju zapišemo za smer destruktivne seštavitve valov pogoj:

$$d \sin\alpha = \left(N+\frac{1}{2}\right)\lambda \quad \text{(destruktivna interferenca)}$$

Pojav mavričnih barv pri opazovanju tankih plasti pojasnimo z interferenco svetlobe. Ko svetloba iz zraka vpade v optično gostejšo snov (n_1), se mali del le te odbije z nasprotno fazo, večina žarka pa se lomi. Ko lomljeni žarek pride do drugega roba n_1, se ob njem odbije (z isto fazo, če pride do optično redkejšega sredstva in z nasprotno, če pride do optično gostejšega). Odbiti žarek in del prvotnega žarka, ki se je odbil na začetku, interferirata, pri čemer je razlika poti, ki jo opravita:

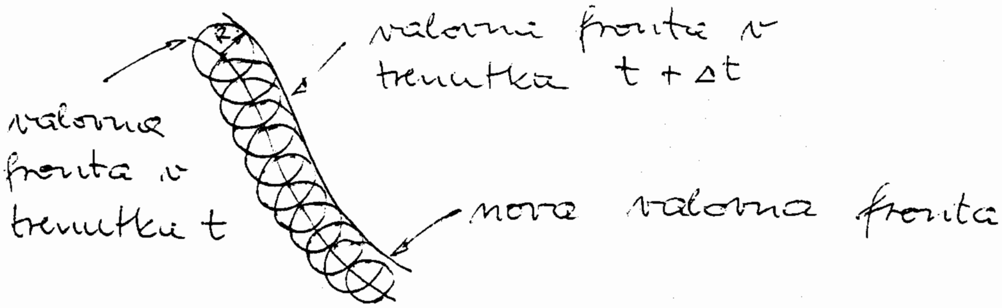
$$\Delta s = 2h\sqrt{n^2 - \sin^2\alpha}$$

4.

Valovni pojavi:

Da je svetloba valovanje, kažejo interferenčni in uklonski poskusi, pa tudi poskus polarizacije.

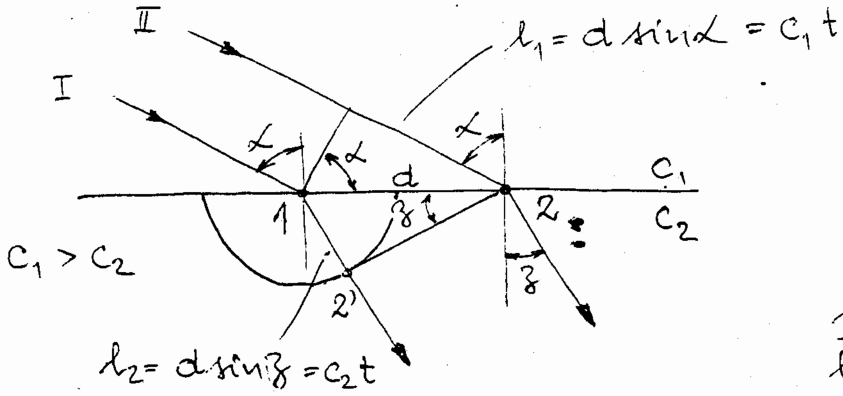
Huygensov princip:



Vsaka točka, ki je v trenutku t na valovni fronti, deluje kot izvir krožnega valovanja. Tako iz stare valovne fronte pošljemo krožne valove in določimo njihovo ovojnico. Tako dobimo novo valovno fronto.

Lom valovanja:

Opazimo ga takrat, ko val preide iz sredstva z eno hitrostjo v sredstvo z drugo hitrostjo.



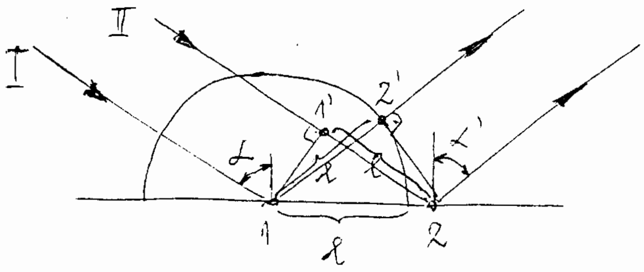
$$t = \frac{l_1}{c_1} = \frac{l_2}{c_2}$$

$$\frac{l_1}{l_2} = \frac{d \sin\alpha}{d \sin\beta} = \frac{c_1}{c_2}$$

$$\boxed{\frac{\sin\alpha}{\sin\beta} = \frac{c_1}{c_2} = n_{12}}$$ lomni zakon

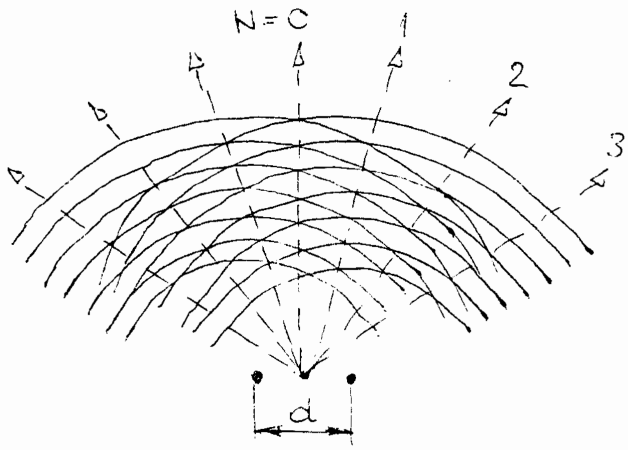
n_{12} ... lomni količnik

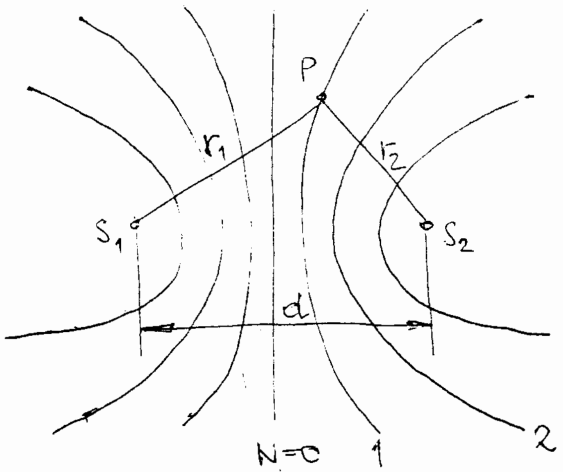
Odboj:



$\boxed{\alpha = \alpha'}$ odbojni zakon (vpadni kot je enak odbojnemu kotu)

Interferenca:





ojačitev:

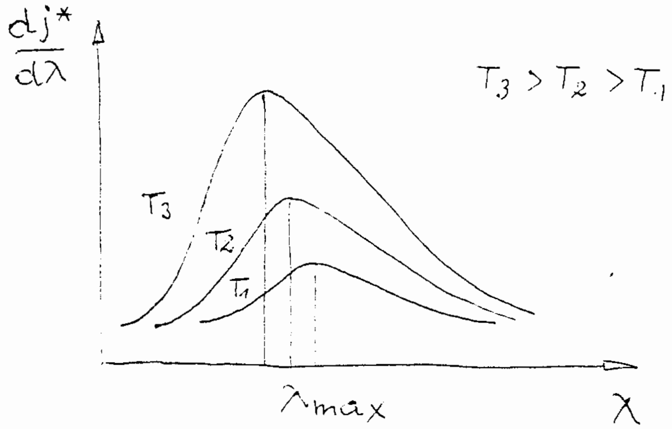
$\Delta = N\lambda$

oslabitev:

$\Delta = \frac{2N-1}{2}\lambda$

$\Delta = r_1 - r_2$

5.



Sevanje opišemo z gostoto svetlobnega toka, ki izhaja iz segrete površine telesa:

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

Najmočneje seva telo, ki je črno. Idealnega črnega telesa z odbojnostjo $a=0$ ni, približno pa ga lahko predstavimo s počrnjeno votlino v snovi. Gostota svetlobnega toka iz reže črne votline se veča sorazmerno s četrto potenco absolutne temperature sten v votlini.

$$\boxed{j^* = \sigma T^4}$$ ... Stefanov zakon

$\sigma = 5{,}67 \cdot 10^{-8} \frac{W}{m^2K^4}$ ... Stefanova konstanta

Zaradi večanja svetlobnega toka s temperaturo leži spektralna ~~temperaturna~~ krivulja pri višji temperaturi nad spektralno krivuljo pri nižji temperaturi na vsem spektralnem območju. Lega spektralnega maksimuma se z večanjem temperature pomika k krajšim valovnim dolžinam.

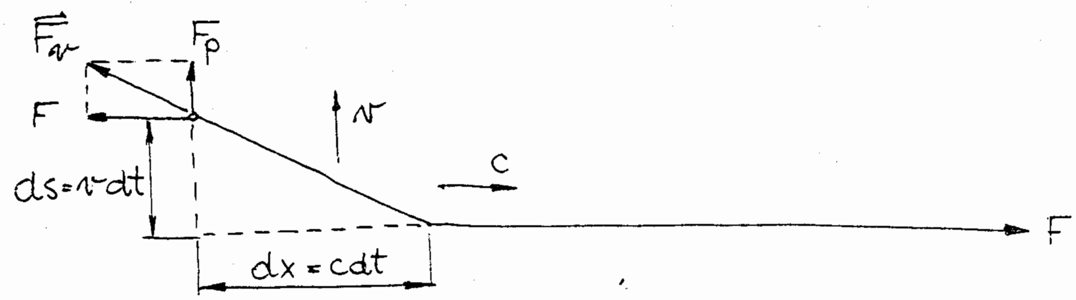
Med temperaturo in valovno dolžino maksimuma λ_{max} velja zveza:

$$\boxed{\lambda_{max} \cdot T = b}$$ Wienov zakon

$b = 0{,}29$ cmK ... Wienova konstanta

6.

Hitrost valovanja na napeti vrvi:



$dx = c\,dt$

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

$dG = v\,dm = F_p\,dt$

$dm = \mu\,dx$

μ ... dolžinska gostota mase

$\mu = \dfrac{dm}{dx}$

$\vec{F}_v = (F, F_p, 0)$

$\dfrac{F_p}{F} = \dfrac{ds}{dx} = \dfrac{v\,dt}{c\,dt} = \dfrac{v}{c}$

$F_p = F\dfrac{v}{c}$

Izraz upoštevamo v enačbi za gibalno količino:

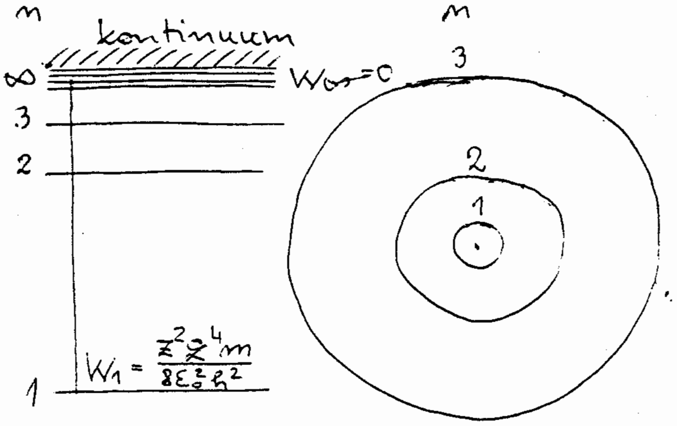
$v\mu\,dx = \dfrac{F v\,dt}{c}$

$\mu c^2 = F$

$c = \sqrt{\dfrac{F}{\mu}}$

1.

Bohrov model vodikovega atoma:



Radij in energija sta odvisna od glavnega kvantnega števila n. Vsakemu številu n ustreza določena trajektorija in energija oziroma energijski nivo. Posledica valovne narave elektrona je diskretnost trajektorij in energijskih vrednosti, ki jih ima elektron na teh trajektorijah. Diskretna porazdelitev predstavlja energijske stanje vezanega elektrona, zvezna porazdelitev ali kontinuum pa predstavlja stanje prostega elektrona.

Radij krožnice:

$$\Gamma = Gr = n\frac{h}{2\pi}$$

$$mvr = \frac{nh}{2\pi}$$

$$\frac{mv^2}{2} = \frac{1}{2}\frac{Ze^2}{4\pi\varepsilon_0 r}$$

$$\frac{1}{r} = \frac{\pi Z e^2 m}{\varepsilon_0 h^2 n^2}$$ ... radij krožnice, po kateri se giblje elektron

Čim večje je kvantno število n, tem večji je radij.

Energija elektrona:

$$\frac{Ze^2}{4\pi\varepsilon_0 r^2} = \frac{mv^2}{r}$$

$$W_k = \frac{mv^2}{2} = \frac{1}{2}\frac{Ze^2}{4\pi\varepsilon_0 r}$$

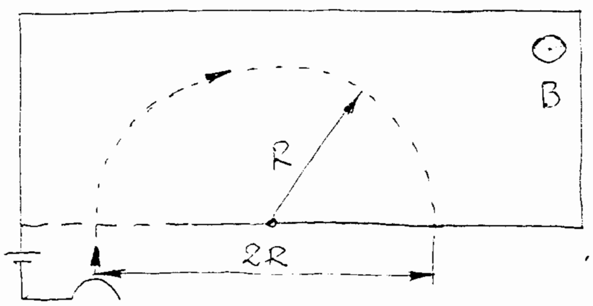
$$W_p = -\int_0^\infty \frac{Ze^2}{4\pi\varepsilon_0}\frac{dr}{r^2} = \frac{-Ze^2}{4\pi\varepsilon_0 r}$$

$$W = W_p + W_k = \frac{-Ze^2}{4\pi\varepsilon_0 r} + \frac{Ze^2}{2\cdot 4\pi\varepsilon_0 r} = -\frac{1}{2}\cdot\frac{Ze^2}{4\pi\varepsilon_0 r}$$

Upoštevamo izpeljani radij tirnice ter izrazimo energijo elektrona v atomu v odvisnosti od kvantnega števila n:

$$W = -\frac{Z^2 e^4 m}{8\varepsilon_0^2 h^2}\cdot\frac{1}{n^2}$$

Masni spektrograf :



Masni spektrograf je naprava, s katero pospešimo elektron z napetostjo U in ga usmerimo v homogeno magnetno polje. Elektron preleti v električnem polju masnega spektrografa napetost U in dobi pri tem kinetično energijo :

$$\frac{mv^2}{2} = e \cdot U$$

$$v = \omega \cdot R = \frac{e \cdot B \cdot R}{m}$$

$$\omega = \frac{eB}{m}$$ ... ciklotronska krožna frekvenca

ω določa frekvenco kroženja delca z maso m in nabojem e v magnetnem polju z gostoto B.

Iz izraza za kinetično energijo dobimo izraz za maso :

$$m = \frac{eB^2R^2}{2U}$$

Masni defekt atomskega jedra :

Masa izotopa ni natančno enaka vsoti mas sestavnih delov. Razliko imenujemo masni defekt jedra ${}_Z X^A$.

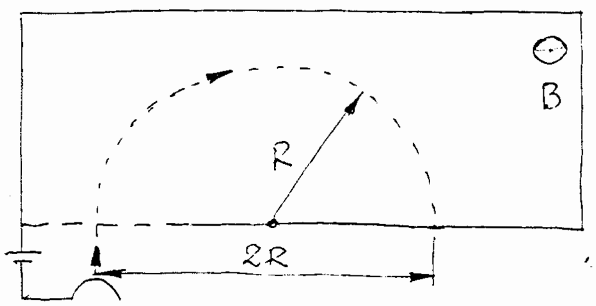
$$\Delta M = ZM_p + (A-Z)M_n - M_x$$

Vsota mas nukleonov (protonov in nevtronov) v jedru je večja od mase samega jedra. Izgubljena masa se spremeni v energijo, ta pa se sprosti ob nastanku jedra.

Proton in nevtron:

Jedro vodikovega atoma $_1H^1$ nosi pozitivni osnovni naboj in je težko približno eno masno enoto. Imenujemo ga proton in označimo s p. Da bi ugotovili, kakšna je druga vrsta delcev, si ogledamo jedro devterija, ki ima enak naboj kot jedro vodika, vendar približno dvakrat večjo maso. Devterij je torej izotop vodika. Sklepamo, da je jedro devterija sestavljeno iz protona ter še enega delca s približno enako maso, toda brez naboja. Ta delec imenujemo nevtron in označimo z n.

Masni spektrograf:



Masni spektrograf je naprava, s katero pospešimo elektron z napetostjo U in ga usmerimo v homogeno magnetno polje. Elektron preleti v električnem polju masnega spektrografa napetost U in dobi pri tem kinetično energijo:

$$\frac{mv^2}{2} = e \cdot U$$

$$v = \omega \cdot R = \frac{e \cdot B \cdot R}{m}$$

$$\omega = \frac{eB}{m}$$ ... ciklotronska krožna frekvenca

ω določa frekvenco kroženja delca z maso m in nabojem e v magnetnem polju z gostoto B.

Iz izraza za kinetično energijo dobimo izraz za maso:

$$m = \frac{eB^2R^2}{2U}$$

Masni defekt atomskega jedra:

Masa izotopa ni natančno enaka vsoti mas sestavnih delov. Razliko imenujemo masni defekt jedra $_ZX^A$.

$$\Delta M = ZM_p + (A-Z)M_n - M_x$$

Vsota mas nukleonov (protonov in nevtronov) v jedru je večja od mase samega jedra. Izgubljena masa se spremeni v energijo, ta pa se sprosti ob nastanku jedra.

Proton in nevtron:

Jedro vodikovega atoma $_1H^1$ nosi pozitivni osnovni naboj in je težko približno eno masno enoto. Imenujemo ga proton in označimo s p. Da bi ugotovili, kakšna je druga vrsta delcev, si ogledamo jedro devterija, ki ima enak naboj kot jedro vodika, vendar približno dvakrat večjo maso. Devterij je torej izotop vodika. Sklepamo, da je jedro devterija sestavljeno iz protona ter še enega delca s približno enako maso, toda brez naboja. Ta delec imenujemo nevtron in označimo z n.

3.

Pojemanje števila jeder opišemo z izrazom:

$$dN(t) = -\lambda N(t)\,dt$$

Parameter λ je razpadna konstanta in pove, kako hitro razpada opazovani izotop.

$$\int_{N_0}^{N} \frac{dN}{N} = -\int_0^t \lambda\,dt$$

$$\ln\left(\frac{N(t)}{N_0}\right) = -\lambda t$$

$$\boxed{N(t) = N_0 e^{-\lambda t}}$$ razpadni zakon

Razpadni zakon ~~pove~~ pravi, da se število jeder radioaktivnega izotopa eksponentno zmanjšuje s časom.

$$\frac{N_0}{2} = N_0 e^{-\lambda \tau}$$

τ ... razpolovni čas (čas, v katerem se število jeder zmanjša na polovico).

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

$$N(t) = N_0 \cdot 2^{-\frac{t}{\tau}}$$

Pogosto nas zanima, koliko jeder iz opazovane mase izotopa razpade v časovnem intervalu dt. Aktivnost izbrane mase izotopa definiramo s hitrostjo razpadanja:

$$A_c = -\frac{dN}{dt} = \lambda N(t)$$

$$[A_c] = \frac{\text{razpad}}{s} = Bq \text{ (bequerel)} \quad ; \quad C = 3{,}7 \cdot 10^{10}\ Bq \quad (C = \text{curie})$$