(1.) Razloži, kako opišemo gibanje točkastega telesa v eni in več dimenzijah z uporabo vektorskega zapisa. S pomočjo vek. zapisa opiši poš. met.

Gibanje točkastega telesa zapišemo kot funkcijo spreminjanja lege v času. Splošno radij-vektor gibanja (če postavimo koord. sistem z S.d.) je $\vec{r}(t) = \vec{x}(t) + \vec{y}(t) + \vec{z}(t)$. V enem dimenziji je pa to samo $x(t)$.

Za hitrostjo v splošnem imamo $\vec{v}(t) = \frac{d\vec{r}(t)}{dt} = (\vec{v}_x, \vec{v}_y, \vec{v}_z)$. $v_x = \frac{dx}{dt}$, $v_y = \frac{dy}{dt}$, $\vec{v}_z = \frac{d\vec{z}}{dt}$

Pospešek se računa kot $\vec{a}(t) = \frac{d\vec{v}}{dt} = \frac{d^2\vec{r}}{dt} = (a_x(t), a_y(t), a_z(t))$ $a_x(t) = \frac{dv_x}{dt}$, $a_y = \frac{dv_y}{dt}$

Glede na velikosti hitrostjo razlikujemo enakomerno (velikost in smeri hitrostsi se ne spreminjata) in neenakomerno (v nasprotnem)

<u>Premo gibanje</u>

Pri premem gibanje se smer vektorja hitrosti s časom ne spreminja.

Lahko povedemo $v = \frac{d\vec{r}}{dt}$ $\vec{v} = (v_x, v_y, v_z)$ $v_x = \frac{dx}{dt}$ $v_z = \frac{dz}{dt}$ $\Rightarrow$ $x = x_0 + \int_0^t v(t)\,dt$

$a = \frac{d\vec{v}}{dt}$ $v_y = \frac{dy}{dt}$ $v = v_0 + \int_0^t a(t)\,dt$

pri <u>premo enakomerno</u> ($a = 0$, $v = \text{const}$, $x = x_0 + vt$

<u>premo enakomerno pospešeno</u> : $a = \text{const}$

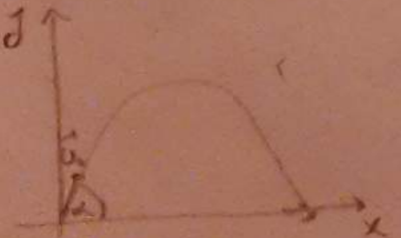
$v = v_0 + at$; $x = x_0 + v_0 t + \frac{at^2}{2}$

<u>Krivo gibanje</u>

Imamo v dveh dimenzijah $\vec{r} = (x, y)$ $\vec{v} = \frac{d\vec{r}}{dt} = (v_x, v_y)$ $a = \frac{d\vec{v}}{dt} = (a_x, a_y)$

<u>Poševni met</u>

Pri poševnem metu vržemo telo z začetno hitrostjo v_0 v smeri pod začetnim kotom α glede na vodoravnico. Izkaže se da je v tem slučaju tir parabola. Izhodišče naj bo v začetni legi telesa. Naj postavimo x in y osi vod. oziroma navpično. Torej za enačbe gibanja (splošno in razstavljeno po x in y osi) imamo



$\vec{a} = (a_x, a_y)$ $\vec{v} = (v_x, v_y)$

$a_x = 0$ $a_y = -g$ $v_x = v_0 \cos\alpha$ $v_y = v_0 \sin\alpha - gt$

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

$x = v_x t = v_0 \cos\alpha\, t$

$y = v_y t - \frac{gt^2}{2} = v_0 \sin\alpha\, t - \frac{gt^2}{2}$ $\Rightarrow$ $y = x \operatorname{tg}\alpha - \frac{gx^2}{2v_0^2 \cos^2\alpha}$

(5) Razloži Newtnove ~~tile~~ zakone za točkasto telo, posebej razloži razliko med prvim in drugim zakonu v primeru ničelne vsote sil. Navedi primere laboratorijskih eksp. (ali analize pojava v naravi) za ponazoritev teh zakonov.

Ima trije Newtnove zakone za točkasto telo.

1) Če na telo ne deluje nobena sila ali pa je rezultanta vseh sil na telo 0, telo miruje ali se giblje premo enakomerno

$$\boxed{\sum_i \vec{F}_i = 0 \to \vec{a} = 0 \iff \vec{v} = const.}$$

Primer: Avto ki se giba z konstantno hitrostjo bo se gibalo z konstantno hitrostjo dokler nima razlog da stane.

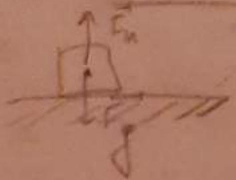
II) Rezultantna sila na telo je enaka masi telesa krat pospešek

$$\boxed{\sum_i \vec{F}_i = m\vec{a}}$$

Primer: Na telo mase 5kg delujemo z konstantno silo (zanemarujoči sila trenja) F = 10N. telo se giba z konst. pospešek $a = 2\ m/s^2$ v smeri sile

III) Če prvo telo deluje na drugo telo s silo deluje drugo telo na prvo telo z nasprotno enako silo.

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



Primer: Telo miruje na podlagi. Po telo njoj deluje z silo teže $\vec{F}_g = m\vec{g}$, pa ona nanj deluje z nasprotno enako silo $\vec{F}_n = -\vec{F}_g$

Razlika med prvim in drugem Newtnovem zakonu z rezultantno silo nič je to da v drugem je to rezultanta zunanjih sil. (V danem inercijalnem sistemu). Pri prvem ne postojanje delovanje sile pomeni da obstoja referenčni sistem v katerem bo to mirujelo.

(3.) Razloži, kako opišemo kroženje točkastega telesa z uporabo vektorjev (hitrosti, pospeški) in pojasni sile, ki nastopajo kroženju. Navedi primer laboratorijskega eksperimenta (ali analize pojav v naravi) za ponazoritev zakonitosti pri kroženju.

Kroženje je poseben primer krivega gibanja. Telo naj kroži v ravnini z polmerom R in središčem v izhodišču. Za opis kroženja rabimo φ - kot ; ω - kotno hitrost in α - kotni pospešek.

$\vec{\omega}(t) = \frac{d\vec{\varphi}}{dt}$

$\vec{\alpha}(t) = \frac{d\vec{\omega}}{dt}$

Imamo tudi dolžino loka kroga l ki ga telo prišlo, hitrostjo in pospešek ki je tang. in radialen

$l(t) = R\varphi(t) \quad v(t) = R\omega(t) \quad a_t = R\alpha(t)$

obhodna hitrost

Spreminjanje obhodne hitrost je $\boxed{a_t = \frac{dv}{dt}}$,
Radialni pospešek je $\boxed{a_r = R\omega^2 = \frac{v^2}{R}}$

skupni pospešek je tedaj $a = \sqrt{a_r^2 + a_t^2}$

Za x in y koordinate imamo

$\vec{r} = (x, y) \quad \vec{v} = (v_x, v_y) = \frac{d\vec{r}}{dt} \quad \vec{a} = \frac{d\vec{v}}{dt} = (a_x, a_y)$

$x = R\cos\varphi \qquad y = R\sin\varphi$

$v_x = \frac{dx}{dt} = -R\sin\varphi\frac{d\varphi}{dt} = -R\omega\sin\varphi \qquad v_y = \frac{dy}{dt} = R\cos\varphi\frac{d\varphi}{dt} = R\omega\cos\varphi$

$a_x = \frac{dv_x}{dt} = -R\omega^2\cos\varphi - R\alpha\sin\varphi \qquad a_y = \frac{dv_y}{dt} = -R\omega^2\sin\varphi + R\alpha\cos\varphi$

Za enakomerno : $\alpha = 0 \quad \omega = \omega_0 = const \quad \varphi = \omega_0 t \quad a_r = R\omega^2$

$a_{celoten} = \sqrt{a_x^2 + a_y^2} = \sqrt{a_r^2\cos^2\omega t + a_r^2\sin^2(\omega t)} = a_r$

Radialni pospešek kaže v smeri radialnega vektorja $\vec{r}$. (proti središču)

Za enakomerno pospešeno $\omega = \omega_0 + \alpha t$, $\alpha = const \quad \varphi = \varphi_0 + \omega_0 t + \frac{1}{2}\alpha t^2$

Imamo tudi in frekvenca $\nu = \frac{\omega_0}{2\pi}$ in obhodni čas za polni obrat $t_0 = \frac{1}{\nu}$

V kroženju nastopa centripetalna sila ki kaže proti središča

$\vec{F}_c = m\vec{a}_r = \quad \boxed{F_c = m\frac{v^2}{R}}$ Ona je vedno zunanja sila

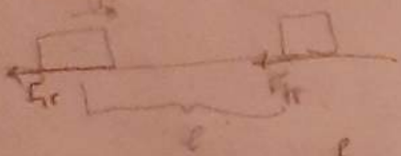
Primer: Avtomobil se giba po krožnici, in na občuti centripetalno silo zaradi radialnega pospeška...

(7.) ~~Razloži izrek o zakonu za točkasto telo~~
Razloži izrek o delu in kinetični energiji za točkasto telo. Posebej obravnavaj ta izrek za primer dela zunanje sile trenja na gibajoče se telo in kako se ta izrek uporabi pri enakomernem kroženju točkastega telesa okrog nepremične osi.

~~Delo~~ Delo ki naša sila $\vec{F}$ izvrši, da telo se premakne za $\Delta\vec{r}$ je $A = \vec{F}\Delta\vec{r}$.
Energijo si zamislimo kot zalogo dela. Kinetična energija W_k točk. telesa je enaka delu ki je potrebno da telo z maso m spravimo iz mirovanja v gibanje s hitrostjo v.

$$W_k = A = \int_0^r F dr = \int_0^t (m\vec{a})(\vec{v}dt) = \int_0^t m\frac{d\vec{v}}{dt}(\vec{v}dt) = \int_0^v mv\,dv = \frac{1}{2}mv^2$$

Primer za sile trenja



Naj se telo začne gibati z hitrostjo v_0. Če nanj nanjo deluje konst. sila trenja on se zaustavi in naprav pot l. Od izreka za kin. energijo to dobi

$$W_k = -A = -\int_0^l F_{tr} dr = -\int_0^l \mu_{tr} mg\,dr = \mu_{tr} mgl \qquad W_k = \frac{1}{2}mv^2 \Rightarrow l = \frac{v^2}{2\mu_{tr} g}$$

Primer za kroženje:

Pri enakomernemu kroženju ~~nanj~~ telo deluje samo centripetalna sila ki je pravokotna na smeri gibanja (ki je tangencijalna). Torej je delo te sile $A = \vec{F_{cp}}\cdot\vec{r} = F_{cp} r \cos\frac{\pi}{2} = 0$. Torej je in kinetična energija enaka 0 (nima spremembe energije)

⑤ Razloži izrek o gibalni količini za sistem točkastih teles. Navedi primer laboratorijskega eksperimenta (ali analize pojav) za ponazoritev tega izreka.

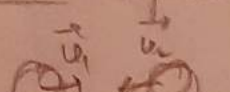
Izrek pove da sprememba skupne gibalne količine teles je enaka ~~na~~ skupnemu sunku vseh zunanjih sil na ta sistem telesa.

$\boxed{\int_0^t \vec F dt = \Delta \vec G}$ $\vec G$ je gibalna količina telesa $\vec G = m\vec v$

Sil med telesi znotraj ne upoštevamo, saj so po 3. N.Z nasprotno enake pa so sunki nasprotno enaki. To pomeni da je sprememba gibalne količine enega telesa enaka nasprotni gibalni količini drugega telesa. Skupna gibalna količina se torej ohranja v odsotnosti zunanjih sil.

Gibalna količina n teles je $\vec G = \cancel{\vec G_1 + \vec G_2 + \dots + \vec G_n} = m_1\vec v_1 + m_2\vec v_2 + \dots + m_n\vec v_n$

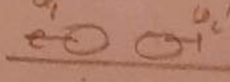
Primer: Popolnoma prožni trk dveh krogel z enaki mast. $m_1 = m_2 = m$



Kaj se oni približata z različni hitrosti $\vec v_1$ in $\vec v_2$ ki so nasprotno usmerjeni.

Torej, od izreka o gibalni količini vemo

$\Delta \vec G = 0$ (ne deluje nobena zunanja sila)



$\vec G_1 + \vec G_2 = 0$

$m_1\vec v_1 + m_2\vec v_2 + m_1\vec v_1' + m_2\vec v_2' = 0$

$\to m_1 v_1 - m_2 v_2 + m_1 v_1' + m_2 v_2' = 0 \quad /:m$

$v_1 - v_2 - v_1' + v_2' = 0$

Velja tudi zakon ohranitve energije pa,

$\frac{1}{2} m v_1^2 + \frac{1}{2} m v_2^2 = \frac{1}{2} m v_1'^2 + \frac{1}{2} m v_2'^2$

$v_1^2 + v_2^2 = v_1'^2 + v_2'^2$

se dobi da $\underline{v_1' = v_2}$ $\underline{v_2' = v_1}$

Se hitrosti zamenjata

(2) Razloži [illegible]

(6.) Opiši gravitacijsko silo med dvema telesoma. Napiši Keplerjeve zakone in s pomočjo le-te razloži tretji Keplerjev zakon.

Med dvema točkastima telesoma z masama m_1 in m_2, ki se nahajata na medsebojni razdalji r, deluje gravitacijska sila

$$\boxed{F_g = K \frac{m_1 m_2}{r^2}}$$

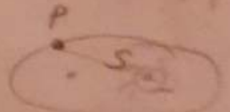
pri čemer je gravitacijska $K = 6{,}67 \cdot 10^{-11} \frac{Nm^2}{kg^2}$
$m_1 [kg]$, $m_2 [kg]$, $r [m]$, $F_g [N]$

Gravitacijska sila je centralna kar pomeni da vedno deluje v smeri od enega proti drugemu. Zaradi krogelne simetrije velja enačba tudi za velike krogle, le da za razdaljo r vzamemo razdaljo njunih središč.

Keplerjevi zakoni

Johannes Kepler na osnovi natančnih opazovanj gibanja planetov upostavil je trije zakoni

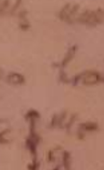
I) Keplerov zakon: Planeti se gibljejo po eliptičnih tirih, pri čemer je Sonce v enem od obeh gorišč elipse.



II) Keplerov zakon: Ploščinska hitrost planeta pri gibanju okrog Sonca je konstantna. $\boxed{\frac{dS}{dt} = \frac{1}{2}\frac{\vec{\Gamma}}{m} = const}$

III Keplerov zakon: Za vse planete v Osončju velja, da je razmerje a^3/t_0^2 enako, pri čemer je a velika polos elipse, t_0 obhodni čas. Če bi bili krožni bi sledila iz $F_r = F_g$.

Naj vzamemo planet z idealnim krožnim tirom in naj m_S masa Sonca, m_P masa planeta, r njuna razdalja. Ker se planet giba po krožnici tad je $e = 0$ (ekscentričnost elipse) $a = b = r$



$$F_r = m_P r \omega^2 = m_P r \left(\frac{2\pi}{T}\right)^2 \qquad F_g = K \frac{m_S m_P}{r^2}$$

$$\Rightarrow m_P r \frac{4\pi^2}{T^2} = K \frac{m_S m_P}{r^2}$$

$$\frac{T^2}{r^3} = \frac{4\pi^2}{K m_S} = \underline{\underline{const}}$$

(7) Razloži pojem težnostne potencialne energije ter povezavo med delom sile teže in potencialno energijo ter ilustriraj na primeru nošnje bovora z ~~gor~~ vznožja gore do vrha po različnih poteh. Posebej zapiši gravitacijsko potencialno energijo na primeru gibanja planeta okrog sonca.

Težnostna potencialna energija je energija zaradi gravitacijskega privlaka med dvema telesoma. Ta je energija ki se nanaša na silo teže v bližini Zemljine površine in je enaka negativnemu delu sile teže in ima zapis $\boxed{W_p = F_g s = mgh}$, kjer je m masa telesa, g težni pospešek, h pa višina telesa glede na neko izbrano ravnino.

Vseeno je po kateri tiri se telo giblje - pomembna je razlika med začetno in končno višino. Pa za delo imamo

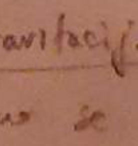
$$\underline{\underline{A_g}} = -\int_{\vec{r}_1}^{\vec{r}_2} F_g\, dz = -\int_{z_1}^{z_2} mg\, dz = -mg(z_2 - z_1) = -mg\,\Delta h = \underline{\underline{-\Delta W_p}}$$

Za primer z bovoro, lahko uporabimo klanec. Obravnjavamo primer enakomernega gibanja. Sila s katero vlečemo bovor po klancu je (na najmanjša) $F = mg\sin\varphi$

Torej delo ki se opravi je $A = F \cdot d = mg\sin\varphi \cdot d =$
$= mg \cancel{\sin\varphi} \frac{h}{\cancel{\sin\varphi}} = mgh$.

To pomeni da je to enako kot če smo ga samo zdvignili navpično navzgor.

<u>Gravitacijska potencialna energija</u> se izračuna podobno kot prej samo se vzame sila med planete in Sonca. $F_g = \kappa \frac{m_p m_s}{r^2}$



$$W_g = -A = -\int_{\infty}^{r} F_g\, dr = -\int_{\infty}^{r} \kappa \frac{m_p m_s}{r^2}\, dr = -\kappa\, m_p m_s \int_{\infty}^{r} \frac{dr}{r^2} =$$

$$= -\kappa \frac{m_p m_s}{r}$$

... razloži kako .

(5.) Razloži Newtnove zakone za togo tela za primer premega gibanja in vrtenja. Razloži izrek o gibanju težišča in pokaži, kako enačbe za togo telo pridejo v Newtnove zakone za točkasto telo.

Togo telesa si zamislimo kot skupek veliko točkastih teles. Torej je lego masnega središča telesa $\vec{r}_* = \frac{\sum m_i \vec{r}_i}{\sum m_i}$

Podobno, sta hitrost in pospešek $\vec{v}_* = \frac{\sum m_i \vec{v}_i}{\sum m_i}$ $\vec{a}^* = \frac{\sum m_i a_i}{\sum m_i}$

Pri gibanje telesa tdaj imamo da je II Newtonovi zakon podan v zapisu $\sum \vec{F}_{zun} = m\vec{a}^*$. Vsota vseh zunanjih sil, ki delujejo na telo, je enaka skupnem seštevku produkta mase in pospeška

Gibanje togega telesa lahko razstavimo na gibanje težišča in vrtenja telesa okoli težišča

Vsota vseh navorov na togo telo je enaka produktu vztrajnostnega momenta in kotnega pospeška. Os navora je enaka osi vrtenja.

To je Newtnov zakon za vrtenje $\sum M = \sum J\alpha$

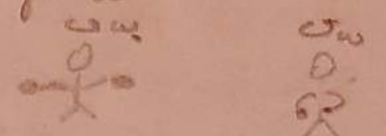
(9.) Razloži izrek o vrtilni količini za vrtenje togega telesa okoli nepremične osi. Navedi primer laboratorijskega eksperimenta (ali analiza pojav v naravi) za ponazoritev tega izreka.

<u>Izrek:</u> Sprememba vrtilne količine telesa glede na izbrano os v času je enaka vsoti sunkov vseh zunanjih navorov. Če je navor 0, se vrtilna količina ~~ohranja~~ ne spreminja.

$$\vec{\Gamma} = J\vec{\omega}, \quad \boxed{\int_0^t \vec{M}\,dt = \Delta\vec{\Gamma} = J\vec{\omega} - J\vec{\omega}_0}$$

Če ni ~~[illegible]~~ sunka zun. navorov, $\vec{\Gamma}$ se ohranja.

Laboratorijski primer je človek na stol kateri se lahko vrti. Naj ta človek vzame dve uteži v roke in naj se začne vrtiti s kotno hitrostjo ω_0 z sproženi roke. Naj v en trenutek ta človek sobere roke z uteži, takrat se njegov vztrajnostni moment zmanjšuje a se njegova kotna hitrost poveča. To sledi direktno iz ohranitve vrtilne količine, ker ni zunanjih navorov.



$$J_0\vec{\omega}_0 = J_1\vec{\omega}_1 = 0$$

(10.) Razloži izrek o kinetični energiji za togo telo, ki se vrti okoli nepremične osi, ne pozabi izraza za delo! Opiši primer kotaljenja polnega in praznega valja na klancu, ki smo ga pokazali na predavanjih.

Skupno kinetično energijo togega telesa lahko izračunamo kot vsota dveh kinetičnih energije. Prva je translatorna kinetična energija ki je energija zaradi gibanje masne središča (kot da je vsa masa zbrana v CM) Njena velikost je $\frac{1}{2}mv_*^2$ (kinetična energija točkasta telesa). Druga kin. energija je rotaciona kinetična energija, ~~vsota posameznih masnih točk~~. Ta energija je enaka $\frac{1}{2}J\omega^2$ pri čemer je J vztrajnosti moment telesa in ω kotna hitrost

$$W_k = \frac{1}{2}mv_*^2 + \frac{1}{2}J\omega^2 \rightarrow J = \int_V dm\, r^2$$ vsota posameznih momente vseh točk

Delo opravljeno je $A = -\Delta W_k = -\frac{1}{2}J\omega^2$

Primer valja na klancu

Za polni valj ~~e~~ imamo od izreka ohr. energije

$$\Delta W_p = \Delta W_k$$

$$mgh = \frac{1}{2}mv_1^2 + \frac{1}{2}J_1\omega_1^2 = \frac{1}{2}m_1v_1^2 + \frac{1}{2}\cdot\frac{1}{2}m_1\cancel{r^2}\frac{v_1^2}{\cancel{r^2}} \quad /:\frac{m_1}{2}$$

$$2gh = v_1^2 + \frac{1}{2}v_1^2 \Rightarrow \boxed{v_1 = \sqrt{\frac{4}{3}gh}}$$

$$2gh = \frac{3}{2}v_1^2$$

Za prazni valj imamo

$$m_2gh = \frac{1}{2}m_2v_2^2 + \frac{1}{2}J_2\omega_2^2 = \frac{1}{2}m_2v_2^2 + \frac{1}{2}m_2\cancel{r^2}\frac{v_2^2}{\cancel{r^2}} \quad /:\frac{m_2}{2}$$

$$2gh = v_2^2 + v_2^2 = 2v_2^2 \rightarrow v_2 = \sqrt{gh}$$

$\Rightarrow v_2 > v_1$ pomeni da se prazni valj prv spusti

11. Opiši električno silo (interakcijo) med dvema naelektrenima telesoma. Navedi primer laboratorijskega eksperimenta (ali analize pojava) za ponazoritev te interakcije

Električna sila ki deluje med dvema naelektrenima telesoma se imenuje tudi kot Coulombova sila. Ona lahko je odbojna, kot sta oba nabita telesa nabita z istem nabojem, lahko je pa privlačna kot sta oba nabita z različnem nabojem.

Električno silo lahko izračunamo po Coulombovem zakonu

$$\boxed{F_{el} = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{e_1 e_2}{r^2}}$$

pri čemer so e_1, e_2 naboje oba telesa, r je njihova razdalja in ε_0 je influenčna konstanta in njena vrednost je $\varepsilon_0 = 8{,}85 \cdot 10^{-12}\,\frac{F}{m}$.

Ta sila odvisi od velikosti naboje in obratno ~~sorazmerno~~ od kvadrata razdalje.

Lab. eksperiment: Delovanje elektroskopa.

Elektroskop deluje na osnovi odbojnih sil med dvema kovinskima lističema na kateri je razporejen istoimenski naboj. Prenesemo na lističa naboj od zunaj, on se razporedi ravnomerno med njima in ona se razmakneta ker so nabiti z istem nabojem. Kot bi ji oklepata, je sorazmeren električnem naboju.

(12) Opiši pojem električnega polja ter razloži kako ponazorimo silnice električnega polja v okolici naelektrenih teles. Opiši primer električnega dipolnega polja ter napiši izraz za navor na električni dipol v zunanjem električnem polju.

Električno polje je prostor, v katerem na električni naboj deluje el. sila in ima v vsaki točki prostora določeno velikost in smer. Določeno je z jakostjo električnega polja $\vec{E}$ in gostoto električnega polja $\vec{D}$. Vsako naelektreno polje v svoji okolici ustvari el. polje.
$\vec{E}$ ima enoto $\frac{V}{m}$, $\vec{D}$ enota $\frac{As}{m^2}$.

Električna sila na naboj je produkt naboja in jakosti električnega polja

$F_e = e\vec{E}$, zato iz tele enačbe za $\vec{E}$ okoli naelektrenih teles

$$\boxed{\vec{E} = \frac{e}{4\pi\varepsilon_0 r^2}\cdot\frac{\vec{r}}{r}}$$

kjer je e njegov naboj, r je razdalja točke kjer merimo polje in naboja.

Silnice polja so odvisne od predznaka naboja. Za pozitivni gre od njega, za negativni v njega.

Električno dipolno polje

Električni dipol sestavlja 2 enaki električna naboja, ki so nasprotno nabiti. Označimo ju z $e_1 = e$ in $e_2 = -e$. Električni dipolni moment je izraz $\vec{p_e} = e\vec{d}$ kjer je d razdalja med nabojema (ki sta vedno v paru)

Navor električnega dipola je $\underline{\vec{M} = \vec{p_e} \times \vec{E}}$

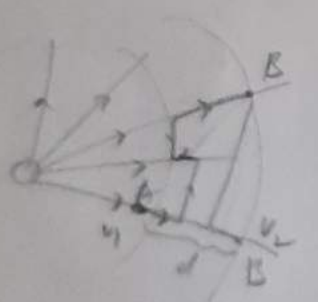
(13) Razloži pojem električne potencialne energije, električnega potenciala in električne napetosti ter njihovo povezavo z delom pri premikanju naboja v električnem polju. Navedi primer laboratorijskega eksperimenta.

Električna potencialna energija je enaka delu ki ga moramo opraviti da naboj e_1 iz neskončnosti privesemo na oddaljenost r od naboja e_2. Električna potencialna energija za točkasto telo z nabojem e_1 v polju naboja e_2 je $\boxed{W_e = \frac{e_1 e_2}{4\pi\varepsilon_0 r}}$ in za delo velja $A = -\Delta W_p$

Električni potencial je električna energija na enoto naboja. Torej to je $V = \frac{W_e}{e}$. Izrazi se tudi preko gostote električnega polja preko povezave $V = -\int \vec{E} d\vec{r} = \frac{e}{4\pi\varepsilon_0 r}$

Električna napetost med dvema točkama je po velikosti enaka razliki potenciala v teh dveh točkah, ga pišemo $U_{12} = V_2 - V_1$

Ker je električna sila konzervativna sila, ni pomembna pri kateri poti premikamo električni naboj v polju in delo električne sile po zaključeni zanki je vedno nič.



Delo pri premikanju naboja e v polju od ene v drug potencial se izračuna kot

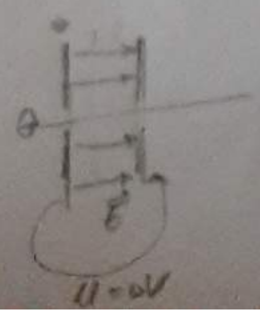
$$A = \int_A^B \vec{F} d\vec{l} = \int_A^B F dl = \int_B^A F dr =$$

$$= \frac{e_1 e_2}{4\pi\varepsilon_0}\left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2}\right) = \underline{\underline{e_1 (V_1 - V_2)}} = e_1 \Delta V$$

Primer: Pospeševanje nabitega delca z kondenzatorjem. Ko zapusti kondenzator se celotna potencialna energija pretvori v kinetično po zakonu ohranitve energije

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

$$\Delta W_p = Ud \quad \Delta W_k = \frac{1}{2} m v^2$$



(15) Opiši pojem električnega toka ter povezave med tokom, napetostjo in električno energijo. Razloži Ohmov zakon na nivoju gibanju nosilcev naboja.

Tok v vodnik z danim presekom definiramo kot naboj ki se v časovnem intervalu pretoči skozi dani presek. To se z izrazom lahko zapiše kot $\boxed{I=\frac{de}{dt}}$. e je naboj kaj pride a t je časovni interval, enota za I je [A]

Naj bo $j=\frac{I}{S}$ gostota toka skozi njeni presek S. Tedaj

$j=\frac{I}{S}=\frac{e}{t\cdot S}=\frac{Ne_0}{tS}$ kjer je e skupni naboj, e_0 naboj enega delca in rečemo skozi so N delci.

Naj bo $n=\frac{N}{V}$ gostota delcih na volumno, l dolžina enega vodnika ki razgledujemo → $V=lS$, $l=vt$

→ $j=\frac{Vne}{St}=\frac{nle_0S}{St}=ne_0v$

Naj je μ gibljivost električnih delcih in se definira kot $\mu=\frac{v}{E}$ (delcih se gibljejo radi el. polja vodnika)

⇒ $j=ne_0\mu E=ne_0\mu\frac{U}{l}$ $/\cdot S$

$I=ne_0\mu\frac{S}{l}U$

definiramo $\frac{1}{R}=ne_0\mu\frac{S}{l}$ ⇒ $I=\frac{U}{R}$ ohmov zakon

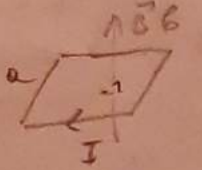
kjer je R upor žice, $R=\frac{1}{ne_0\mu}\frac{l}{S}=\zeta\frac{l}{S}$ ζ - specifični upor

"Sprememba električne energije je delo ki izvrši vodnik skozi ka" teče električni tok. (U konst. in I) To delo je enako za

$A=UIt$ $\Delta W_p=-A=-UIt$

(15.) Napiši izpeljavo magnetnega dipolnega momenta tokovne zanke in navor nanjo v zunanjem magnetnem polju. Opiši magnetno polje v okolici točkastega mag. dipola (majhnega permanentnega ~~dipola~~ magneta)

Žična zanka, po kateri teče tok I povzroča na velikih razdaljah enako velikih razdaljah enako magnetno polje kot točkasti pivot z dipolni moment $\vec{p}_m = I \cdot \vec{S}$, pri čemer je $\vec{S}$ vektor pravokoten na ravnino zanke in pove ploščino zanke. Smer dip. momenta določimo po pravilu desne roke.



$$\vec{F}_{m_1} = I\vec{b} \times \vec{B}$$
$$\vec{F}_{m_2} = I\vec{b} \times \vec{B}$$

$\vec{F}_{m_1} = -\vec{F}_{m_2}$ od $\sum \vec{F}_i = 0$

se ne vrti zanka

Ker $a \perp b$ $\Rightarrow$ $\vec{M}_1 = \frac{\vec{a}}{2} \times \vec{F}_{m_1}$

$$\vec{M}_2 = \left(-\frac{\vec{a}}{2}\right) \times \vec{F}_{m_2} = \left(-\frac{\vec{a}}{2}\right) \times \left(-\vec{F}_{m_1}\right) = \frac{\vec{a}}{2} \times \vec{F}_{m_1} = \vec{M}_1$$

$$\Rightarrow \vec{M} = \vec{M}_1 + \vec{M}_2 = 2\vec{M}_1 = \vec{a} \times \vec{F}_{m_1} = \vec{a} \times (I\vec{b} \times \vec{B}) =$$
$$= \underbrace{(ab}_{S} I)\vec{n} \times \vec{B} = SI\vec{n} \times \vec{B} = I\vec{S} \times \vec{B}$$

Definiramo, $\boxed{\vec{p}_m = I\vec{S}}$ je magnetni dipolni moment in je navor $\boxed{\vec{M} = \vec{p}_m \times \vec{B}}$

Magnetno polje v okolici permanentnega magneta je polje ki gre od severnega mag. pola do južnega kot narišemo.

Gostota polja se računa po

$$\vec{B}(\vec{r}) = \frac{\mu_0}{4\pi}\left(\frac{3(\vec{p}_m \cdot \vec{r})\vec{r}}{r^5} - \frac{\vec{p}_m}{r^3}\right)$$

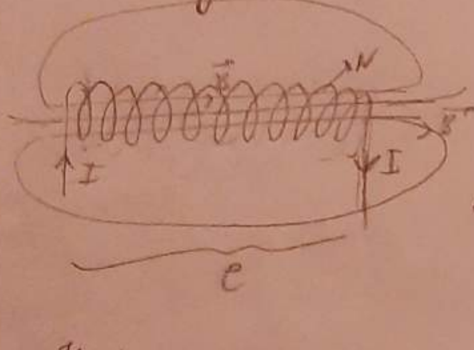
(16) Opiši značilnosti magnetnega polja v okolici tokovnih vodnikov različnih oblik (ravni vodnik, tuljava). Zapiši učinek mag. polja na majhen mag. dipol [illegible]. Navedi primer laboratorijskega eksperimenta (ali analize pojava v naravi) za ponazoritev opisanih vplivov.

Ravni vodnik: Okrog dolgega ravnega vodnika, po katerem teče tok I, nastane mag. polje. Gostota polja je odvisna od oddaljenosti od vodnika r in pojema, sorazmerno obratno z naraščanjem r.

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

μ_0 je mag. permeabilnost $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \frac{Tm}{A}$. Silnice okrog vodnika so krogi s središčem v žici s smeri po pravilu desne roke.

Tuljava: Polje znotraj tuljave sestavimo od zank v notranjosti tuljave. Naj ima tuljava N zank, po katerih teče tok I, njena dolžina je l.

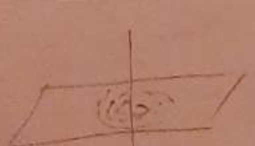


Znotraj tuljave je mag. polje praktično homogeno in usmerjeno v smeri osi tuljave. Zunaj je mag. polje veliko manjše in ga v približnih računih ga navadno zanemarimo. Gostota mag. polja je

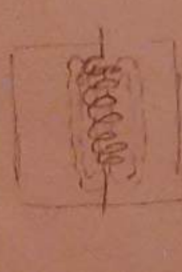
$$\boxed{B = \frac{\mu_0 N I}{l}}$$

Kad postavimo magnetni dipol v mag. polje se on postavi v smeri zunanjega mag. polja.

Eksperiment:

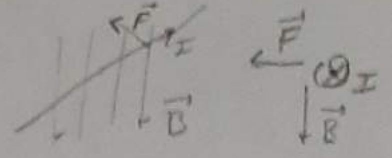


Če na papir stresemo železni opilke in postavimo vodnik navpično skozi papir se bi opilki uredili v koncentrične kroge (skozi vodnik teče stalni tok). Podobno se zgodi če namesto vodnika vzamemo tuljavo. Opilki se postavljajo v smeri mag. polja bi se narisan lik.

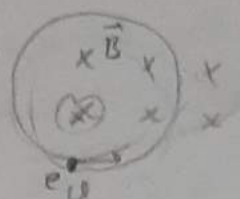


(17) Opiši sile, ki delujejo na vodnik ... se električni naboj, ko ga postavimo v zunanje električno polje. Navedi primer laboratorijskega eksperimenta

V zunanje magnetno polje na vodnik z električnim tokom deluje Amperova sila ki je $\vec{F} = I\vec{l} \times \vec{B}$, pri čemer je l dolžina vodnika in B je zunanje. Smer sile se lahko določi preko pravila desne roke in je tako narisano



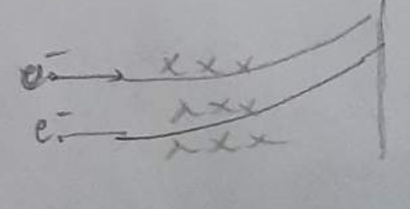
Za gibajočem ~~nelektričnem~~ električnem naboj v zunanjem magnetnu polje izkaže se da mu deluje sila magnetna $\vec{F} = e\vec{v} \times \vec{B}$ pri čemer je e njegov naboj, $\vec{v}$ je njegova hitrost



Ta magnetna sila ne spremeni velikost hitrost, samo njen smer. To je krožno gibanje, torej se nabiti delec v zunanjo magnetno polje giba v krožnice i mu deluje centripetalna sila

Kot na gibajoči delec mu delujejo mag. in el. polje ~~njegova~~ sila koja mu deluje je vsota mag. in el. sil. Ta sila se imenuje kot Lorentzova sila $\vec{F} = e\vec{E} + e\vec{v} \times \vec{B}$

Primer: Elektroni v katodni cevi se prek zunanjo magnetno polje usmerajo do ekrana



(18) Razloži pojav električne indukcije. Navedi primer laboratorijskega eksperimenta (ali analize pojava v naravi) za ponazoritev tega pojava.

Indukcija je pojav povezan z spremembo magnetnega pretoka. Pri Lenzovem pravilu se fizikalni sistem upira spremembi magnetnega pretoka. Ob spremembi mag pretoka se pojavi inducirana napetost ki požene tok v tisti smeri da zmanjšuje spremembo magnetnega pretoka. Zato se izračuna inducirana napetost kot

$$\boxed{U_{ind} = -\frac{d\Phi_m}{dt}}$$

kjer je Φ_m magnetni pretok

$$\Phi_m = \vec{B} \cdot \vec{S} \; [Wb]$$

Električni tok ki steče, ustvari dodatno mag. polje tkd:

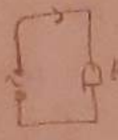
a) če se mag. polje $\vec{B}$ zvečuje, kaže inducirano mag polje $\vec{B}_i$ v nasprotno smer

b) če se mag. polje $\vec{B}$ manjšuje, kaže inducirano mag. polje $\vec{B}_i$ v tisto smer da zmanjšuje zmanjševanje Φ_m.

Primer: Dobivanje elektrike v elektrarnah. Če postavimo tuljavo z N ovojci in prečnim prerezom S, pa jo vrtimo v zunanje mag. polje B s konstantno kotno hitrostjo ω dobimo napetost U_i, ki sinusno niha in je izmenična napetost.

(19) Razloži odziv različnih elektronskih elementov (upor, kondenzator, tuljava) na izmenično napetost. Navedi primer uporabe kazalčnih diagramov za ponazoritev omenjenih pojavov.

Upor: Zapišemo električni tok $\boxed{I = I_0 \cos(\omega t) = I_0 e^{i\omega t}}$. Za ohmske upornike velja da je padec napetosti preko sorazmen z tokom I. $\Rightarrow U(t) = R I(t) = R I_0 \cos(\omega t) = U_0 \cos(\omega t)$



Fazni zamik med I in U je $\delta = 0$

Kondenzator: Ko priključimo kondenzator na izmenični el. tok. Trenutni naboj na kondenzatorju izračunamo kot

$$e = \int_0^t I\,dt = \int_0^t I_0 e^{i\omega t} dt = \frac{I_0}{i\omega} e^{i\omega t}$$

$$\Rightarrow U = \frac{e}{C} = \frac{I_0}{i\omega C} e^{i\omega t} = \frac{I_0}{\omega C} \sin(\omega t) = \frac{I_0}{\omega C} \cos(\omega t - \frac{\pi}{2})$$

Fazni zamik med I in U je zdaj $\delta = -\frac{\pi}{2}$

Tuljava: Pri tuljavi imamo $U = L\frac{dI}{dt} = L\frac{d}{dt}(I_0 e^{i\omega t}) = i\omega L I_0 e^{i\omega t}$

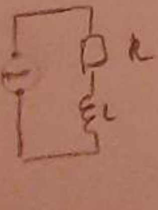
Zdaj za napetost (realno) tuljavi je

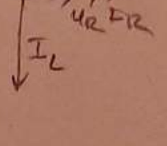
$$U = (i\omega L I_0 e^{i\omega t}) = i\omega L I_0 (\cos\omega t + i\sin(\omega t)) = \omega L I_0 (i\cos(\omega t) - \omega L I_0 \sin(\omega t))$$

$$= -\omega L I_0 \sin(\omega t) = -\omega L I_0 \cos(\omega t + \frac{\pi}{2})$$

Torej fazni zamik je $\delta = \frac{\pi}{2}$

Primer: Naredimo vezje z upor in tuljava. Tedaj bo tok zaostajal za napetostjo za $\delta = -\frac{\pi}{2}$.





$U = U_L + U_R$

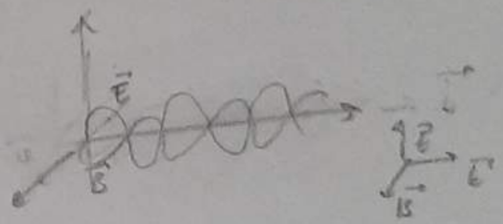
$\underline{Z = R + i\omega L}$

(20.) Opiši elektromagnetno valovanje in pojasni vsaj eno izmed značilnosti valovnih lastnosti vidne svetlobe. Navedi primer laboratorijskega eksperimenta (ali analize pojava v naravi) za ponazoritev te lastnosti.

Pri električnem nihajnem krogu segata električno in magnetno polje izven kondenzatorja oziroma tuljave. Tako se elektromagnetna energija v obliki elektromag. valovanje širi v prostor.

Po praznem prostoru se elektromag. valovanje širi z hitrostjo svetlobe. To ima tudi frekvenco in nihajni čas. Električno in magnetno polje se med seboj spreminjata in sta v fazi a so pravokotni eno na drugo. Valovanje pa se širi v smeri pravokotno na obe. Smer se poda z $\vec{k} = \frac{2\pi}{\lambda}$.

Velja $\vec{E} = \vec{B} \times \vec{c}$ $\vec{k} \parallel \vec{c}$



Ena značilna lastnost je interferenca

O interferenci govorimo kadar se dve ali več valovanj srečo na istem mestu in tam nastane nov valovni vzorec. Obstajata:

a) konstruktivna interferenca, pri kateri ima ojačitve valovanja de je fazni zamik $2k\pi$

b) destruktivna interferenca, pri kateri ima oslabitve valovanja in skupno polje je nič. To je za fazni zamik $2k\pi + \pi$.

Primer: laser posvetimo na zaslon ta eno režo. Na zaslonu opazimo vrste ojačitve in oslabitve.