

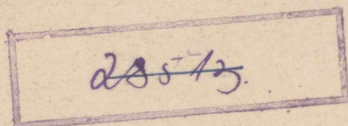
FÜÜSIKA KONSPEKT

Mag. A. MITT'i

loengute järgi

koostanud

H. ALARI



Tartu, 1940

Autori kirjastus

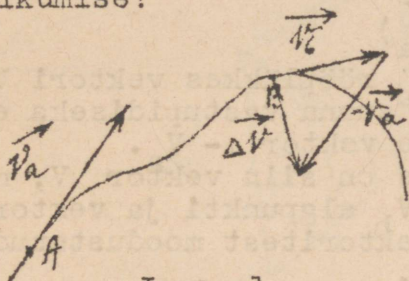


2-63554

A-12013

Iga liikumise kirjeldamisel on meil tarvis vastata 4-le küsimusele:

- 1) milline on liikumise trajektor?
- 2) liikuva keha kiiruse suurus ja selle suund?
- 3) liikuva keha kiirenduse suurus ja suund ning
- 4) milline on tung, mis põhjustab kõverjoonse liikumise?



Joon. 1.

sirgjoonselt.

Et leida keha keskmist kiirust vaadeldaval tee pikkusel, selleks liidame keha algkiirusele lõppkiiruse ja jagame saadud summa 2-heks. (Keha algkiiruseks nimetame praegusel juhul keha kiirust vaatluse algul).

Vaatleme liikuvat keha punktis A. Et leida ta liikumiskiirust selles punktis, eemaldame kehalt tungi, mis paneb ta liikuma kõverjoonselt trajektorit mööda. Inertsil mõjul hakkab keha nüüd liikuma ühtlaselt ning sirgjoonselt ja nimelt just selle kiirusega, mis tal oli tungi mõju lõppemismomendil. Saamegi keha liikumiskiiruse punktis A. Toimides kehaga analoogselt eelnevale punktis B, näeme, et on tegemist kiiruse juurdekasvuga (kusjuures see juurdekasv ei pruugi olla alati positiivne).

Kiiruse suunaks antud teepunktis kõverjoonse liikumise korral on liikumisteele selles punktis tõmmatud puutuja suund.

Keha keskmise kiiruse suuruse saamiseks tuleb kändud tee pikkus (s) jagada vastava ajaga (t).

Kuidas leida kiiruse juurdekasvu $\Delta \vec{V}$?

Selle leidmiseks tuleb keha lõppkiirusest lahutada keha algkiirus

$$\Delta \vec{V} = \vec{V}_b - \vec{V}_a$$

Et aga lahutamist võime vaadelda kui liitmist vastasmärgiga, saame

$$\Delta \vec{V} = \vec{V}_b + (-\vec{V}_a)$$

S.o. Viime vektori $\vec{V}_a$ rööplükkes vektori $\vec{V}_b$ otspunktisse ja muudame ta $\vec{V}_a$ suuna vastupidiseks endisele, ongi liidetud $\vec{V}_b$ -le vektor $-\vec{V}_a$.

Kiiruse juurdekasvuks on siin vektor $\vec{V}$, mis resultaadina asub vektori $\vec{V}_b$ algpunkti ja vektori $-\vec{V}_a$ lõpppunkti vahel (vektoritest moodustatud parallelogrammi diagonaal).

Keha liikumise kiirenduse leiame, kui vaatleme kiiruse juurdekasvu ühe ajaühiku jooksul.

Et leida, milline tung mõjub kehale, selleks rakendame Newton'i II seadust. Selle seaduse põhjal f (tung) = m (mass) $\times$ a (kiirendus).

f väljendub düünides, kui m on välj. g-des ja a $\frac{\text{cm}}{\text{sek}^2}$ -des.

$$f = ma.$$

Newtoni II seadus:

Sama tung annab erisugustele massidele kiirendused, mis on pöördvõrdelised nende suurustega, kusjuures kiirendus on võrdeline ja samasuunaline mõjuva tungiga.

Ühtlane ringjooneline liikumine.

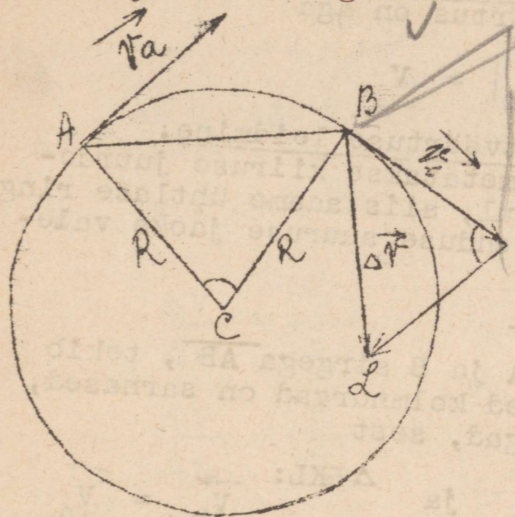
Ühtlane ringjooneline liikumine on niisugune, kus keha mööda ringjoont liikudes mistahes võrdsetes ajavahemikkudes käib ära võrdsed kaared; seejuures tekivad samasuurused kiirusvektorid.

S.jär: kiiruse juurdekasv põhustab kiiruse suuna muutumise.

Kiirenduse mõiste üldistamine.

Kiiruste absoluutväärtustel juurdekasvu ei ole; küll on aga olemas kiiruse juurdekasvul absoluutväärtus, mis oleneb kiiruse suunast.

Seega on ühtlase liikumise korra gi tegemist kiiruse juurdekasvuga.



Joonis 2.

Ühtlane ringjooneline liikumine on antud, kui on antud ringjoone raadius R ja ühe täistiiru vältus ehk periood T .

Siis:

1. trajektoriks on ringjoon raadiusega R .

2. kiiruse suurus: ütleme, et keha, liikudes ringjoonelist trajektorit mööda teeb T sekundi jooksul ühe

täistiiru.

S.o.

$$\begin{array}{l} T \text{ sek} \dots\dots 2 \pi R \\ 1 \text{ sek} \dots\dots \frac{2 \pi R}{T} \end{array} = v$$

Saamegi keha kiiruse suuruse ühes aegühikus. Kiiruse suunaks on puutuja suund; see on risti raadiusega ja kuna on tegemist ühtlase ringjoonelise liikumisega, siis kiiruse suurus ei muutu, küll aga ta suund, kuna ringjoone puutujad on igas punktis isesuunalised.

Kiiruse juurdekasvu leiame nagu joonisel 1-ki.

Olgu keha mööda ringjoont liikudes antud momendil punktis A ja tema kiirus sel momendil v_a . Oletame, et t sek. jooksul käib keha ära kaare AB, jõudes punkti B, milles ta kiirus on v_b .

Et teada saada Δt -le vastavat kiiruse juurdekasvu, lahutame $\vec{V}_b$ -st $\vec{V}_a$. Saame kiiruse juurdekasvu $-V$

$$\vec{V}_b + (V_a) = \vec{V}$$

Kiiruse absoluutväärtuse määramine.
Kiiruse absoluutväärtus on aga

$$|\vec{V}_a| = |\vec{V}_b| = V$$

Kiirenduse absoluutväärtuse leidmine.

Et kiirenduseks nimetatakse kiiruse juurdekasvu ühe ajaühiku jooksul, siis saame ühtlase ringjoonelise liikumise kiirenduse suuruse jaoks valemi:

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

Ühendame punktid A ja B sirgega $\overline{AB}$, tekib meil $\triangle ABC$ ja $\triangle BKL$. Need kolmnurgad on sarnased, kui võrdhaarsed kolmnurgad, sest

$$\triangle ABC: R = R \quad \text{ja} \quad \triangle BKL: \vec{V}_b = \vec{V}_a$$

Seejuures $\hat{C} = \hat{K}$ kui risthaaradega nurgad:

$BK \perp BC$ ja $KL \perp AC$ pikendusega, sest puutujana V_a on risti AC -ga. Seega kolmnurkade nurgad on vastavalt võrdsed.

$$\triangle CAB \sim \triangle KLB$$

Sellest kirjutame:

$$\frac{BL}{BK} = \frac{AB}{AC}$$

$$BL \text{ on aga } = \Delta V, BK = V; AC = R$$

$$\frac{\Delta V}{V} = \frac{\overline{AB}}{R} \quad \text{ehk} \quad \Delta V = \frac{V \cdot \overline{AB}}{R}$$

Kuidas opereerida aga $\overline{AB}$ -ga?

Oletame, et $\Delta t \rightarrow 0$, siis A ja B lähenevad

teintoisele, kuni me võime ütelda, et kõõlu AB pikkus on võrdne kaare AB pikkusega.

$$t \rightarrow 0 \text{ siis } \overline{AB} = \widehat{AB}$$

Meil lähebki tarvis $\widehat{AB}$, kuna keha ei liikunud kõõlu mööda, vaid just kaart mööda.

$$\Delta V = \frac{V \widehat{AB}}{R}$$

$\widehat{AB}$ on aga $V \cdot \Delta t$, sest keha liigub kaart AB mööda kiirusega $V \Delta t$ jooksul.

$$\Delta V = \frac{V \cdot V \Delta t}{R}$$

$$V = \frac{2\pi R}{T}$$

$$\frac{\Delta V}{\Delta t} = \frac{V^2 \Delta t}{R \Delta t}$$

$$a = \frac{4\pi^2 R^2}{RT^2}$$

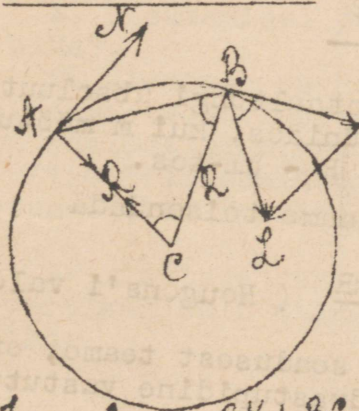
$$\frac{\Delta V}{\Delta t} = \frac{V^2}{R}$$

$$a = \frac{4\pi^2 R}{T^2}$$

$$a = \frac{V^2}{R}$$

Nendest valemitest järgneb, et ühtlase ringjoonelise liikumise kiirenduse suurus on jääv, olenedes jäävatest suurustest V , R ja T .

Kiirenduse suund.



Kiirenduse absoluutväärtuse leidmisel me tõestasime, ot

$$\Delta ABC \propto \Delta LBK$$

S.t. $\hat{K} = \hat{C}$ kui risthaaradega nurgad ($KB \perp BC$, kui puutuja, $KL \perp AC$ pikendusega, sest $AN \perp AC$, seejuures aga $AN \parallel KL$).

$\widehat{LBK} = \widehat{ABC}$, sellopärast, et kolmnurgad olid sarnased

Nüüd peab aga ka AB olema risti BL-ga.

S.o. Kiiruse juurdekasvu vektor on risti kõõluga AB. Kui punkt B lõpmata läheneb A-le, siis kiiruse juurdekasvu vektor on ikka risti AB-ga. Raadius CB sulab aga ühte raadiusega CA. Seega ka BL langeb nüüd ühte raadiusega. Ühtlase ringjoonelise liikumise korral kiiruse juurdekasvu suund on ka kiirenduse suund.

Seega kiirendusvektor on risti kiirusvektoriga ehk kiirenduse suund on suunatud keskpunkti peale.

Sellepärast nimetatakse ühtlase ringjoonelise liikumise kiirendust ka kesktõmbe e. tsentripetaalkiirenduseks.

Milline on tung, mis põhjustab selle liikumise.

Me teame Newton'i II seaduse põhjal, et keha kiirendus on võrdeline ja samasuunaline mõjuva tungiga. Kui kiirendus on suunatud ringi keskpunkti, siis peab ka tung mõjuma tsentri suunas.

Seda tungi nimetame tsentripetaaltungiks ja ta rakendub ringjoonelisel liikuva keha külge.

Tsentripetaaltungi suuruse arvutamine.

Newton'i II seaduse põhjal:

$$f = ma.$$

Olgu selle ühtlaselt ringjooneliselt liikuva keha mass tähtistatud tähega m, siis

$$f = \frac{mv^2}{A}$$

See ongi tsentripetaaltungi absoluutne väärtus. Tung f väljendub düünides, kui m mõõdub grammides, $V = \frac{\text{cm}}{\text{sek}}$ - tes ja R - cm-tes.

Saadud valemist saame teisendada

$$f = \frac{4\pi^2}{T^2} mR \quad (\text{Hougons'i valem})$$

Newton'i 3-dast seadusest teame, et igale tungile ilmub alati võrdvastupidine vastutung. Siis

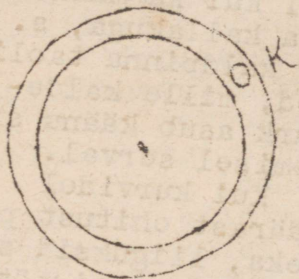
ka tsentripetaaltungile peab mõjuma võrdvastupidine vastutung. Kus rakendub see tung?

Et seda selgitada, toome näitena lingu. Kui me lingu (mingi raskusega selle otsas) vibutame, tunneme näppudes tugevat tõmmet, mis on pidev ja suunatud massi poole, järelikult võrdvastupidine vastutung on suunatud vastupidi tsentripetaaltungile ja on rakendatud pöörlemise keskpunkti. Seda tungi nimetame tsentrifugaaltungiks.

Näiteid tsentripetaa- ja tsentrifugaaltungide kohta.

1) Ling (vt. eelmine peatükk)

2) Kuul, mis liigub ringitaolist soont mööda. Andes kuulile K tõuke, hakkab see esialgu liikuma inertsil tõttu ühtlaselt ning sirgjooneliselt. Peagi aga muudab ta oma liikumise suunda ja hakkab renniliseloomu tõttu liikuma ringjoonselt.



Kus on sel juhul tsentripetaal- ja tsentrifugaaltung?

Joonis 4.
taaltungiks ongi seinte rõhumine.

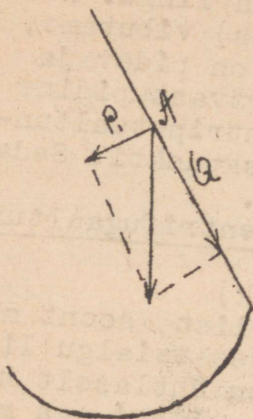
Kuid ka kuul rõhub seina (N.II s.) võrdvastupidiselt tsentripetaaltungile. See ongi tsentrifugaaltung. Liikumise keskpunktiks on ringjoonelise renni keskpunkt.

3) Uisutamisel peab sõitja end kurvil kallutama. Miks?

Et uisutaja saaks liikuda ringjooneliselt, peab ilmnema tsentripetaaltung. Milline see on? Nähe on analoogiline kaldpinnaähtega.

Tsentripetaaltung peab seega tekkima maa raskustungi (kui resultandi) mingi komponendi arvel.

A- uisutaja raskuspunkt, milles raskustung mõjub vertikaalselt alla. See laguneb kaheks komponendiks:



Joonis 5.

esimene suundub piki uisutaja keha ja tasakaalustub jää vastutungiga, teine on aga temaga risti. See ongi tsentripetaaltungiks ja on suunatud liikumispunkti.

Tsentrifugaaltung rakendub võrdvastupidiselt tsentripetaaltungile, seal, kus viimane lõikab maapinda.

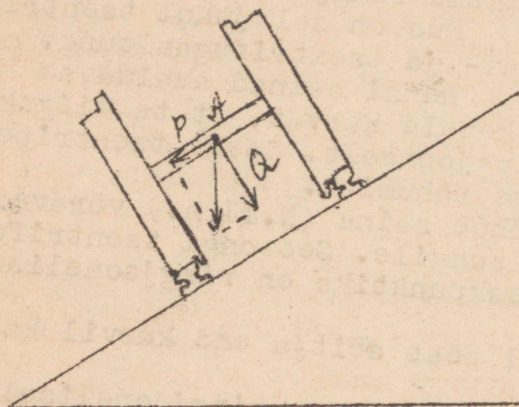
4) Rongide ja autode liikumine kurvidel.

Et kurvidel oleks võimalik liikuda suurema kiirusega, on niihasti raudteel kui ka maanteedel kurvid tugeva kallakuga, s.

o. kaldpinna taolised, mille kalde-nurk asub käänu sisemisel serval.

Kui kurvidel säärast chitust poleks, liiguksid sõiduki inertsi tõttu kurvil edasi sirgjoõnselt, tekitades õnnetusi.

Sõiduki raskuspunkt on punktis A. Sellesse rakendub vertikaalselt alla maa raskustung. Sõiduk aga ei liigu



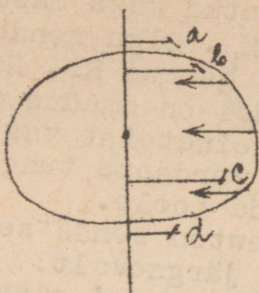
Joonis 6.

ses suunas - maa raskustung laguneb komponentideks:

üks mõjub (P) telje suunas - s.o. tspe-taaltung. Temaga ristitung rõhub vaguni rööbastele /või (auto maanteele) ja tasakaalustub maapinna vas-tutungiga.

5) Miks toimub maakera kuju muutumine?

Et seda selgitada vaatleme üksikuid punkte või väga väikesi pindasid, aineosakesi (a,b,c,d).



Joonis 7.

Kõik need punktid asuvad erisugustes kaugustes pöörlemisteljest. Eriti kaugel on punkt ekvaatori kohal.

Et maakera liigub ringi, peab talle mõjuma tsentripetaaltung.

Selleks tungiks on aineosakeste elastsus.

Hougens'i valemi põhjal

$$f = \frac{4 \pi^2 m R}{T^2}$$

Konstantsed suurused on $4\pi^2$, m (kui me võtame ühesugused aineosakesed) ja T . Muutub ainult R , millest olenebki tungi F suurus.

Pooluste pool on raadius lühem, kuna ekvaatoril saavutab ta maksimumi. Vastavalt sellele on ka tungi suurus ekvaatoril suurem kui poolustel ja sellest ongi tingitud maakera muutumine lapikuks.

Kuna tsentripetaaltungiks oli aineosakeste elastsus, siis viimase mõjul püüavad aineosakesed omandada endist olekut.

Elastsus sunnib neid liikuma ringjoonset mööda.

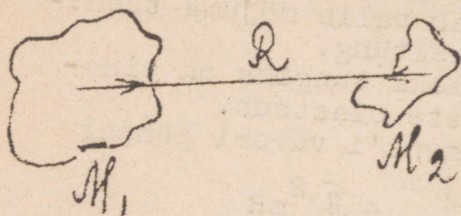
6) Juba Kopunikus teadis, et maa tiirleb ümber päikese, kuu ümber maa jne., kusjuures liikumistrajektorit kujutas ta ringina.

Kepler aga nägi trajektorit ellipsoidina, mille vaade on leidnud ka üldist tunnustamist.

Et selgitada Maa tiirlemist ümber päikese ja kuu tiirlemist ümber maa, võtame lihtsuse mõttes trajektoriks ringjoone.

Meil tekib küsimus: miks liiguvad taevakehad ringjoonset orbitit mööda ja milline on tsentripetaaltung?

Vastavad vaatlused ja uurimused tõimetas Isaac Newton, öeldes, et selleks tsentripetaaltungiks on tõmbe - e. gravitatsioonitõug ja olekas, et ta ei esine mitte üksnes taevakehade juures, vaid ka kõigi aineosakeste vahel.



Joonis 8.

line masside suurustiga ja pöördvõrdeline masside raskuspunktide vahelise kauguse ruuduga.

$$f = K \frac{M_1 \times M_2}{R^2}$$

Kui M_1 ja M_2 mõõtuvad grammides ja R cm-dos, siis mõõtuva f düünides.

K on võrdetegur ja konstantne suurus. Seda nimetatakse ka gravitatsiooni konstandiks.

Kui $M_1 = M_2 = 1g$

ja $R = 1 \text{ cm}$

siis

$$f = K \frac{1 \times 1}{1^2} \quad \text{ehk}$$

$$f = K.$$

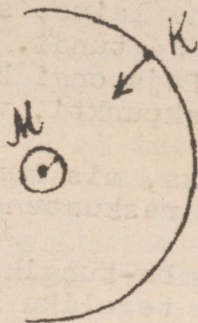
Seega K on tung, millega kaks grammilist massi püüavad teineteise poole, siis kui nende kaugus on 1 cm.

$$K = 6,68 \times 10^{-8} \quad (\text{düüni})$$

Tekib küsimus, kas gravitatsioontung polegi see tung, mis sunnib näit. kuud tiirlema ümber maa-kera.

Sellele andis vastuse Isac Newton.

Maa raskuskiirendus on maapinna lähedal 981 cm/sek^2
 Gravitatsioonitungi suuruse
 asendame gravitatsioon kiirendusega, kui võrdelised suurused. Tuleb näidata, et maakera raskuskiirendus kuu kaugusel võrdub kuu tsentripetaalkiirendusega.



Kui näit. paigutada keha maakera keskpunktist maa $2 R$ kaugusele, pole ta gravit. tungi kiirendus mitte enam 981 cm/sek^2 , vaid neli korda väiksem, sest

$$f = \frac{M_1 \times M_2}{R^2}$$

Joonis 9.

Masside suurus ei muutu, muutub vaid kaugus ja kuna tung on pöördvõrdeline kauguse ruuduga, siis ongi tung $2 R$ kaugusel 4 korda väiksem. Kuu (keskp.) aga asub maa keskpunktist $60,3$ maa radiuse kaugusel. Siis ka gr. tungi kiirendus kuul peab olema

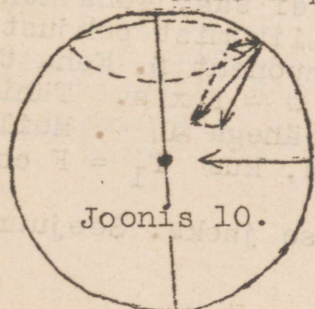
$$\frac{981}{60,3^2} = 0,27 \text{ (cm/sek}^2\text{)} \quad \text{S.t. Kuu tsentripetaalkiirendus on võrdne maa raskuskiirendusega kuu kaugusel.}$$

$$\begin{aligned} a &= \frac{4,9^2 R}{T^2} = \frac{4.9,87.3844000000}{T^2} = \\ &= \frac{4.9,87.3844000000}{(27,3.(24.60 - 4).60/2)^2} \quad a = 0,27 \frac{\text{cm}}{\text{sek}^2} \end{aligned}$$

~~xxxxxxx~~ 7) Me pöörleme ümber maakera telje. Kus ilmneb sel juhul tsentripetaaltung? Viimane peab esinema, kuna vastasel juhul me ei püsiks maapinnal.

Mass M pöörleb maakera telje ümber. Ta raskustung on suunatud maa keskpunkti poole. Keha liigub aga ringjoonselt. Täheandab: Maa raskustung peab lagunema komponentideks.

Üks neist mõjub risti maakera teljega. Tema suurus on:



Joonis 10.

$$f = \frac{4\pi^2 M R}{T^2}$$

Seejuures kui on teada keha geograafiline laius, saame teada ka pöörlemise raadiuse. $T = 24$ tundi.

Teine tung mõjub suunas P ja ongi keha tegelik raskus. P pole suunatud keskpunkti, vaid sellest veidi kõrvale.

Seega tsentripetaaltungiks, mis sunnib meid liikuma ümber maakera telje on raskustungi üks komponent.

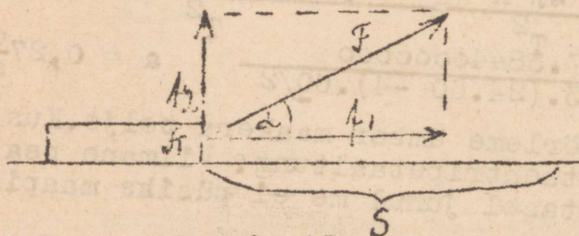
Kui raskustungist kesktõmbe-tungiks kuluva osa lahutame, saame kätte keha tegeliku kaalu. Kuna aga Maa tsentripetaaltungi suurus on ekvaatoril kõige suurem ja poolusel väiksem, leiame, et g massi ümber paigutatades pooluselt ekvaatorile on ta kaal 3,39 düüni võrra väiksem raskustungist.

Töö ja energia.

Töö on tungi ületamine teataval tee pikkusel. Seejuures on tööhulk võrdeline ületatava takistuse suurusega ja ka tee pikkusega.

Ma teame: Kui keha ei liigu mõjuva tungi suunas, siis langeb see tung komponentideks, üks mõjudes liikumise suunas ja teine temaga risti.

Olgu horisontaalsel tasapinnal meil mingi keha, mille raskuspunkti mõjub mingi tung F . Liikugu keha tee pikkuse S võrra, siis eelpoolõeldu põhjal oleks $W(\text{tööhulk}) = F(\text{tung}) \times S(\text{tee p.})$



Joonis 11.

Seda valemit siin aga kasutada ei saa, kuna keha ei liigu mõjuva tungi suunas. Liikumist põhjustabaks tungiks on siin tungi F üks komponent f_1 . Keha teeb tööd selle tungi arvel. Seega $w = f_1 \times s$. Tähistame nurga tungi F ja f_1 vahel tähega α . Meil on tegemist täisnurkse kolmnurgaga, kus $f_1 = F \cos \alpha$.
 $w = FS \cos \alpha$.

See on töö valem üldjuhuse jaoks. Seejuures

võib esineda kolm juhtu:

1) $\alpha = 0$, $\cos \alpha = 1$ $\underline{W = FS}$

2) $\alpha = 90^\circ$ $\cos \alpha = 0$ $\underline{W = 0}$

s.o. Kui tung on risti keha liikumise suunaga, siis ta tööd üldse ei tee. Sellel on praktilises elus võrdlemisi suur tähtsus, näit.: tsentripetaaltung ühtlase liikumise korral mõjub risti liikumise suunaga ja ei tee tööd. Samuti ei tee tööd päikese külgetõmbetung maa suhtes jne.jne.

3) $\alpha = 180^\circ$ $\cos \alpha = -1$ $W = -FS$

Keha liikumine toimub tungi mõjumise suunale vastupidiselt. Tekib negatiivne töö.

Töö ühikud:

1 kgm	-	1 kg X 1m
1 erg	-	1 düün x 1 cm
1 Joul(J)	-	10 ⁷ ergi
kWh	-	kW võims. massina töö ühe tunni jooksul.

Võimsus.

Valemist $W = FS \cos$ näeme, et tehtud töö hulga ei olene ajast. Et selgitada, kuivõrd võimsad on teatavad tööallikad, on loodud mõiste "võimsus".

Võimsus on tööhulk, mida suudab teha tung ühe ajaühiku jooksul.

$$t \dots W ; \quad 1 \dots \frac{W}{t} ; \quad u = \frac{W}{t}$$

Võimsuse ühikud: 1.HP = 75 kgm/sek

$$1 W = 1J/sek$$

$$1 kW = 1000W$$

Energia.

Töötamisel ületame keha liikumise takistusi, nagu raskustungi, hõõrdumist, keskkonnatakistust jne. Kuid võime tööd teha pole ainult liikuvatel kehal, vaid ka inimese ja loomade lihastel, üleskeeratud vedrudel, kokkusurutud aural, lõhkeainel jne.

Seega energia on keha võime tööd teha. Energia jaguneb kineetiliseks ja potentsiaalseks energiaks.

Kineetiline e. liikuva keha energia on seotud liikumisega.

Potentsiaalne energia e. seisva keha energia.

Energia hajumine.

Kui uurida lähemalt energia moonandumist, näeme, et kõik energia püüab moonuda soojusenergiaks. Ka soojusenergiat saab muuta teisteks energialiikideks, kuid mitte kõiki soojust ei saa 100% muuta teisteks energialiikideks. Selles seisabki energia hajumine. Et muuta soojust tööks, peab olema t^o vahe.

Niipalju kui keha kaotab potentsiaalsest energiast: potentsiaalse ja kineetilise energia summa on jääv.

Mehaanilise energia soojeseks muutumisel annab 427 kg/m tööd 1 kcal soojust.

1. M a g n e t i s m.

Magnetismiks nimetatakse kehade omadust külge tõmmata rauda (terast, malmi, nõrgalt ka niklit ja koobalti) ja vaba pöörlemise võimaluse korral seda kindla ilmakaare (N-S) sihis asetada.

Kehi, mis omavad säärast omadust, nimetame magnetiks.

Millest on tekkinud mõiste magnetism, selle kohta leidub mitmeid hüpoteese ja vaateid.

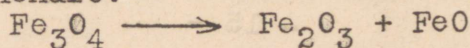
1) Mägestikukarjane Magnus olevat märganud, et tema rautatud saapad mägestikus jäävad mõnikord tugevasti maa külge kinni. Ta leidis maagi, mis seda põhjustas, ning see maak sai karjase nime järgi omalegi nime - magnet.

2) Rauda külge tõmbavat maaki olevat leitud esmakordselt Magnesia linna juurest - seepärast magnet.

3) Pärsia maagid (inetergijad) kasutasid oma kunsttükideks immelikku maagilist kivi eelpoolmainitud omadustega ja sealt olevat saanud magnet oma praeguse nime.

Viimast hüpoteesi peetakse tõenäolisimaks.

Juba 6 s.e.Kr. kirjeldab Thales erilise magnetkivi (Fe_3O_4) omadusi. Magnetkivi kujutab kahe rauahapendi ühendit:



kuid Fe_3O_4 pole ka mitte igal juhul magneetiline. Ka kunstlikult on võimalik saada nimetatud keemilise koostisega rauamaaki, kuid tal puuduvad magneetilised omadused.

Säärast looduses esinevat magnetit nimetatakse loomulikuks magnetiks. Ta on aga väga nõrgalt magneetiline. Seejuures ka väga habras.

Inimeste poolt leiavad kasutamist kunstlikud magnetid, mis on valmistatud kaevastatud terasest elektrivoolu abil, Viimasel ajal on leitud sulamaid, mis magneetuvad kergemini ja tugevamini kui teras (alniko, örstiit - viimast leidub Jaapanis) ja mida kasutatakse valjuhääldajais. (1000 x tugevam kui terasmagnet).

Tugevad kunstlikud magnetid koosnevad üsikuist teraselehtedest, kuna magneetub ainult metalli pealiskiht. Nende ühendatud teraslehtede magneetiline võime on seega palju suurem kui vastava massiivse magneti oma.

Kui riputada magnet niidi otsa, omandab ta alati ühe ja sama kindla suuna - nimelt (enam-vähem) põhi-lõuna suuna.

Asetades magneti rauapurusse, näeme, et rauapuru tõmbub väga hästi külge just otstes, vähem külgedel ja magneti keskpaigas peaaegu üldse mitte.

Magnetit otsi, kus toimub eriti intensiivne rauapuru külgetõmbumine, nimetame magneti poolusteks. Ja et magnet püüab omandada N-S suunda, nimetame üht magneti otsa põhja-(+), teist lõunapooluseks (-).

Seejuures on tarvilik märkida, et magneti poolused ei asu mitte päris magneti otstes, vaid $1/12$ kuni $1/6$ magneti kogupikkusest seespooll.

Sirglõiku, mis ühendab magneti pooluseid, nimetatakse magneti teljeks ja magneti keskmist piirkonda, kus magneetiline mõju äärmiselt nõrk - neutraalseks võöks.

Kui asetame kaks vabalt pöörelda võivat magnetit teineteise lähedusse, näeme, et mõlemad omandavad teatava kindla suuna ja mitte üksnes suuna, vaid ka teatav magnetipoolus asetub vastavalt olukorrale

kas eemaldunult teisest magnetist või tema sihis tõmbunult.

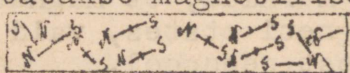
Täpsemalt seda nähet tähele pannes võime ütelda, et samanimelised (N ja N, S ja S) poolused tõukuvad, erinimelised (N ja S; S ja N tõmbuvad.

Kui poolitada antud magnet, omavad mõlemad poolled iseseisvalt jällegi samad omadused, mis endine magnet tefvikuna. Nii võime magnetit jagada kuni väikseimate aineosakesteni (molekulideni), mis omavad veel vastava aine omadused. Neid molekule, millel on veel magneetilised omadused, nimetatakse molekulaarmagnetiteks.

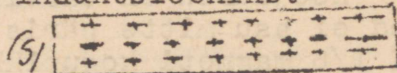
Sellel põhinebki Weber'i molekulaarmagnetismi hüpotees: magneti molekulid on täielikud magnetid, mis võivad pöörelda; magnetis on molekulaarmagnetid korraldatud ridadeks või ahelatesse nõnda, et samanimelised poolused on sihitud ühele poole. Ahelate vabad samanimelised otsapoolused tõukuvad ja ahelad painduvad magneti otste juures laiali, kuna aga kokkupuutuvad isenimelised poolused ei avalda välismõju.

Kui võtame tüki harilikku rauda, siis on ta molekulid (ehkki nad on magneetilised) loomulikus olekus korraldamata. Lähendame sellisele rauale magneti, korralduvad selle raua molekulaarmagnetid nii, et magnetpooluse läheduses tekib raua lähemas otsas isenimeline, kaugemas otsas samanimeline poolus.

Seega magneetimine on kehas molekulaarmagnetite korraldamine ja nende korrapärastamist nimetatakse magneetiliseks induktsiooniks.



loomulik raud



indutseeritud raud.

J.1.

Magneetiline induktsioon molekulaarmagnetismi hüpoteesi seisukohalt.

2. Pooluse tugevus ja Coulomb'i seadus.

Poolused võivad olla ühed tugevamad kui teised. Nende tugevuse mõõtmine toimub pooluste vastastikuse

mõjuvuse alusel. Mõõtuühikuks on võetud üks ühikpoolus (ÜP).

Ühikpoolus on poolus, mis teist samatugevat poolust 1 cm kaugusel 1. düüni võrra mõjustab. (Harriliku magnetnoolte tugevus 3 - 12 ÜP).

Pooluste vastastikune mõju ja pooluse mõju rauasse oleneb pooluste tugevusest ja nende kaugusest üksteisest.

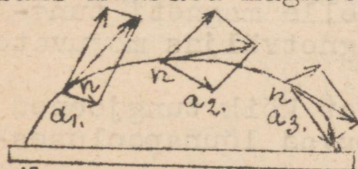
1785.a. prantsuse õpetlane Coulomb leidis, et kahe pooluse vaheline tung on võrdeline pooluste tugevustega ja pöördvõrdeline pooluste vahelise kauguse ruuduga.

$$f = \frac{m_1 m_2}{r^2}$$

Tung f väljendub düünides kui pooluste tugevused (m_1 ja m_2) on mõõdetud ühikpoolusteks ja pooluste vaheline kaugus (r) sentimeetrites.

3. Magnetväli ja tungjooned.

Magnetväljaks nimetame piirkonda, milles magnet oma mõju avaldab. Teoreetiliselt peaks seega magnetväli olema kõikjal, praktiliselt aga arvestame piirkonda, milles suudame praktiliselt kindlaks määrata magneti mõju.



Et täpsemalt määrata magnetvälja kuju, toome sisse vaba ühikpooluse mõiste.

Vabaks ühikpooluseks nimetame seda poolust, mille tugevus on 1 ÜP ja mis on vaba vastaspooluse mõjust. Praktiliselt pole see aga läbiviidav, küll aga teoreetiliselt.

Kui võtame näiteks pika magneetitud terasvarva, siis üks poolus avaldab teisesse väga väikest mõju ja me nimetame sel korral neid pooluseid vabadeks poolusteks (praktiliselt on mõju olemas)

Kui asetame nüüd säärase vaba põhjaühikpooluse magnetvälja magneti põhjapooluse lähedale, siis näeme, et vaba põhjaühikpoolus hakkab liikuma mööda teatavat joont. Et seda lähemalt selgitada, sel-

gitada, selleks joonis 2. Olgu vaba põhjähikpoolus asendis a, temasse avaldab tõukavat mõju magneti põhjapoolus N ja tõmbavat mõju lõunapoolus S (sest ühenimelised poolused tõukavad, erinevimeelised aga tõmbuvad).

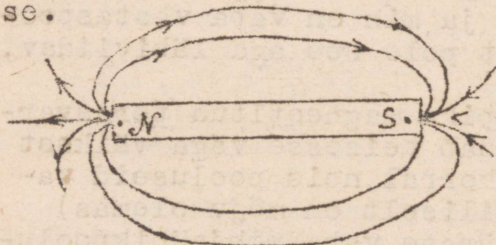
Columb'i seaduse põhjal saame kindlaks määrata ka tungi, millistega põhjapoolus tõukab enesest vaba põhjähikpoolust ja millisega lõunapoolus teada enda poole tõmbab.

Saame nendest tungide komponentidest ehitatud parallelogrammi, mille diagonaal ongi resultandiks. See on ühtlasi kõverjoone puutujaks, mida mööda liigub vaba põhjähikpoolus.

Nii oleme leidnud magnetiväljas asetsevasse vaba ühikpoolusesse mõjuva resultanttungi suuruse ja suuna tungide liitmise teel.

Horisontaalses tasapinnas mõjuvate resultanttungi suundi võime hõlpsasti nähtavaks teha rauapuru abil. Selleks asetame magneti peberile, raputame rauapuru ta ümber ja koputame paberit, et anda rauapurule, mis induktsiooni tõttu muutunud nüüd väikesteks magnetnõelteks, kergemat liikumis- ja pööramisvõimalust. Näeme, et puruosakesed korralduvad isenimeliste pooluste vastastikuse mõju tõttu ahelaisse, mida nimetamegi selle magneti tungjoonteks. Nad näitavad : : magnetväljas mõjuvate resultanttungi suundi.

Kokkuleppe põhjal ütleme, et kõik tungjooned väljuvad põhjapoolusest ja suubuvad lõunapoolusesse.



Joonis 3.

vaba põhjähikpooluse magneti telje suunas N pooluse lähedusse, tõukab see vaba põhjähikpooluse sirgjoonselt eemale. Samuti tõmbab lõunapoolus S

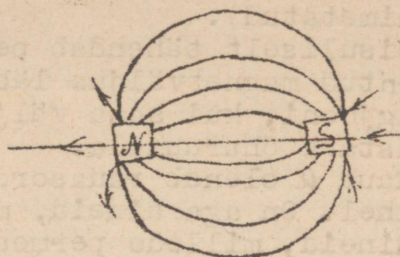
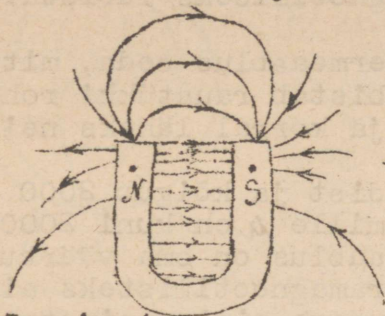
Magnetväljad erikujuliste magnetite korral.

1) pulkmagnet.

Seejuures kõverate tungjoonte hulgas on ka üks sirge tungjoon. Nimelt kui paigutame

vaba põhjapooluse sirgjoonselt enda poole, kui ta asub magnetilisel teljel.

2. Hobuserauakujuline magneti magnetväli.



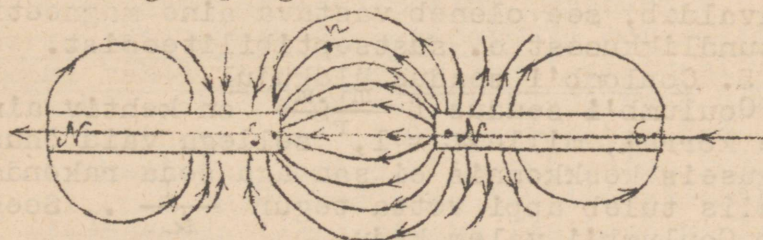
Otsast vaade.

Joonis 4.

Hobuserauakujulise magneti korral harude vahel tungjooned on sirgjooned ja paralleelsed, enamvähem ühtlaste vahedega, mis enam kõveriku poole lähenedes harveneivad. Seda välja magneti harude vahel nimetatakse homogeenseks väljaks ja välimist piirkonda heterogeenseks magnetväljaks.

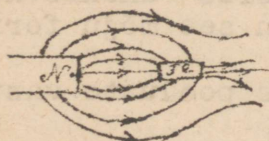
Magnetjoonte suunad moodustavad magneti spektri.

3. Kahe magnetpulga ühine väli.



Joonis 5.

4. Permeaablus.



Joonis 6.

Olgu meil antud mingi magneti põhjapoolus (näiteks). Me teame ta tungjooni selle pooluse lähemas piirkonnas. Kui aga paigutame mingi pehme raua tüki sellesse magnetvälja, näeme, et tungjooned koolduvad raua suunas. Seega magneetilistel tungjoontel on kalduvus läbida rauda. Olles tunginud läbi raua lähevad tungjooned edasi normaalselt.

Sellest järeldame, et raua μ on omadus magnetilisi tunge kergemini läbi lasta, kui õhul. Seda nähet nimetatakse permeaabluseks ja tähistatakse tähega μ (mü), (ka "magnetiliseks läbistavuseks" nimetatud).

Sisuliselt tähendab permeaablus seda, mitu korda antud magnetväljas läbistab rauatükk rohkem tungjooni, kui sama välja korral läheks neid läbi vastava õhuruumala.

Raua μ oleneb rauasordist ja kõigub 2000 - 6000 vahel. On aga aineid, mille μ on kuni 200000.

Aineid, millede permeaablus on oma väärtuselt suurem kui 1 nimetatakse paramagneetilisteks aineteks. Eriti suure permeaablusega aineid nimetatakse ferromagneetilisteks aineteks (raud, nikkel, koobalt).

Aineid, millede permeaablus on väärtuselt vähem kui 1 nimetatakse diamagneetilisiks, (vask, eriti bismut). Nendest ainetest nõel ei püüa end asetada tungjoonte suunas, vaid just risti tungjoontele.

Magnet mõjub igale ainele. Kuidas ta aga oma mõju avaldab, see oleneb vastava aine magneetilisest tundlikkusest e. sustseptibiliteedist.

5. Coulomb'i seadus üldkuju.

Coulomb'i seadus $f = \frac{m_1 m_2}{r^2}$ on kehtiv ainult ainete korral, mille $\mu = 1$, sellega vaid õhus. Isesuguseis keskkonnas ei saa aga seda rakendada, vaid siis tuleb appi võtta tegur $\frac{1}{\mu}$. Seega omadab Coulomb'i valem kuju.

$$f = \frac{1}{\mu} \frac{m_1 m_2}{r^2}$$

Kui paigutame kaks poolust paramagneetilisse keskkonda, s.o. $\mu > 1$, siis väheneb nende

vastastkune mõju ja eriti nõrk on see mõju ferromagneetilis keskkonnas.

Diamagneetilises keskkonnas pooluste vastastikune mõju muutub suuremaks.

6. Maa magnetism.

Magnetnõel näitab maakeral alati teatavat kindlat suunda. Seega peab olema maakera ümber magnetväli. Et aga mingid välised põhjused seda esile ei kutsu,



Joonis 7.

peab maakera ise olema magnet. Tal peab olema oma magnetxväli ja tungjooned.

Tähistame joonisel maakera geograafilise põhjapooluse tähega Ng ja lõunapooluse tähega Sg. Geograafilised meridiaanid näitavad NS suunda. Asetame magnetnõela meridiaanile, näeme, et see ei näita meile tegelikku Ng

Sg suunda, vaid kaldub veidi kõrvale.

See on põhjendatav sellega, et magnetiline poolus ei lange ühte geograafilise poolusega, vaid asub temast umbes 20° eemal.

Kuna magnetnõela N poolus näitab geogr. põhjapooluse poole, peab asuma selle läheduses magneetiline lõunapoolus (süst eri-nimelised tõmbuvad) ja vastupidi.

Nii saab geogr. põhjapooluse juures magneetiline lõunapoolus ja geograafilise lõunapooluse läheduses magneetiline põhjapoolus (Gilbert a. 1600)

Nurka, mis tekib magnetnõela ja geograafilise meridiaani vahel, nimetatakse deklinatsiooniks. Et muresõitu hõlbustada, on tarvis toada igas kohas vastavar deklinatsiooni. Sellega koostatakse kaart, millel on ühendatud sama deklinatsiooniga kohad. Neid jooni, mis ühendavad sama deklinatsiooniga kohti, nimetatakse isogoonideks (sellest ka isogoonide kaart).

Interpoltatsiooni teel määratakse kindlaks ka vahelmised punktid. Eestis deklin. on tavaliselt 0°.

Jälgides maakera tungjoonte sihti kaldenõelaga (magnetiline nõel, mille telg läbib raskuspunkti ja mis võib liikuda igas sihis) näeme, et kaldenõel moodustab horisontaalpinnaga nurga. Seda nurka nimetatakse kaldeks e. inklinatsiooniks.

See suureneb pooluste pool ja väheneb ekvaatoril. Eestis kalle umbes 70°.

Samuti, kui deklinatsiooni korralgi, võime ühendada sama inklinatsiooniga kohti kaartil. Neid

jooni, mis ühendavad sama inklinatsiooniga kohti, nimetatakse isokliinideks.

Maakera lõunamagnetpoolus asetseb Põhja-Ameerikas 70° p.l (kapten Ross 1831.a.) ja põhjamagneti poolus Lõuna-Viktoorias 72° l.l (Shakeltoni eksped. 1909.a.)

Vaatlused näitavad, et aja jooksul muutuvad maakera deklinatsioon, inklinatsioon ja maakera välja tugevuse suurused. Need muutused on enamaltjaolt perioodilised. Esineb ka järske muudatusi. Need on tingitud peamiselt magneetilistest tormidest, päikeselaikudest ja maakera sisemistest muudatustest.

(Protuberantsid - surnud laigud päikesel)

Kohati on maapinnal erakordsete deklinatsioonidega ja inklinatsioonidega kohti, (Eestis Türi, Jõhvi), Neis piirkondades on harilikult magnetiliste ainete (raua) lademed.

Esimesena pani tähele deklinatsiooni Columbus 1492.a. Inklinatsiooni avastas mehaanik Hartmann. Maakera magnetismi uuris põhjalikumalt Gauss (1777 - 1855)

7. E l e k t r o s t a a t i k a.

Elektrostaatika käsitleb peamiselt paigaloleva elektri nähtusi.

Juba Thales a. 600 e.Kr. Milcetoses kirjeldab elektrinähteid. Nimelt tõmbasid merevaigust värtnad, kui neile oli kedratud lõnga (villast), kergesti külge villaraasukesi; puhastamisel tekitasid nad praginat ja sädelesid pimedas. Et Kreekas nimetati merevaiku "elētron"iks" saigi kirjeldatud nähe omale nimeks "elēkter".

1600. a. avastab Prantsusmaal inglase Gilbert, et ka teised kehas hõõrdumisel annavad elektrit.

1650. aastatel hakatakse korraldama katseid. Otto von Guericke (1602 - 1686) ehitas esimesena elektrihõõrumise masina. Ta võttis väärast kera ja hõõrus seda villase riidega, tekkisid sädemed ja elektrilaengud. Teaduslike mõõteriistade arenemisel

tehti kindlaks, et kõik kehad juba kokkupuutel elektriseeruvad; hõõrdumine ainult soodustab ligidat kokkupuudet.

Vahet juhtide ja mittejuhtide vahel hakati tegema a. 1729 ja 1733.a. leiti, et ^{on} kaks elektrilist vastupidist olekut või kaks elektriliiki.

1777.a. Lichtenberg andis esimese kokkuleppe elektriliikide nimetamiseks. Seega positiivne elekter tekib klaasil, hõõrudes seda amalgaamitud nahaga ja negatiivne elekter tekib merevaigu hõõrumisel villase riidega.

Pandi tähele ka juba elektrostaatilist induktsiooni (mõju- ehk influentselektrit).

Arvati, et pole mingit erilist vahet mõlema elektriliigi vahel: mõlemad avaldasid sama mõju neutraalsesse kehasse (tõmbumine). Mõlemad võisid vabalt liikuda ja minna ühest kehast teise. Vahe avaldus vaid vastastikuses mõjus; isanimelised tõmbusid, samanimelised tõukusid.

Elektrit kujutati siis üldse mingi polüübitaolise elukana, kes võib lahkuda ühest kehast ja haarata siis jälle teisi kehi. Olles kaaluta aine, nagu soojuski.

Benjamin Franklin (1706 - 1790) püstitas elektrilise ühitaarse (ühe elektrilise) hüpoteesi: igas kehas on looduse poolt ette määratud hulk elektrit. Võib aga tekkida olukord, kus keha mingil põhjusel saab elektrit juurde, siis on keha positiivselt laetud; kui on tal aga puudujääk sellest kindlast normist, on keha laetud negatiivselt. Positiivselt ja negatiivselt laetud kehi kokku viies, voolab positiivselt laetud kehalt elektrit negatiivsele kehale nagu kõrgema nivooga anumast vedelikku alama nivooga anumasse.

1759.a. kerkis esile Sümmeri dualistlik elektrilise hüpotees: igas kehas on niihästi positiivset kui ka negatiivset elektrit lõpmatutes hulkades, kuid igas kehas mõlemaid võrdselt, nii et keha on neutraalses olukorras. Hõõrumisel vabanevad laengud; positiivne ja negatiivne, mis ennem olid seotud olekus. Hõõrumisel eraldub osa seotud elektrit, kus-

juures kehad elektriseeruvad vastupidiselt ja ühetugevuselt; neutraliseerumisel isenimelised elekt-
rid ei hävi, vaid seovad teineteist.

Kehas ei saa aga olla elektrit lõpmata palju. Hõõrudes keha ta kulub ometi ja lõpuks ei olegi keha ja pole ka elektrit. Seega osutub ka see hüpotees valeks.

Füüsikas ei saa üldse olla mingit ainet lõpmata palju.

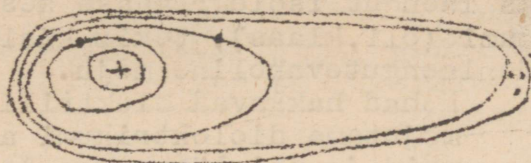
Viimaseil aastakümneil on leidnud üha enam poolehoidu elektroontooria (Rutherford). Uurimused näitavad, et elektril on aatomiline ehitus selles mõttes, et elektrilaengud koosnevad täisarvulisest hulgast jagamata elektrilaenguist, nn. elektronidest, samuti, kui aine koosneb keemiliselt aatomitest.

Seejuures elektrooni mass on $8,98 \cdot 10^{-28}$ g ja laeng on $4,77 \cdot 10^{-10}$ laengühikut (aatomi kaal $1,67 \cdot 10^{-24}$)

Aatom on aine kõige väiksem osakene, millel on veel algaine omadused. Ta on aga siiski veel jagatav, kaotab siis aga oma esialgsed omadused.

Iga aatom koosneb positiivse elektriga laetud aatomituumast, mille ümber tiirlevad negatiivse elektriga alaosakesed, elektronid. Tiirlemine toimub (kiirus $36 \cdot 10^{15}$ sek) kas ringjoonset või (peamiselt) elliptilist orbiiti mööda. Nende kogusumma on nii suur, et nad neutraliseerivad positiivse laengu. Et nad aga võivad vabalt tiirelda ümber tuuma, võivad elektronid minna ka ühest kehast teise üle. Tuumade ja elektronide vahel valitseb tõmbetõuge, mis sunnibki neid liikuma ümber tuuma (nagu kuu ümber maa).

Tiirlemise kiirus on aga väga suur - $36 \cdot 10^{15}$ tiiru sekundis. Elektroonid tõukuvad mõnikord omavahel ja kui orbit on liiga välja venitatud, ei suuda tuum elektroni kinni pidada ja see lendab minema. Sellele võib järgneda aatomi lagunemine. Kui aatomi tuum on nii kaotanud elektrone, on tekkinud elektronide puudujääk, ja keha on positiivne. Kui aga mingil kehal on elektrone palju, on keha lae-



tud negatiivselt.

Negatiivselt kehalt võivad elektronid üle minna positiivsele ja kehad võivad neutraliseeruda.

Elektri juhtivus on

Joonis 8.

seletatav elektronide kerge liikuvusega juhtides.

Elektrostaatiline induktsioon seletub sellega, et näit. positiivne koha tõmbab ligidalasuvast neutraalsest kehast elektroone ligi, mille tõttu neutraalse koha lähemas otsas tekib elektronide ülejääk (- laeng) ja kaugemas puudujääk (+ laeng).

Isolaatoris ei leidu vabu elektrone, küll aga leidub neid juhtivais kehtes, millised ei kuulu ühelegi aatomile.

8. Elektrihulga mõõtmine ja Coulomb'i seadus.

Elektri hulga ehk laengu suuruse mõõtmiseks on võetud tarvitusele mõõtühikuna 1 laengühik.

1 Laengühik (LÜ) on niisugune laeng (ol. hulk), mis toist sama suurt laengut 1 cm kauguselt 1 düünilise tungiga mõjustab.

3000 miljonit LÜ moodustavad ühe kuloni.

$$1C = 3 \cdot 10^9 \text{ LÜ}$$

Coulomb leidis 1785.a, et kahe elektrilise laengu vastastikuse mõju kohta on kehtiv seadus, samuti kui magnetismi korralgi, s.o. Kahe laengu vahel mõjuv tung on võrdeline laengute suurusetega ja pöördvõrdeline nende vahelise kauguse ruuduga.

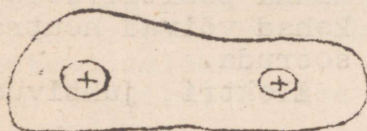
$$f = \frac{e_1 \cdot e_2}{r^2}$$

f väljendub düünides, kui e_1 ja e_2 väljenduvad LÜ-des ja r - cm-des

See valem on kehtiv absoluutse tühjuse jaoks. Väike erinevus esineb selles gaaside ja õhu kohta. Teistes keskkondades ei kehti.

9. C o u l o m b ' i s e a d u s ü l d k u j u l.

Kui asetada kaks laengut isoleerivasse keskkonda - dielektrikumi (õli, klaas), tekib küsimus, milline on nüüd nende laengutevaheline mõju.



Kehad hakkavad elektriliselt mõjutama dielektrikumi aatomid ja nii läheb osa laengute mõjust kaduma. Laengud avaldavad ikka (praegusel juhul) tõukuvat mõju, ehk-

Joonis 9.
ki osa (positiivsete) laengute mõjust läheb kaduma. Sama sünnib ka teise kehaga. Järelikult nondo omavaheline mõju peab vähenema.

Kuidas toimub vähenemine?

Seda arvu, mis näitab, mitu korda antud keskkonnas laengutevaheline mõju väheneb, võrreldes absoluutse tühjusega, nimetame selle keskkonna dielektriliseks konstandiks (ϵ).

Kui keha on juhtiv, valgub laeng üle kogu keha. Konstant ϵ sõltub automaatselt hulgast ja nende ohitusest. Coulomb'i valem üldkujul omab järgmise kuju:

$$f = \frac{1}{\epsilon} \cdot \frac{e_1 \cdot e_2}{r^2}$$

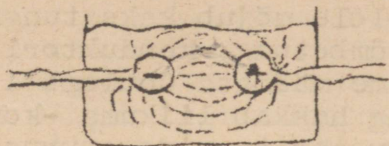
Aine	ϵ	Aine	ϵ
õhk	1,00059	vilgukevi	6 - 8
CO ₂	1.00097	klaas	4 - 10
ebaniit	2 - 3	alkohol	25,7
parafiin	2	puhas vesi	81,7

10. E l e k t r i v ä l i .

Elektri väljaks nimetame piirkonda, milles laeng avaldab märgatavalt oma mõju.

Elektrivälja kuju on kõrge määrata katselisel teel.

Võtame klaasmuna, millest laseme vastavate avauste kaudu läbi kohad üks + ja teine - laenguga. Täidame anuma mingi raske õliga. Raputame

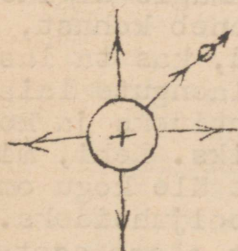


Joonis 10.

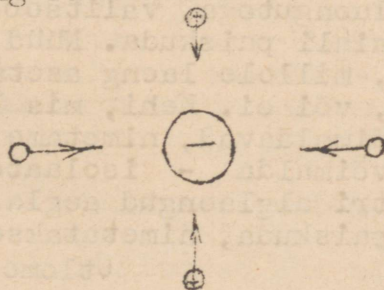
Et uurida tungjoonte suundi, selleks kasutame vaba + laengut. Asotame ta + laengu lähedusse. Nüüd mõjub vaba + laengusse 2 tungi: + laengu tõuke- ja - laengu tõmbetung.

Vaba + laeng hakkab liikuma nende tungide resultandi mõjul. Et aga tungide suurused, mida on Coulomb'i seaduse põhjal alati võimalik kindlaks määrata, muutuvad alatasa, siis liigub keha kõverjoonset teed mööda, kusjuures alati liikumist põhjustavate tungide resultant on selle kõverjoone puutujaks. Tungjoone suunaks loetakse positiivse laengu liikumissuunda elektriväljas.

Positiivselt laetud kerakonduktori (juhtiv keha, mis on maast isoleeritud) tungjoonte suuna määramiseks tarvitame jällegi vaba + laengut. Näeme, et vaba + laeng tõukab konduktorist eemale ja nimelt sirgjoonselt ning radiaalselt.



Joon. 11



Joon. 12

Negatiivselt laetud kerakonduktori korral tungjooned suubuvad radiaalselt kera keskpunkti.

11. K a h e k o n d u k t o r i
ü h i s v ä l i.

Joon. 13.

Joon. 14.

Kahe konduktori ühisvõlja määramiseks kasutame jällegi vaba +laengut. Sellele mõjub kaks tungi: tõuketung +konduktori ja tõmbetung -konduktori poolt. Tungide suuruse saame määrata Coulomb'i seaduse põhjal. Vaba +laeng hakkab liikuma -konduktori suunas. Seejuures kogu aeg tungide suuruslik vahetord muutub. Vaba +laeng liigub kõverjoonselt, kusjuures liikumist põhjustavate tungide resultant on selle kõverjoone puutujaks antud punktis. Tungjooned väljuvad positiivsest konduktorist, suubudes negatiivsesse.

12. Elektrilaengu potentsiaal.

Võtame mingi konduktori, millole paigutame laengu. Olgu see laeng positiivne (+). See laeng koosneb alglaenguist, kusjuures alglaengute suurus tõõdame elektri laengühikute kaudu. Need alglaengud sellel konduktoril on samanimelised - s. t. kõigi nende vahel valitsevad tõuketungid.

Nüüd võtame mingi teise konduktori ja asetame sellele negatiivse (-) laengu. See koosneb elektronidest.

Et konduktorid olid laetud mõlemad eraldi samanimeliste laengutega, valitseb kummagis alglaengutes püüe laiali paiskuda. Nüüd oleneb kehast, konduktorist, millole laeng asetatud, kas ta laseb seda sündida, või ei. Kehi, mis /alglaengute laiali paiskumist võimaldavad, nimetame juhtideks ja kehi, mis seda ei võimalda - isolaatoreiks. Kehi, mis lasevad elektri alglaengud aeglaselt üle kogu oma keha laiali paiskuda, nimetatakse pooljuhtideks.

Ütleme, et olome asetanud laengu kehale, millel on olemas elektri laialivalgumise võimalus - s.o. juhile. Kuidas toimub siis elektri alglaengu paiskumine ehk laialivalgumine ja kui



Joon. 15.

kaua see kestab?

Kestvuse kohta võime öelda, et see laiali-
paiskumine toimub nii kaua, kuni alglaengud on
vastastikusel tõukekaalus: s.o. kuni alglaengule
mõjub mitu tõuketungi, siis Newton'i III seaduse
põhjal peab tekkima nendele tungidele ka vastutun-
gid, mis tasakaalustavad omavah. tõuketungi.

Seega laialivalgumine on mõeldav nii kaua, ku-
ni kogu konduktor on elektriliselt tasakaalusta-
tud.

Siinjuures laialivalgumise püüe on ühtlane ja
laeng paiskub laiali kogu konduktori pinna ulatu-
ses.

Potensiaali all võime mõista laengu püüt laia-
li valguda. Millest oleneb siis laetud keha poten-
siaal?

Olgu meil mingi kerakondutor. Anname talle
laengu. See valgub kogu konduktori pinnal ühtla-
selt laiali - s.t. elektrilaengu potentsiaal on
ühesugune kogu pinna ulatuses.

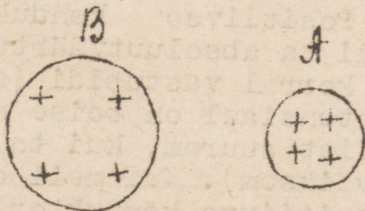
Et kindlaks määrata, millest oleneb elektri-
laengu potentsiaal antud konduktoril, selleks

1) jälgime potentsiaali olenevust elektrilaen-
gu suurusest. Paigutame kord konduktorile teata-
va laengu, tekib kehas potentsiaal. Kui paigutame
samale konduktorile aga kaks korda suurema laen-
gu - siis üksikute elektrilaengu algosakeste ti-
hodus on ka kaks korda suurem - nii peab ka po-
tentsiaal olema kaks korda suurem.

Tähendab: laetud keha potentsiaal on võrdeline
laengu suurusega.

2) Vaatleme, kuidas oleneb laetud keha poten-
siaal keha suurusest. Selleks võtame kaks kerakon-
duktorit (J.10), milledest üks oleks teisest (B

-Ast) näitoks kaks korda
suurem.



Asetame noile samasuu-
rused laengud (+). Mär-
kame, et väiksemal kondul-
toril peaks olema suurem
potentsiaal, sest seal on

Joon. 16.

alglaengud tihedamini asetatud. Seega väiksemal konduktoiril on alengu laialipaiskumispuue suurem, kui suuremal.

Ühendades kontuktorid, peaks laengu algosakesi üholt ja nimelt väiksemalt suuremale üle minema. See võib ka nii olla.

Et aga meil on mõlemad kontuktorid laetud positiivse elektriga, me oleme öelnud, et positiivne elektrilaeng on kinnine, kas siis ei õnnestuks meil üldse see katse?

Lichtenberg'i kokkuleppel oli ju 1777.a. positiivseks elektriks klaasil tekkinud elekter, mis omas liikumisvõime. Uuomad katsed ja uurimused on aga näidanud vastupidiist - just negatiivne elekter on liikuv.

Tõelikult katse joon. 16. korral on nii, et mõlematel konduktoritel on elektronide puudujääk. Viimane on just suurem väiksemal konduktoiril, kuna väiksema konduktoori potentsiaal oli suurem. (Siin peab olema rohkem elektrone, et tasakaalustada + elektrilaengut). Seega potentsiaal on pöördvõrdeline konduktoori (keha) suurusega.

Potentsiaali mõõtühikuks on 1 Volt (1V). See on 1 cm raadiusega kerakonduktoori potentsiaal, kui tal-
le on paigutatud 1/300 laengühikut.

Võtame kaks laetud keha. (J.17) Nende vahel on



+5V



+15V

suur. suund. suuremalt väiksemalt

olemas potentsiaalide vahe e. pinge. Selle suurus praegusel juhul oleks 10V. Positiivsete konduktoorte potentsiaal on alati + ja negatiivsete - alati - .

Joon. 17. Positiivse konduktoori potentsiaal on suurem, kui ta absoluutväärtus on suurem. Neg. konduktoori korral vastupidi (s.o. negatiivse konduktoori potentsiaal on teise negatiivse konduktoori potentsiaalist suurem, kui ta absoluutväärtus on teisest väiksem). Kui meil on aga üks negatiivne ja üks positiivne konduktoori, siis
 $(+ 15) - (- 5) = + 20$

x) pinge = elektrimotoorne jõud.

13. Riistu, milloga mõõdetakse (konduktori-
te) potentsiaali nimetatakse elektromeetreiks. Need
on kastikased (mingist paramagneetilisest ainest)
kahe paralceelse klaasseinaga. Läbi kastikaane lä-
heb hästi isoleeritud (merovaigust korgis) metall-
varb, mille küljes pöörelda võiv pulk. Kui anname
varvale laengu, siis näitab pulgake skaalal hälvet
- keha potentsiaali voltides; seejuures peab elekt-
romeetri kast olema maandatud.

Tegelikult näitab elektromeeter vastava keha
ja maa potentsiaalide vahet, s.o. potentsiaalide va-
het maa suhtes.

Elektromeetrite tüüpe on palju, millede tund-
likkus ulatub miljonidikest voltidest sadade volti-
deni.

Braun'i elektromeetrist tundlikum on Kolbe
elektromeeter; sellol üks vahemik skaalal näitab
juba 1 - 2 V potentsiaali. Eriti tundlikud on need
elektromootrid, millel on mõõtmise tarvis kvarts-
lehekased, kaetud üliõhukese plaatina.kihiga.

14. E l e k t r i m a h u t a v u s (mahtuvus).

Kui võtame kaks isosuurust kerakonduktorit
ja laeme need ühesuguste laengutega. Ühendame nad
elektromeetritega, siis näeme, et suurema konduk-
tori potentsiaal on väiksem kui vähemal konduktoril.

Et tõsta suurema konduktori potentsiaali sa-
male kõrgusele, kui väiksema konduktori oma, siis
peame talle andma juurde elektrilaenguid, s.o. ta
elektrimahutavus on suurem, kui väiksemal konduk-
toril.

Elektri mahutavust mõõdetakse elektrihul-
gaga, mis kuulub konduktori potentsiaali tõstmiseks
1 V võrra.

Ühikuks on 1 faraad (F) (Faraday akus).
Kerakujulise konduktori mahutavus on 1F, kui tema
raadius on 23 korda võetud kuu ja maa vahemik.

1F on niisuguse konduktori elektrimahutavus,
mille potentsiaali tõstmiseks 1V võrra kulub 1 C
elektrit.

Tarvitusel on 1 millifarad = $\frac{1}{1000}$ F ja
1 mikrofarad $\frac{1}{1.000.000}$ F.

Mõõtühikuks on ka 1 cm. See on kerakon-
duktori elektrimahutavus, mille raadius on 1 cm.
Konduktoril oleva elektrilaengu suurus oleneb kon-
duktori potentsiaalist ja elektrimahutavusest, ol-
les sellega võrdeline.

elektril^o $q = C \cdot V$ potentsiaal voltides
gu suurus LÜ mahutavus
faradides.

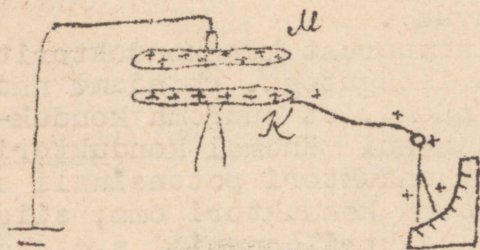
15. K o d e n s a a t o r i d.

Kodensaatoriga oli meil kokkupuuteid juba val-
guse murdumise tundmaõppimisel. Nimelt projektsi-
oonaparaadi korral nimetasime kodensaatoriks
vastavat objektiivi, mis koondas hulgaliselt val-
guskiiri.

Ka elektrinähtete uurimisel (kui ka praktiil-
ses elus) leiab tarvitamist kodensaator o. k. uja.

Ühendame konduktori K,
millele on antud po-
sitiivne (+) laeng,
elektromootriga. (Ko-
hane on konduktorina
kasutada sel juhul mo-
tallplaati, millel la-
porgune kuju, et ta pind
oleks võimalikult suur).

Elektromootor näitab
konduktori potentsiaali.



Joon. 19.

(Viimane võib aeglaselt alaneda, kuna isolatsioon
ei ole täiuslik.)

Toome nüüd selle positiivselt laetud konduk-
tori kehale maaga ühendatud konduktori. Me näeme,
et elektromootor näitab konduktori K potentsiaali
vähenemist. Võttes aga maakonduktori M-i jälle coma-
le kond. K-st, näeme, et potentsiaal tõuseb uuesti
endisele tasemele.

Seega pole elektrihulgaad konduktor K pealt
ära läinud, vaid ainult maandatud plaadi lähenda-

misel muutus potentsiaal väiksemaks.

Et tõsta konduktor K potentsiaali jälle endis-
le tasemele võime talle anda kas uusi elektrilaen-
guid või kõrvaldada maakonduktor M. S.t. konduk-
tor K elektriline mahutavus suureneb konduktor M-l
lähondades.

Selle nähte füüsikaline põhjus on järgmine:

Kui maandatud konduktori (keha neutraalses ole-
kus) lähendame konduktorile K, siis sellel asuv
positiivne (+) laeng mõjustab neutraalse konduk-
tori aatomeid nii, et nendest osa elektrone lahkub.
Elektronid koonduvad neutraalse konduktori alumis-
se ossa, kuna ülejäänud ülemine osa omandab posi-
tiivse laengu. Kuna konduktori pealispinda kogune-
nud positiivne laeng hävib maast tulevate elektro-
nide tõttu.

Seega tekib konduktoril M negatiivne (-) laeng.
Sellel konduktoril asuvad elektronid püüavad aga
siduda konduktor K positiivset laengut ja osa neist
seondubki. Seega osa +alglaenguid ei avalda enam
oma mõju elektromagnetile ja konduktor K potentsiaal
langeb.

Kui anname konduktorile K negatiivse laengu
ja lähendame nüüd maandatud konduktori, koonduvad
viimasel alumistesse kihtidesse +laengud ja ülemi-
sed elektronid, mis kogunevad konduktori M pealis-
pinnale paiskuvad kond. K mõjul maasse.

Tulemus on sama, mis positiivselt laetud ko-
densaatori korralgi.

Kodensaatorile võime vaadelda kui konduktori-
test koosnevale süsteemile, milledest üks on iso-
leeritud, teine maandatud.

Kodensaatori mahutavus oleneb: 1) plaatide va-
holisest kaugusest ja on sellega pöördvõrdeline,
2) plaatide suuruselt ning dielektrikumist, mis
on võimalik asetada nende plaatide vahele ning on
viimastega võrdeline.

(Oigemini on mahutavus võrdeline plaadi pindala
suurusega ning dielektrikumi konstandiga).

Kui tähistada õhk-dielektrikumiga kondensa-
atori mahtuvuse arvuga 1, siis näitab alljärgnev

tabel mahutuvust teiste dialektrikumide puhul:

õhk	1	vilgukivi	6
eboniit	2 - 4	petrooleum	2
pabu	2,5	alkohol	25
klaas	4 - 10	merevaik	87

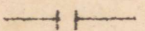
Igapäevases elus leiavad kondensaatorid kasutamist raadiotehnikas.

Nad jagunevad plokk- ja pöördkondensaatoreiks. Esimestel pole võimalik elektri mahutavust muuta, kuna teiste korral on see võimalik.

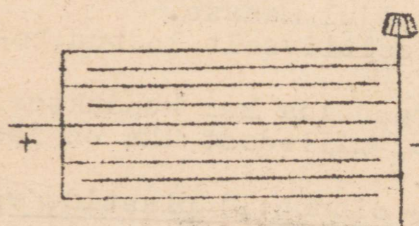
Plokkkondensaator koosneb suurest hulgast stanioolletedest, mis on isoleeritud üksteisest parafiiniga immutatud paberiga.

Plokkkondensaatori maht on võrdlemisi väike, kuid ta elektriline mahutavus võib tõusta väga kõrgele. Harilikumad plokkkondensaatorid on mahutavusega $1/8$ Fμ kuni 2 μF.

Suuremaid pingesid kannatab vilkkiviga isoleeritud plokkkondensaator.

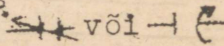
Plokkkondensaatori sümboliks raadiotehnikas on .

Pöördkondensaatori, mille skeemi näitab joonis nr. 20, mahutavust on võimalik alati muuta.



Ta koosneb samuti kahest plaatide süsteemist, millest üks on maandatud ja teine on isoleeritud. Plaadid on plekist. Üks plaatide süsteem on harilikult paigalseisev, teist süsteemi võib kas

Joonis 20. sissee pöörata, seega kondensaatori mahutavust vastavalt muutes.

Pöördkondensaatori sümboliks on .

E l e k t r o d ü n a m i k a.

Elektrodünaamika käsitleb voolava elektri nähteid.

16. Elemendid.

Asetades tsinkpulga lahjendatud väävelhappesse,

tekib metalli ja happe vahel keemiline reaktsioon ning keemilise energia arvel toimub elektri eraldumine.

Nagu katsed näitavad, koonduvad happe elektronid metallpulgale; sellega metallpulk omandab negatiivse laengu, kuna vedelik elektronide äravoolu tõttu peab saama positiivse laengu kandjaks. Nii see ongi.

Need laengud vastastiku neutraliseeruda ei saa, kuna keemiline reaktsioon on pidev ja seega elektronide juurdevool vedelikust pulgale samuti pidev!



Happe ja metallpulga vahel tekib potentsiaalide vahe e. pinge. Kui ühendame metallpulgaga juhtme abil vedelikuga, neutraliseerub vedelik (s.o. tekib elektronide ringkäik). Täielikult neutraalseks aga ei muutu ei hape ega ka vastav metall. Nende vahel jääb püsima teatav pinge alati.

Joonis 21.

Selle mõõtmiseks kasutame erilist riista, mille nimi on voltmeeter ja mis näitab metalli ja vedeliku vahelist pinget voltides.

Et sõe ja happe vahel ei teki keemilist reaktsiooni, siis võetaksegi harilikult süsi selleks juhiks, mille kaudu võib toimuda elektronide ringkäik.

See ongi nn. Galvani element. Selle negatiivseks pooluseks on metall ja positiivseks süsi. Negatiivset poolust nimetatakse katoodiks ja positiivset - anoodiks.

Need mõlemad elemendi plaadid, kannavad ühist nime : elektrodid. Vedelikust väljaulatuivaid osi nimetame poolusteks.

Galvani elemendi pinge on 2V. Elektri voolamise tehniliseks suunaks on positiivselt negatiivsele, praktiliselt ehk tegelikult aga vastupidi.

Esimesed, kes uurisid elektrodünaamiks nähtusi, olid Bologna ülikooli professor Galvan ja Pa

Ülikooli professor Volta (1790.a. ümber).

Esimese galvaani elemendi konstruis Volta, tarvitades katoodina Zn ja anoodina Cu-it. Tegelikku tähtsust sel elemendil pole, kuna Cu ise reageerub ka hapete toimel. Happeks oli väävelhape H_2SO_4

Levinenumaid galvaani elemente on:

1) kroomhappe-element (Zn ja C kroomhappes)

Kroomhape mõjub tsingile väga energiliselt, mille tõttu elemendi jõudeolekul oemaldatakse tsink kroomhapest. Tarvitatakse peamiselt füüsika labaratooriumides. (1,9V)

2) Leclanché-element (C mangaan-ülihapendiga kotikeses ja Zn, mõlemad salmijaagis NH_4Cl . (Pinge ~ 1,5 V).

3) Danieli element (kahe vedeliku element vaheseinaga eraldatud on ühes anuma osas Zn nõrgas väävelhappelahuses ja teises osas Cu vasevitriooli lahuses. (Pinge ~ 1,1V).

Tegelikus elus tarvitatakse kuivelemente, mille lektroodid asetuvad salmijaagilahusega immutatud pooljuhis; pigiga sulatud, et vedelik ära ei auraks (Pinge ~ 1,5 V).

Sekundaarelemendid ehk akud on juba tugovama pingega.

Element on lahtine, kui poolused on ühendamata. Kui nad on aga ühendatud, siis on element kinnine.

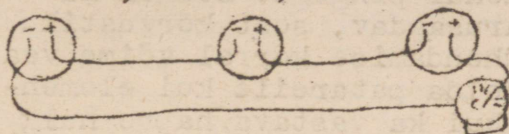
Galvaani elemendi pinge on püsiv. Ta ei olene elektroodide suurusest ja vedeliku hulgast, vaid elektroodide ja vedeliku ainest.

17. Elementide ühendamine patareiks.

Et saada suuremat pinget, ühendame mitu elementi nn. patareiks. Seejuures ühendamine võib toimuda kas järjestikku, kõrvuti ja segamini.

Koostame patarei kolmest Leclanché elemendist. Nende elementide pinge on kõigil võrdne, nimelt 1,5 Volti. Ühendame antud elemendid järjestikku, s.o. ühe elemendi anood on ühenduses teise elemendi katoodiga jne. Et määrata selle patarei pinget, võ-

tame ühenduse äärmistelt vabadelt poolustelt ja ühendame nad voltmeetriga, näitab viimane pinget 4,5 Volti. See tähendab: järjestiku ühendami-
a + 1,5V a + 1,5V + a + 3V a + 3V a + 4,5V



Joonis 22.

sel võrdub patarei pinge elementide pingede summa-
ga. Et selle põhust selgitada, arutleme asja järg-
 miselt: Oletame, et esimese elemendi katoodi poten-
 siaal on a volti. Me teame, et Leclanché elemendi
 pinge on 1,5 V. s.t. anoodi potentsiaal on 1,5 vol-
 di võrra suurem katoodi potentsiaalist.

Seega esimese elemendi anoodi pinge on $a + 1,5$
 volti. See on ühendatud järgmise elemendi katoodi-
 ga. Kuna nende kahe elemendi vahel puudub vedelik,
 siis puudub nende kahe elemendi vahel ka potentsi-
 aalide vahe, sest see tekis meil vaid vedeliku
 korral, mis mõjustab elektroode. Järelikult järg-
 mise katoodi potentsiaal on ka $a + 1,5$ Volti.

Kuid teise elemendi anoodi potentsiaal on jäl-
 le 1,5 volti võrra kõrgem tema katoodi potentsiaa-
 list. Seetõttu tema pinge on nüüd $a + 3$ Volti. Kol-
 manda elemendi anoodi potentsiaali on jällegi 1,5
 Voldi võrra kõrgem oma katoodist. Nii on ta pin-
 ge $a + 4,5$ Volti.

Terve patarei pinge on nüüd $a + 4,5(V) - a =$
 $= 4,5 V$, sest me teame, et pinge on potentsiaali-
 de vahe. Järelikult, et leida kogu patarei pinget,
 tuleb meil lahutada viimase elemendi ($a + 4,5V$)
 anoodi potentsiaalist esimese elemendi katoodi po-
 tentsiaal (a). Saame patarei pinge 4,5 Volti.

Elementide kõrvustikku ühendamise korral ühen-
 dame elementide katoodid omavahel ja anoodid oma-
 vahel. Kui tarvitame jällegi Leclanché elemente,
 siis näeme, et patarei pinge ei tõuse, vaid püsib



Joonis 23.

dile, mille elektrodid kui ka vastava happe hulk on suuremad. Me aga teame, et elemendi pinge ei olene elektrodide suurusest ja vedeliku hulgast. Küll suureneb kõrvustiku ühendamisel patarei voolutugevus.

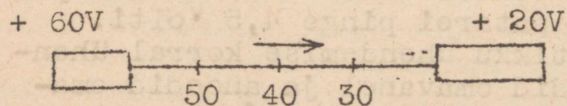
On võimalik ka veel segamini ühendus, kuid see ei oma erilisi voorusi.

18. E l e k t r i v o o l .

Kui me nimetame vee vooluks veehulkade liikumist, siis võime elektrivoolu käsitada analoogselt sellele.

Seega elektri vooluks võiksime nimetada elektrihulkade liikumist juhtmeis. Kerkib esile küsimus: mis põhjustab elektri voolamise? Seda võime selektada jüllegi analoogselt veevoolamisele. Nimelt püüab vesi ühendatud anumais saavutada ühist niivood. Kõrgema nivooga anumast hakkab vesi voolama väiksema nivooga anumasse.

Elektri voolamine toimub samuti. Elektri-vool võib tekkida, kui suurema potentsiaaliga konduktori ühendame väiksema potentsiaaliga konduktoriga. Siis tekib elektri voolamine kõrgema potentsiaaliga konduktori poolt, madalama potentsiaaliga konduktori poole. Seejuures tuleb tarvitada ühendamiseks ühtlast juhet, sest siis on elektri voolamine juhtmeis ühtlane. Potentsiaal peab



Joonis 24.

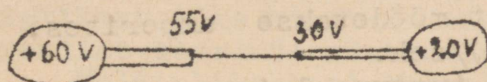
me ütlesime, et voolamise põhjustab ju potentsiaalide vahe.

juhett mõõda minnes muutuma ikka madalamaks ja madalamaks, sest põhitud poleks üldse võimalik, kuna

Jälgime potentsiaali muutumist juhtmes; seda saame määrata elektromeetri abil. Kui puudutame elektromeetriga juhet kekskohalt näitab see praegusel juhul (kui ühe kond. potentsiaal on +60V ja teise +20V) 40 volti $1\frac{1}{4}$ juhtmel 50 Volti ja $\frac{3}{4}$ kaugusel 30 Volti.

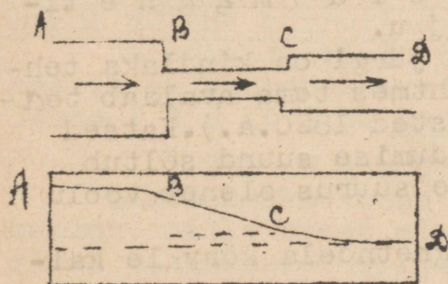
Ühtlases juhtmes langeb potentsiaal ühtlaselt.

Kui sama katset lorrata mitteühtlase juhtmega, siis näeme, et potentsiaali langus on ebahütlane ja sõltub juhtme läbimõõdust. Kui oletame, et juhtme üksikud osad on samast aineksest ja ühepikkused, siis näeme, et kõige suurem takistus on väikseima läbimõõduga juhtme korral ja vähim takistus suurima läbimõõduga juhtmes.



Joonis 25.

Et selgitada seda nähet ja iseäranis takistusi, toome näitena sisse jällegi vee voolamise erisugustes kanalites.



Joonis 26.

gus on suurem. Viimast nähet võime eriti tähele panna sildade juures.

Vastavalt sellele on ka elektri voolamine. Kui takistus on väiksem, on potentsiaali langus samuti väiksem ja ümberpöörduvalt: suurema takistusega (väiksema läbimõõduga) juhtmes on takistus samuti suurem. Elektrivool on seda tugevam, mida suurem on potentsiaalide vahe ja seda nõrgem, mida suurem on juhtme takistus.

Kogu kanali ulatuses on vee hulgad. Ühe aegühiku jooksul peab voolama igast kanali osast sama palju vett läbi. Et kitsamast kanalist võiks sama palju vett läbi minna, peab voolamise kiirus selles kanali osas olema suurem.

Seega ka nivoo lan-

$I = \frac{e}{t}$ (amp)
milliamp

19. Elektrivoolu tugevuse ühik.

Me ütlesime, et elektrivool on elektrilaengu-
te liikumine, mis analoogiline vee voolamisega. Kui
katkestame vee voolu kanali ühes osas, siis katkeb
vool kogu kanali ulatuses. Sama toimub ka elektrivoolu korral. Voolu tugevus kogu ahela (kanali) pii-
ronnas on ühtlane.

Elektronide kiirus juhtmes on 1 - 2 cm sekun-
dis harilikult valgustusvõrgu voolu korral.

Kui lülitada vool juhtmesse, mis on ühendatud
elektrilambiga, siis hakkab see kohe põlema, sest
kogu juhtme ulatuses on vabu elektrone, mis hakka-
vad voolama vastava kiirusega (mis eelpool nimeta-
tud) kuna elektronide juurdepääs on võimaldatud.
Kui lülitus ära võtta, katkeb voolamine kustutami-
se momendist alates ja lamp kustub.

Elektrivoolu tugevust mõõdetakse amperites.

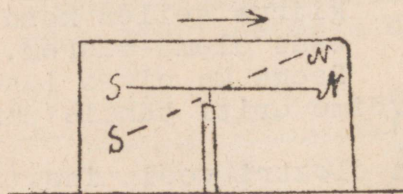
$$1 \text{ A (mper)} = 1 \text{ C (ulon) / sek.}$$

Nii on juhtmes voolu tugevus 1 Amper, kui te-
mast voolab 1 sekundi jooksul läbi 1 kuulon elekt-
rit.

20. Elektrivoolu magneti- line mõju.

Vastavate tähelepanekute järgi on kindlaks teh-
tud, et elektrivoolamisel juhtmes tekitab avaldab teat-
tavat mõju magnetnõelale (Oersted 1820.a.). Katsed
näitavad, et magnetnõela pöördumise suund sõltub
voolujuhtme suunast ning hälve suurus oleneb voolu
tugevusest.

Millises suunas tekib magnetnõela kõrvale kal-
le, seda uuris Amper.



Joonis 27.

Ta leidis järgmise reeg-
li: Kui asetada parem kä-
si juhtme kohale, sõrmed
voolu suunas ja peopesa on
pööratud nõela poole, te-
kib kõrvalekalle pöidla
suunas. Täiesti risti aga
magnetnõel voolu suunale

ei asetu, kuna talle mõjub mitte üksnes el. voolu magnetiline mõju, vaid ka Maa magnetväli. Kui meie asetame aga magnetnõela põhi-lõuna suunas ja juhimetema pealt juhtmeast, mis on ida-lääne suunas asetatud voolu läbi, jääb magnetnõel liikumatuks.

Me teame, õigemini nägime, et elektri voolu magnetiline mõju püüab asetada magnetnõela risti voolu suunale. Kuna on tegev ka Maa magnetiline mõju, siis suundub nõel nende mõlema tungi ühise resultandi suunas.

Nälve suurus on võrdeline voolu tugevusega. Niisugusel korral võiksime seda magnetnõela kasutada voolu tugevuse mõõtmisel.

Et suurendada elektri magnetilist mõju juhtmes, selleks paigutame magnetnõela ümber keerduks rohkem traati. Kui nii asetada magnetnõela ümber mitu keerdu saama mähise ehk multiplikaatori. (Multiplikaatoriks nimetame magnetnõela ühes isoleerit. traadist keerdude süsteemiga.)

Multiplikaatori korral toimub magnetnõela kõrvalekalle juba väiksema voolugi juures. Multipl magnetiline mõju nõelale on võrdeline keerdu arvu ja voolutugevusega. Õigemini on ta võrdeline nende mõlema korrutisega.

On näiteks voolu tugevus multiplikaatoris 3 amprit ja keerdu arv 10, siis mõjuvad magnetnõelasse (3×10) 30 amperkeerdu.

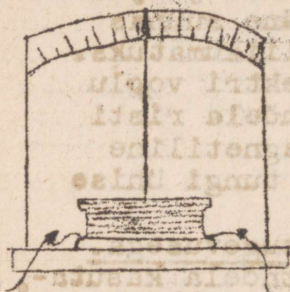
21. V o o l u m õ õ t e r i i s t a d.

Lihtsaimaks voolu mõõteriistaks oleks multiplikaator, mille traat mähitud raamikesele ja mille sisse on asetatud teljega varustatud magnetnõel, mis võib laagrites pöörduda. Asetame raamikesele nii, et ta lahtine ots oleks pööratud ülespoole ja kinnitame ta alusele, siis voolu läbiminekuul pöörduv magnetnõel vertikaalses tasapinnas ja ühes temaga selle nõela külge kinnitatud kerge pikk osuti, mille



Joonis 28. ots ulatub raamist välja. Selline riist näitab, kas ahelas on üldse voolu, või ei ole ja seda nime

galvanoskoobiks. Ta näitab ühtlasi ka voolu suunda.



Joonis 29.

ta voltmeetriks.

Kui varustada galvanoskoop meelevaldse skaalaga, saame galvanomeetri. See näitab meile, kas ühes galvanomeetrisse lastud vool on teisest tugevam või nõrgem.

Juhul, kui galvanomeeter on varustatud skaalaga, millel on märgitud voolu tugevus amperites, saame ampermeetri. Kui aga osuti hälve näitab galvanomeetri klemmidevahelist pinget (voltides) - siis nimetame seda riista

22. J u h t m e o l o k t r i t a k i s - t u s .

Elektri voolamisel läbi juhtme, takistab juhe elektri voolu. Millega nähet selgitada? Teame, et juhe, nagu iga ainegi, koosneb aatomeist. Elektronid puutuvad nendega kokku, seejuures viimased takistavad elektronide liikumist, tekitadeski takistuse juhtmes. Et takistus oleneb aatomitest, see seletub nähtest, et juhtme aatomite amplituudi suurendamisel (juhtme temperatuuri tõstmisel) suureneb ka nende liikumiskiirus, siis ka takistus suureneb. Kui aga juhet külmutame (Kapitza katse), siis väheneb ka takistus. Ning viies mõningate ainetete t_0 absoluutse nullini, väheneb ka nende takistus ja kaob üldse.

Kapitza katse:

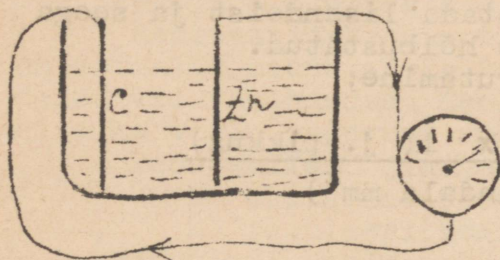
Asetades tinatraatrõnga tahkesse heeliumisse (viimase t_0 on absol. 0 ligidäl) ja tekitades tas induktsiooni teel voolu, peaks heelium hakkama sulama, kui tinatraat omaks takistuse, sest takistuse tõustes, tõuseb ka juhtme t . Seda aga ei sünni, vaid heelium jääb tahkesse olekusse. Et traadis tekib vool, on võimalik kindlaks teha magnetnõela abil.

Tähendab tinatraadi takistus on 0. Uurides ahela takistust, tuleb uurida selle

sise- ja välistakistust. Ahela välistakistuseks nimetame takistust välisjuhtmes ja sisetakistuseks takistust elemendi vedelikus.

Kui ühendame ampèrmeetri elemendiga kord lühikese, teine kord samasuguse, kuid pikema traadiga, näeme, et pikema ühendustraadi korral vool nõrgeneb. Seega takistus on seda suurem, mida pikem ja peenem on juhe. See on analoogne veevärgi torustikus vee läbivoolamisega.

Kui sama elemendi elektroode teineteiselo lähendame, näeme, et vool tugevneb ja elektroodide eemaldamisega vastavalt nõrgeneb. Elektrivoolu tugevnemine ilmneb ka vedeliku lisamisel. Nii suurendame ju vedeliku põiklõiget ja võimaldame elektronidele suuremat läbipääsu.



Joonis 30.

juhtme takistus on võrdeline tema pikkusega ja pöördvõrdeline tema põiklõike pindala suurusega, sest kui tarvitame ükskord teatava põiklõikega juhet ja teinekord võtame 2 - 3 korda suurema läbilõikega juhtme, siis suureneb voolu tugevus 2 - 3 korda. Täheleb: takistus peab vastavalt 2 - 3 korda vähenema. Juhtme takistus oleneb loomulikult ka juhtme ainest, sest vasktraadi puhul on vool palju tugevam, kui raudtraadi korral.

Viimati toodud reeglid on kehtivad ka juhtivate vedelike kohta.

Ühtlasi on juhtme takistus võrdeline ka aine eritakistusega.

Juhtme takistusi uurides peame, selgitama, millistes mõõtühikuis mõõta takistust. Teame, et

Ühendades mingi elemendi teatava pikkusega traadiga. Ampermeeter näitab hälvet. Ühendame sama elemendi 2 - 3 korda pikema juhtmega, näeme, et voolu tugevus väheneb samuti 2 - 3 korda. Me järeldame:

voolu tugevus juhtmes oleneb pingest ja juhtme takistusest. Kui kasutada kindlat, alati ühtlast (ühesugust) pinget, oleneb voolu tugevus vaid aine takistusest.

Takistust mõõdetakse oomides (Ω) (Ohmi järgi). Takistuse teaduslik definitsioon on:

Kui 1 Voldine pinge tekitab juhtmes 1 ampereilise tugevusega voolu, siis on selle juhtme takistus 1 oom.

Praktiline definitsioon erineb eelnenust ja kõlab järgnevalt:

Takistus 1Ω on 106,3 cm pikkuse ja 1 mm^2 ristlõike pindalaga elavhõbeda samba takistus 0° juures.

Tarvitatud on definitsioonis ja ka takistusühiku praktilisel kindlaksmääramisel metallina elavhõbedat seepärast, et teda on võimalik destilleerimise teel täielikult puhastada lisandeist ja seega on ühiku täppis tuleamine hõlbustatud.

Juhtme takistuse arvutamine:

$$R = \frac{C(\text{juhtme eritak.}) \times l(\text{ j. pikkus})}{\text{juhtme } Q(\text{ ristl. pindala } \text{mm}^2) \text{ takistus oomides}}$$

Kusjuures aine eritakistuseks nimetatakse sellest ainest valmistatud 1 m pikkuse ja 1 mm^2 ristlõikepindalaga traadi takistust oomides 18°C juures.

Eritakistuse mõõteks₂ on:

$$C = \frac{Rq}{l} ; \quad c = \frac{\text{oom mm}}{m}$$

Eritakistuse pöördväärtust nimetatakse aine erijuhitavuseks.

$\rho = \frac{1}{C}$ Väiksemate eritakistustega ained on metallid. Eriti väikese eritakistusega on hõbe ($0,016$) ja vask ($0,0175$). Raua $c = 0,12$.

Tarvitamist leiavad ka suurema eritakistusega ained nagu nikeliin ($c = 0,40$), süsi ($c = 0,10$).

Suure eritakistusega on vedelikud, olenedes vedeliku kontsentratsioonist.

Praktiliselt leiab tarvitamist ka kroonnikel ($c = 1,1$) ja elavhõbe ($c = 0,96$)

Tegurid, mis aine eritakistust mõjustavad:

1) t^p (t^o tõusuga (vedelikel vähendab) eritakistus suureneb)

2) mõningad ained asetatud magnetvälja (bis-mut) omandavad suurema eritakistuse, seepärast tarvitatakse neid magnetvälja tugevuse mõõtmiseks.

3) harva ka valgus (sileen). Silleen jui-res valguse toimel eritakistus väheneb. Sellel si-leeni omadusel põhinesid vanemad valgusmõõtjad (pinnavalgustuse mõõtmiseks)

23. R e o s t a a d i d.

Reostaatideks nimetame riistu, millede abil on võimalik muuta ahela takistust, kas seda suurendades või vähendades. Seeläbi on võimalik reguleerida ka voolu tugevust ahelas.

Reostaadi jagunevad:

1) statsionaarseteks ja

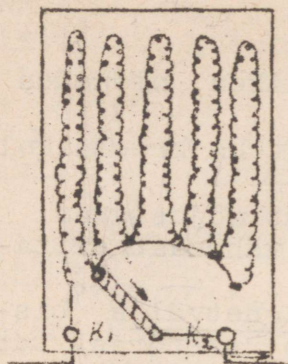
2) reguleeritavaks reostaatideks.

Reostaadi moodustab kahe klemmi vahele paigutatud takistustraata. Et viimane vähem ruumi enda alla võtaks, selleks keeratakse harilikult takistustraata spiraalidesse. Traadina kasutatakse harilikult suure eritakistusega ainekst juhett (nikliin) näiteks), kusjuures esitatakse traadile kaks nõuet: 1) tema eritakistus ei tohi oluliselt sõltuda t^o -rist (seepärast tarvitatakse kroonnikkelt), kuna tema oksüdeerunud välispirka joon. (-ruum) paisumise koefitsent ei erine tunduvalt metalli enda vastavast koefitsiendist.

Teiseks reostaadi peaosaks on liikuv kontakt, mille abil on võimalik muuta ahelasse lülitatud traadi pikkust, seega ka ahela takistust. Statsionaarreostaadi takistust ei saa muuta.

Enimkasutatud reostaat tegelikust elust on isoleerimust vāntreostaat (j. 31).

Isoleerivast ainekst alusplaadile on kinnita-



+ Joonis 31 -

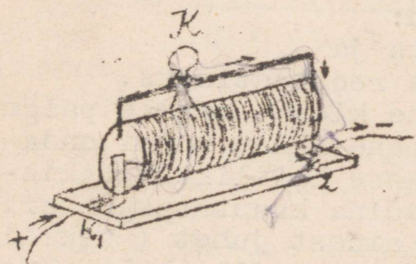
tud (harilikult) vaskvânt, mis liigub vasknuppudel. Viimased on ühendatud takistustraadiga.

Nende vasknuppude kõrval on märgitud ka vastavad takistuse suurused oomides. Väntreostaat on asetatud vooluahelasse. Vastavalt vända asendile nuppudel peab vool kord kas lühema või pikema traadihulga läbima, enne, kui ta saab voolata klemmi K_2 kaudu edasi.

Seega on ka seletatav eelpoolösisinenud arutlus, et takistuse suurendades vähendame voolu tugevust.

Sellise reostaadi oluliseks puuduseks on, et ei saa püsivalt reguleerida voolu tugevust ahelas. Sellist reostaati tarvitatakse näit. mootorite käivitamisel jne.

Teaduslikes uuringuis kasutatakse kas lükatreostaati või takistusmagasini. Viimast eriti sageli.



Joonis 32.

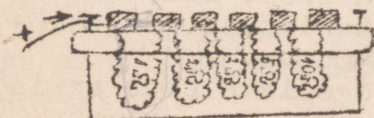
Ka see pole täiuslik teaduslike tööde jaoks.

Lükatreostaadis (j.32) on takistustraad mähitud ümber isoleeriva silindri. Üks traadi ots on ühenduses klemmiga K_1 , kuna teine ots on lüülimata.

Liikuv elastne kontakt K on ühenduses klemmiga K_2 . Ahelasse lülitatud takistustraadi pikkust on võimalik muuta elastse kontakti abil.



Täpsemate uurimiste korraldamiseks tarvitatakse takistusmagasini (J. 33).



Joonis 33.

On võetud mingi vaskplaat, millesse puuritud augud. Nende aukude kohalt lõigatakse mainitud plaat tükkideks ja paigutatakse need plaadi osad iso-

leerivale alusele. Need osad on ühendatud kastis
sisse paigutatud takistusspiraalid^{iga} kindlaksmäära-
tud takistustega.

Kui asetada kõikidesse aukudesse vastavad
vaskpulgad, läheb vool takistamatult läbi magasi-
ni. Et x lülitada sisse takistust, tuleb välja võt-
ta vastav pulk ja vool peab enne järgmisse plaadi-
ossa jõudmist läbima takistustraadi.

24. Ohm'i seadus.

Kui ühendame ampermeetriga traadi kauku
mingi vooluallika, mille pinget on näit. $E = 1,5V$,
siis ütleme, et ampermeet^{er} näitab $0,50 A$. Kui võta-
me ühe vooluallika asemel neid näit. 2 või 3 (jär-
jestikku ühendet), näeme, et voolutugevus 1 suure-
neb samuti 2 või 3 korda.

Siit järeldame, et voolutugevus on võrdeli-
ne vooluallika (elemendi) pingega.

Kui võtame aga näit. $6V$ pingega voolualli-
ka korral ampermeetrit ühendavad traadid (takis-
tustraadid) 2 või 3 korda pikemad, siis väheneb
voolutugevus pöördvõrdeliselt ahela takistusele.

Ohm'i seadus:

Voolutugevus on võrdeline vooluallika pin-
giga ja pöördvõrdeline ahela takistusega.

Matemaatilisel kujul:

$I = k \frac{E}{R}$ I on voolutugevus amprites, E on
pinge voltides ja R on takistus oom-
des. K on võrdetegur.

Vaadeldes vooluallika sise- ja välistakis-
tust eraldi, saame valem:

$$I = k \frac{E}{R + R_s}$$

Takistusühik oom on valitud ni-
sugune, et võrdetegur k muutub
valemis üheks (1).

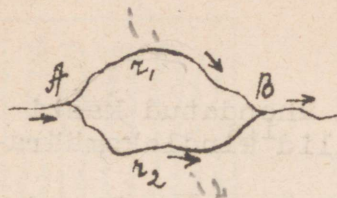
$$I = \frac{E}{R}$$

Valem omandab siis lihtsama kuju

25. Voolu hargnemine.

Võtame mingi juhtme, mis teatavas punktis
A hargneb ja punktis B ühinevad harud uuesti ühi-
seks juhtmeks (Joonis 34.)

Laseme juhtmesse voolu, mille tugevust me



teame. Teame ka harude aine eritakistust r_1 ja r_2 .

Ütleme, et peavoolu tugevus on I . See vool hargneb juhtmes punktis A ja haruvoolud ühinevad uuesti punktis B.

Tekib küsimus: Kui suured on haruvoolude tugevused. Need arvutused ja vastavad seadused avastas Kirchhoff.

Näeme, et peavoolu tugevus $I = \text{haruvoolude tugevuste summaga}$. $I = i_1 + i_2$. See ongi Kirchhoff'i esimeseks seaduseks.

Voolujuhtmes punktide A ja B vahel elektri voolamise puhul peab valitsema teatav kindel potentsiaaldie vahe ehk pinge, sest ilma selleta ei toimuks ju üldse elektri voolamine, nagu me seda juha varem nägime. Tähistame selle punktide A ja B vahel valitseva pinge tähega E . Kui vaatleme mõlemat juhet eraldi, siis näeme, et pinge E jääb samaks, s.t. pinge ei olene sellest, kas me vaatleme kord voolu läbimineku ühes ja siis teises juhtmes, nende punktide vaheline pinge on jääv. S.o. juhtme lähte- ja lõpppotentsiaaldie vahe on ühesugune - sama (voolu minnes ükskõik kumbat pidi).

Rakendades Ohm'i seadust, saame järgmised tulemused:

$$1) \quad i_1 = \frac{E}{r_1} \quad \text{ja} \quad 2) \quad i_2 = \frac{E}{r_2}$$

Jagades i_1 i_2 -ga, vabaname tülkast E -st.

$$\frac{i_1}{i_2} = \frac{\frac{E}{r_1}}{\frac{E}{r_2}}; \quad \frac{i_1}{i_2} = \frac{E \times r_2}{r_1 \times E}; \quad \frac{i_1}{i_2} = \frac{r_2}{r_1}$$

S.o.:

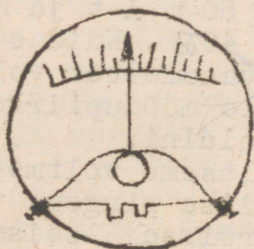
haruvoolude tugevused on pöördvõrdelised harude takistustega.

26. Galvanomeeter, ampermeeter ja voltmeter.

Galvanomeetri ülesanne on võrrelda voolu tugevusi. Seejuures tuleb tähele panna asjaolu, et galvanomeetri magnetnõela ümber asetsevasse mähisesse ei tohi traati kerida üle teatava maksimumi, mis matemaatiliselts kindlaks määratud. Kui mähkida traati üle selle maksimumi, siis suureneb mähise takistus ja võib lõpuks avaldada koguni negatiivset mõju magnetnõelale. Seejuures peab mähise traat olema peenike (seega takistus võimalikult suur) ja isoleeritud, peenike traat ei kannata aga kuigi tugevat voolu.

Kuidas muuta galvanomeeter ampermeetriks?

Harilikult on igal galvanomeetril märgitud peale, kui suurt voolu ta kannatab ja kui suur on ta takistus.



Joonis 35.

Äärmisse seis.

Ütleme, et meil on galvanomeeter, mille mähis kannatab 50 m A-list voolu, ilma et ta kahjustaks mähist. Mähise takistus on 40Ω . Selle galvanomeetri tahame muuta ampermeetriks tundlikkusega kuni 10 A.

S.o. kui lasta sellesse galvanomeetrisse 10 A vool, siis võib ja peabki ta osuti asetuma

Et seda saavutada, tuleb Galvanomeetri klemmide vahele paigutada harutraat, nn. šund.

Ta takistus peab olema nii suur, et läbi peaharu pääseks 0,05 ampriline vool (sest me galvanomeetri tundlikkus oli ju 50 m A-t.e. 0,05 A-t). Seega peab šundi läbima 9,95 A-line vool.

Kasutades Kirchhoff'i teist seadust, leiame, kui suur peab olema šundi takistus, et ta täidaks oma otstarbo.

Exhib. only. Part.

$$\frac{i_1}{i_2} = \frac{r_2}{r_1}$$

$$\begin{aligned} 50 \text{ m A} \\ i_1 &= 0,05 \text{ A}; & r_1 &= 40 \\ i_2 &= 9,95 \text{ A}; & r_2 &= x \end{aligned}$$

$$\frac{0,05}{9,95} = \frac{x}{40}$$

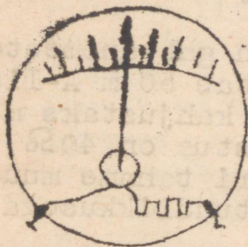
$$2 = 9,95 x$$

$$x \approx 0,2$$

S.o. kui galvanomeetri klemmide vahele asetame šundi, mille takistus on $0,2 \Omega$, siis saame ampermeetri, mis mõõdab voolutugevusi kuni 10 A.

Sellele ampermeetrile saame skaala, kasutades seejuures normaalampermeetrit.

Vooluallikate pinge mõõtmiseks tarvitatakse vultmeetrit.



Joonis 36.

Oletame näiteks, et meil on galvanomeeter, mille voolu kannatavus on 50 m A-t ja mähise takistus 40Ω . Kuidas muuta see galvanomeeter vultmeetriks, mille mõõdupiirkond ulatuks 200 V oldini.

S.o. kui laseme vultmeetri-
sse 200 voldilise pingega voolu siis vultmeetri osuti asub äärmisse seisu.
Vastavalt Ohm'i seadusele saame:

$$I = \frac{E}{R}$$

milles ütleme, et R on konstantne. Siis oleneb voolutugevus vaid pingest.

$E = IR$. Nii saame voolutugevuse kaudu määrata pinge.

$$E = 200 \text{ V}$$

$$I = 0,05 \text{ A}$$

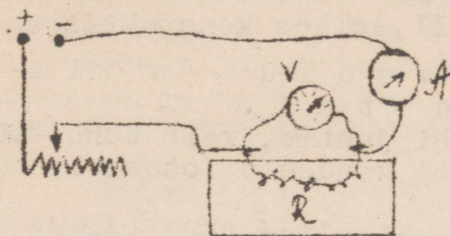
$$R = ?$$

$$200 = 0,05 \times R; \quad R = 4000 \Omega$$

Sellest arvutusest näeme, et tahtes muuta galvanomeetrit, millel andmed 50 mA ja tak. 40Ω vultmeetriks, mõõdupiirkonnaga kuni 200 volti, peame selle galvanomeetri takistuse tegema 4000 oomiseks.

Siin leiab kasutamist nn. eeltakistustraat ehk eeltakistus (joonis 36).

27. Mõõteriistade ja reostaadi lülitamine.



Joonis 37.

Seega tuleb vooluahelasse lüüda reostaat. Reostaadi lülitamine toimub tavaliselt järjestikku. Vool suundub läbi reostaadi, voolutarvitaja ja tagasi vooluallikasse.

Voolu tugevuse kontrollimiseks tuleb kasutada ampermeetrit. Tema takistus peab olema väike, et ta seda mõõdetavat voolu ei nõrgendaks.

Toetudes sellele, et voolu tugevus ahelas on üks ja seesama, võime lülida ampermeetri ükskõik kuhu vastavas ahelas.

Seejuures tuleb ampermeeter ühendada järjestikku riistaga, kuna ta takistus on väike.

Voltmeetri ülesanne on mõõta pinget.

Linna voolu pinge on 220 V. Potentsiaali langus toimub mõõteriistas. Tavaliselt juhtme takistust ei arvestata. Tuleb arvestada voolu tarvitava riista ja reostaadi takistust.

Milline on siis pinge?

Voltmeeter lülitatakse elektririista kolmide külge paralleelselt riistaga. Ta mõõdab potentsiaalide vahet riista klemmide vahel. Voltmeeter lülitakse seepärast paralleelselt, kuna ta laseks ka nõrga voolu läbi.

Ka reostaadi võime lülida ahelasse ükskõik kuhu, sest voolu tugevus kogu ahelas on sama.

Peatükid "soojuse tekkimine vooluahelas",

"Elektrihõõglamp", "Lühiühendus", "Ülevoolukaitse"
 "Leeklamp", "Joulei" soojuste kasutamine kütmiseks"
 ja "Termilised galvanomeetrid" leiduvad raamatus
 V. Erlemann "Füüsika" III, selles konspektis aga
 lõpulehekülgedel

28. Alalisvoolu võimsus ja töö.

Elekter, voolates läbi juhtme, võib teha tööd.
 See avaldub kas otseselt või kaudselt (otseselt
 mootoried käivitades jne.).

Kuna elektrivool on võimaline tööd tegema,
 siis võime rääkida elektrivoolu võimsusest.

See väljendub Jouli seaduses Lentz'i ku-
 jul järgmiselt: $Q = 0,24 \text{ e i t}$

Vaatleme, millise võimsuse omab vool tuge-
 vusega 1 A 1 V pinge korral ja jälgime seda sooju-
 se hulka, mis nüüd eraldub 1 sek jooksul.

Seega $E = 1 \text{ V}$, $I = 1 \text{ A}$ ja $t = 1 \text{ sek}$.

Eraldub soojuste hulk on siis 0,24 kalorit.
 Arvestame selle kilokaloriteks, s.o. $0,24 / 1000$
 kcal. Me teame, et 1 kcal. soojuste saamiseks kua
 lub 427 kg/m tööd.

Nii siis töö hulk oleks $\frac{0,24 \times 427}{1000} \text{ kg/m tööd}$.
 See on võrdne $\frac{0,24 \cdot 427,9}{1000} \text{ Joule'iga}$, sest
 1 kg/m on võrdne 9,81 Joule'iga.

Näeme, et vool, mille tugevus on 1 Amper ja
 pinge 1 V vabastab 1 sek jooksul 1 J tööd.

Ta võimsus on seega 1 Watt.

Voolu võimsusühikuna tarvitatakse voltamp-
 rit, mis on ekvivalentne 1 Watiga.

Elektrivoolu võimsus on võrdeline pingega
 ja voolu tugevusega.

$$1W = 1VA; \quad U = IE$$

Kui voolu pinge on 200 V-i ja voolu tuge-
 vus 5 A, siis alalisvoolu korral võimsus on 1000
 watt.

1 Hk saamiseks tarvitab	söenistlamp	3 Watti
"	"	" metall 1,1 "
"	"	" poolwattlamp 0,6-0,8 "

1 Hk vastab 12,56 lumenit e. 1,25 dualumenit.

1 kw = 1,36 HP 1 kwh = 367000 kg/m

1 HP = 0,736 kw 9,81 w = 1 kg/m/sek

1 kg/m = 9,81 J 1 kw = 1000 J/sek

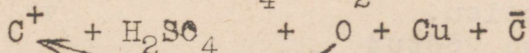
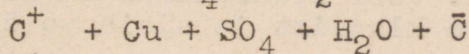
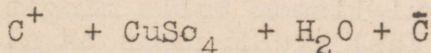
29. E l e k t r o l ü ü s .

Elektrijuhid jagunevad a) 1. järgu juhtideks (metallid ja b) 2. järgu juhtideks (vedelikud). Esimesed elektrivoolu läbiminekul keemiliselt ei lahustu.

Teise järgu juhtide s.o. vedelike keemilist lagunemist elektril läbiminekul nimetamegi elektrolüüsiks ja seda keskkonda, milles elektrolüüs toimub, nimetatakse elektrolüüdiks. Elektrolüüdiks võivad olla happed ja ka alused ning soolad sulatatud olukorras.

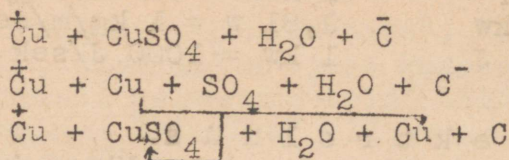
Asetame vasevitrioli (CuSO_4) lahusesse kaks söepulka ja ühendame nad elektrivooluga. Voolu läbimisel lahusest tekib katoodil õhuke vase kord, anoodil aga eriladub hapnik.

Kauemat aega katset korraldades näeme, et vasekiht katoodil järjest pakseneb ja vedeliku kontsentratsioon nõrgeneb.



CuSO_4 lahustumisel vees lagunevad mõned CuSO_4 molekulid kaheks osaks Cu ja SO_4 . Cu rändab voolu mõjul katoodi poole ja SO_4 anoodi poole. Cu ladestub katoodile. Kui mõlemad elektrodid on söest, siis ühineb SO_4 vesinikuga veest ja tekitab H_2SO_4 , mille juures vabaneb O ja suundub anoodi poole. Nii muutub vedelik aja jooksul H_2SO_4 -ks

Kui anood on vasest, siis ühineb SO_4 vasega anoodilt ja tekib uuesti CuSO_4 . Nii kaob aja jooksul vask anoodilt ja vedelik jääb muutmatuks.



Vasevitriooli lahustumist nimetame primaarprotsessiks ja vee lahustamist ja H_2SO_4 tekkimist või uue vasevitrioli tekkimist nimetame sekundaarprotsessiks. See toimub keemilise suguluse mõjul.

Kui anoodiks on vask ja teostada elektrolüüs siis elektrolüüdi koosseis ei muutu.

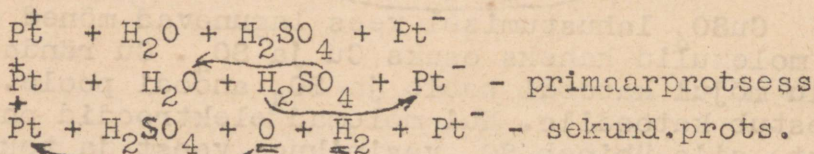
Üldiselt peab mainima, et metallidest eralduvad katoodil (ka vesinik), hapnik ja metalloiidid anoodil.

Esimesel juhul peavad elektrodid olema keemiliselt indifferentsed. Kui anoodil on keemiline sugulus antud elektrolüüdiga, siis elektrolüüdi koosseis ei muutu.

30. V e e e l e k t r o l ü ü s.

Absoluutselt puhas vesi on isolaator. Ta muutub juhtivaks, kui lisada talle mingit hapet, loelist või soola. Vesi klaasanumas on alati juhtiv, kuna ränihape klaasist ja süsihape õhust muudavad ta koosseisu.

Meil on võetud



Praegusel korral tarvitame (vee elektrolüüsiks) elektrodidena plaatina, kuna süsi elektrodina neelaks gaase. Tegelikult läheb teatav hulk gaase ka plaatina elektrodide korral kaduma.

Tegelikult kirjeldatud juhtumil ei toimu vee, vaid vävvelhappe lagunemine. Hapnik eraldub anoodile ja katoodil eraldub 2 osa vesinikku.

Elektrolüüsi korral üldse kerkib meil esile küsimus, miks vask ja üldse metallid eralduvad

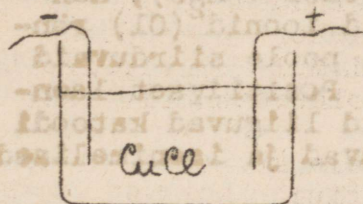
katoodil ja mittemetallid anoodil. See juhib tähelepanu asjaolule, et vaseosakesed ei või olla neutraliseeritud olekus, vaid peavad omama teatava laengu. Kui vaseosakene oelks neutraalne, siis ta võiks ju niihästi anoodil kui katoodil eralduda.

Sellele huvitavale küsimusele andsid vastuse Clausius ja Arrhenius.

31. Joonide teooria.

Eespool mainitud teadlased seletavad elektrolyüsi järgmiselt:

Teostame näiteks kloorvase (CuCl) elektrolyüsi. Vask on ses ühendis ühevalentne. Lahustame CuCl vees, saame ta vesilahu ($\text{CuCl} + \text{H}_2\text{O}$)



Elektroodidenä kasutame indiferentseid aineid. Ühendame elektrodid vooluallikaga. Toimub elektrolüüs. Vask hakkab eralduma katoodil ja kloor anoodil.

Clausius ja Arrhenius järgi CuCl molekul, koosnedes mõlema aine aatomeist

hoidub koos elektriliste tungide mõjul.

Sello tungi suuruse leiame valemi abil

$$f = \frac{1}{\epsilon} \times \frac{e_1 e_2}{r^2} \quad (\text{Coulomb'i seadus})$$

Õhus on ϵ_1 . Vees on aga dielektriline konstant 81,7. Selle tõttu nagu valemist näha muutuvad molekuli aatomite vahel valitsevad tungid lõdvemaks. Mingi väikese kõrvalmõju tõttu võivad molekuli aatomid eralduda teineteisest ja molekul kui niisugune hävineb.

Selliseks väliseks põhjuseks võivad olla raadioaktiivsed nähted ja kosmilised kiired, mis on eriti suure läbitungimisevõimega.

Seega molekulid lagunevad aatomiteks (või aatomigruppideks) nn. joonideks, mis omavad teatavat laengut. Cu ja Cl aatomid tekib võrdseis osades.

Osa molekulide juab aga ka tervetena elektrolüüti hõljuma.

Laetud Cu ja Cl osad pööruvad kokku, moodustavad ühise süsteemi. Cu ja Cl aatomid võivad ühes- ti ühineda ja moodustavad uusi neutraalseid mole- kule. Vahepeal tekib aga alatasa ioone juurde. See intensiivne molekulide purunemine ioonideks kes- tab niikaua, kuni tekib liikuv tasakall. Vedelikus on siis kindel hulk neutraalseid molekulide kui ka ioone. See oleneb vedeliku kontsentratsioonist. Mi- da lahjem vedelik, seda suurem aatomite ja iooni- de hulk. Molekulide jagunemist ioonideks nimetame dissotsiatsiooniks ja nende taasühinemist moleku- lideks - rekombinatsiooniks.

Lastes voolu läbi vedeliku ($\text{CuCl} + \text{H}_2\text{O}$), hak- kavad negatiivset laengut omavad ioonid² (Cl) rän- dama anoodi poole. Need anoodi poole siirduvaid ioone nimetatakse anioonideks. Positiivset laen- gut omavad ioonid, nn. katioonid liiguvad katoodi poole (kuna samanimelised tõukuvad ja isenimelised laengud tõmbuvad)

Ioonide liikumiskiirus on väike, olenedes ele- mendi pingest. Liikumiskiirus on väike murdosa cm/sek-dist.

Negatiivsed ioonid, jõudnud anoodi pinnale, annavad oma laengud ära ja anoodi potentsiaal hak- kab langema, kuna osa positiivsest laengust ühineb iooni negatiivse laenguga.

Nii peab aga uut voolu juurde tulema. Elekt- rivoolu kandjaks vedelikus pole mitte vedelik, vaid elektrilaenguid kannavad edasi just ioonid.

Elektrivool vedelikus on ioonide rändamine, tahkes juhtmes aga elektronide liikumine.

32. Faraday I seadus.

Faraday leidis elektrolüüsi kohta kehtivad sea- dused. Nimelt:

1) Elektroodidelt eraldunud aine hulk on võrde- line voolu tugevusega ja voolu kestvusega.

$M = k i t \leftarrow$ sekundid
met.hulk mg- Amperid

Olgu voolu tugevus $I = 1$ A ja aeg $t = 1$ sek, siis $M = k$; s.o. "k" tähendab sisuliselt aine hulka, mis eraldub 1 sek vältel 1 amperilise voolu mõjul.

Füüsikaliselt mõistame valentsi all eraldunud elektronide arvu. Kui aine on kahevalentne, siis eraldub kaks elektroni. Kahevalentsel ainel kulub neutraliseerimiseks 2 korda rohkem voolu, kui ühevalantsel (CuSO_4 ja CuCl).

Amper on voolu tugevus, mis sekundi kestel hõbesoola lahusest eraldub 1,118 mg-i hõbedat (see on Amperi tehniline definitsioon)

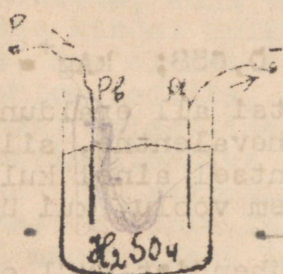
Elektrolüüs leiab kasutamist ka mitmeti praktilises elus.

2) Galvanoplastika all mõistetakse reljeefsete esemete, asjade paljundamist. Paljundada soovitatav kuju kaetakse grafiidiga. Pind muutub läikivaks ja juhtivaks. Toimetame elektrolüüsi. Kuju pind kattub tugeva vasekihiga. Saadud negatiivkoopiat kasutame paljundamiseks (pressimiseks ja valamiseks)

- 59 -

4) Alumiiniumi saamiseks savist. Väga kõr-
ges kuumuses savi sulab. Kui nüüd lasta savist lä-
bi elektrivool, eraldub katoodil Alumiinium.

34. P o l a r i s a t s i o n v o o l .



Kui ühendame selle riista
(j. 39) alalisvoolu allikaga,
tekib elektrolüüs.

Katoodil eraldub vesinik ja
anoodil hapnik. Katkestame ük-
ki voolu ja ühendame elektrood-
id galvanomeetriga. Me näeme,
et vool on olemas.

Mis põhjustab selle?

Kummalgi elektroodil eralduvad
gaasid, millede lahutamiseks ku-
lus elektrienergiat. Katkestades
voolu hakkavad gaasid taas ühinema ja nii vabaneb
uuesti elektrienergia.

Seda voolu nimetatakse polarisatsioonivooluks.
Pinga on 2 volti. See vool aga pragustel tingi-
mustel pole püsiv, kestes vaid 2 - 3 minutit.

Et see polarisatsioonivool oleks püsiv, sel-
leks tuleks korraldada elekroodid nii, et gaasid ei
eralduks, vaid keemiliselt ühineks plaadiga.

Seda on kausutatud nn. restplaatide korral. Res-
tid on pressitud täis vastavaid aineid, näit. $PbSO_4$.
Anoodil tekib tina ja hapniku ühinemisel tinaüliha-
pend, kuna katoodil vesinik võtab ära $PbSO_4$ -st
hapniku ja jääb järgi tina. $(PbSO_4 + H_2 \rightarrow Pb +$
 $+ H_2SO_4)$.

Neid riistu nimetatakse akkumulaatoreiks. Ti-
naakkumulaatori pinge on 2V. Laadimise lõpul on pin-
ge 2,7 V, langeb aga peagi 2,1-le ja siis aeglaselt
1,8-ni.

Tarvitatakse raadio, autode, allveelaevade juu-
res (viimasel diselmootorite tõttu, mis tarvitavad
töötamiseks aga õhku).

Tinaakkumulaatorit ei tohi laadida tihedama
vooluga, kui $1A\ dm^2$ kohta.

Seejuures on aeglane ja nõrgema vooluga laadi-
mine parem. Lühiühendus mõjub kahjustavalt plaatidele,

samuti põrutamine. Ka ei tohi pinge langeda alla 1,8V. Aku mittetarvitamise korral tuleb vedelik aku purgist välja valada, plaadid pesta destil. veega ja kuivalt hoida. Aku ei tohi olla tarvitatamata.

Sisetakistus on 0,01 - 0,001Ω

Vastupidavamad on nn. raud-nikkel akud. Sooladega täidet raud ja nikkelplaadid sööbekaaliumi vesilahuses. Pinge 1,3V, laadimisel 1,8V.

35. E l e k t r o m a g n e t i s m.

Juba varem õppisime tundma, et elektrijuhtme ümber tekib magnetiväli voolu läbiminekul sellest juhtmest. See aga ei iseloomusta veel magnetvälja. Et näha ja teada, milline see magnetväli on, selleks on tarvis teada tungjoonte suundi magnetväljas.

Vaatleme kolme elektromagneetilist juhtu ühes tungjoonte suundade määramisega, nimelt:

- 1) sirgvoolu magnetväli;
- 2) ringvoolu magnetväli ja
- 3) solenoidi (spiraalvoolu) magnetväli.

1) Sirgvoolu magnetväli.

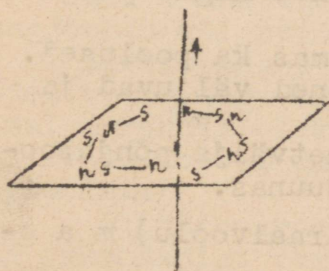
Võtame mingi lauakese, millest juhime vertikaalselt läbi elektrijuhtme. Asetame sellele lauakesele magnetnõelu, mis võivad teljel vabalt pöörelda.

Nad omandavad harilikult ju pöhi-lõuna suuna. Kui lasta

Joonis 40.

nüüd sellest juhtmest läbi elektrivool avaldab ta mõju magnetnõelte vastavalt parema käe seadusele ja magnetnõelad omandavad uue suuna. Tekib ringjoon. Seega sirgvoolu magnetvälja tungjooned on rõngakujulised - täpsemalt: kontsentrilised ringid (mis ilmnevad eriti hästi, kasutades rauapuru).

Tungjoonte suunda sirgvoolu korral on võimalik määrata samuti parema käe reegli põhjal: vastu voolu suunda vaadates lähevad ka tungjooned vastu kellaosuti liikumise suunda.



2. Ringvoolu magnetväli.



Joonis 41.

Juhime ringvoolu risti läbi horisontaalse pinna (lauakese) nii, et pool ringi asetaks pealpool lauda ja pool ~~laua~~ allpool. Riputame lauakesele rauapuru ja laseme ringikujulisest juhtmest voolu läbi. Näeme, et lauakese pinnal tekivad tungjooned, mis on erinevad sirgvoolu magnetvälja tungjoontest.

Seda piirkonda, kus kitsas juhtme osa väljub lauakesest, võime vaadelda, kui sirgvoolu magnetvälja, seal on siis tungjooned kontsentriliste ringide kujulised.

Üldse saame tungjoonte suuna kindlaks teha jällegi parema käe reegli põhjal.

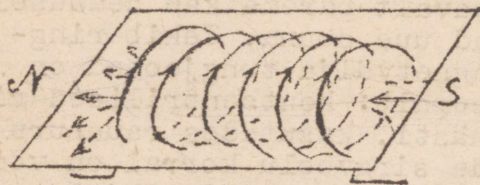
Ringvoolu magnetväli sarnaneb magnetpulgaga (magnetlehe) magnetväljale.

Sellisel ringvoolul on olemas ka poolused. Põhjapoolus on see, kust tungjooned väljuvad ja lõunapoolus, kuhu nad suubuvad.

Kui vaadata ringvoolu magnetvälja põhjapoolusele, liigub vool vastupäeva suunas.

3. Solenoidi (spiraalvoolu) magnetväli.

Solenoidi magnetväli kujutab enesest palju ringvoolude ühist magnetvälja.



Joonis 42 .

Olgu meil tõmmatud traat spiraalikujuliselt läbi lauakese (joon. 42). Voolu läbiminekul moodustabki see spiraal paraleelse ringvoolude süsteemi e. solenoidi.

Kui raputame lauakesele nüüd rauapuru, siis

näeme, et magnetväli sarnaneb praegu täiesti magnetpulga magnetväljale.

Põhjapooluse moodustab see solenoidi pool, kus vool läheb vastu kellaosuti liikumise suunda ja millest tungjooned väljuvad.

Seejuures püüab solenoid ka rauapuru oma sisse tõmmata. (Viimasel omadusel põhinevadki odavamad elektri mõõteriistad).

Mida tugevam on vool, seda tugevamini tõmbab solenoid rauda enese külge ja sisse. Kui amperkeerude arv on küllalt suur, jääb suur raudvõti kergesti vertikaalselt asetatud solenoidi sisse rippuma.

36. E l e k t r o m a g n e t.

Elmises käsitluses nägime, et solenoidil on sarnasus magnetpulgaga. Solenoidi magnetväli on aga väga hajuv. Et ta magnetilised tungjooned oleksid rohkem koondatud, selleks varustame solenoidi pehmest rauast südamikuga, sest raud, millel on suur permeablus, koondab tungjooni.

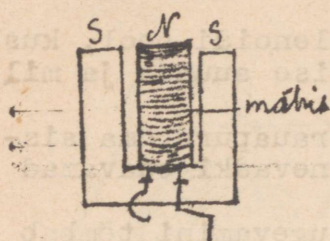
Nii saame elektromagneti, mille magnetilised tungjooned väljuvad otstest ja ta mõju on tugev.

Elektromagnetite võime on reguleeritav, olenedes voolu tugevusest. Voolu katkestamisel ei kao samal momendil elektromagneti magnetilised omadused, vaid kestab nn. järelmagnetism e. remanentne magnetism.

Elektromagnetid on mitmekujulised ja leivad rakendamist väga sageli praktilises elus.

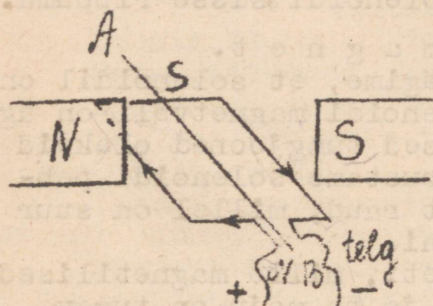
Eriti tugevad elektromagnetid ehitatakse kellakujulised, milliseid tarvitatakse raskuste tõstmisel, raua "päästmisel" jne. Isegi silmaarsidid tarvitavad elektromagneteid sel juhul, kui rauapuru on sattunud silma.

Kellakujulise elektromagneti südamik koosneb pulgast, mis on ümbritsetud pehmest rauast silindriga. Vool läbib pulka ümbritseva pooli ehk mähise, kusjuures pulga vaba ots moodustab ühe ning übritsev silindri ots teise pooluse.



Joonis 43.

37. Alalisvoolu elektromootor.



Joonis 44.

tekitab lõunapoolus ja allpool põhjapoolus

Nüüd tekkinud ringvoolu lõunapoolus tõukab magnetpulga lõunapoolusest ja suundub magnetpulga põhjapooluse poole kuni vertikaalasendini.

Voolu suunda muutes sel momendil pöördub traatraam uuesti 180° võrra, kuna nüüd vahetusid voolu suuna muutumise tõttu poolused ümber. Nii võiks tekitada traatraami pidevat pöörlemist magnetpulka-de magnetväljas, kui oleks võimalik muuta voolu suunda parajal ajal.

Kuidas seda korraldada, et suure kiiruse juures alati õigel ajal oleks võimalik muuta voolu suunda: Selleks kasutatakse pikuti poolitatud vask-silindrit, mille keskel on traatraami e. konturi pöörlemist võimaldav telg. See telg on ümbritsetud isoleeriva ainega. Eespool mainitud poolsilindrit ümbritsevad soda isoleerainet nii, et nad ise kok-

Kui asetame kahe permanentse isenimelise magnetpulga vahele traatraami, mis võib vabalt pöörelda vastava telje ümber ja ühendame selle traatraami otsad vooluallikaga, siis tekib meil ringvoolu nähe ja ühes sellega selle traatraami ümber magnetväli.

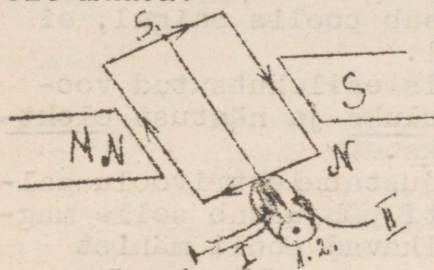
Seega tekivad ka poolused.

Joonis 44. üleval pool te-

ku ei puutu. Neid poolsislindreid nimetame lamellideks.

Lamellide külge puutuvad vetruvad metallribad nn. harjad, millede kaudu juhitaksegi vool konturisse, kuna konturi üks ots on ühendatud ühe poolsilindriga ja teine ots teisega. Nii on lahendatud juhtmete keerumise küsimus.

Kuidas on võimalik aga voolu suunda õigeaegselt muuta?



Joonis 45.

Olgu meil lamellid 1 ja 2 ning nende lamellide vastu surutud harjad I ja II.

Kui ühendame harjad vooluallikaga, siis läheb vool suunas $\rightarrow I \rightarrow 1 \rightarrow$ kontur $\rightarrow 2 \rightarrow II$.

Sel hetkel, kui kontar on vertikaalses asendis, lamellid on pöördunud 90° võrra ja hoo mõjul toimub vähene edasipöördumine. Nüüd aga hari I puutub kokku lamelliga 2 ja hari II lamelliga 1. Nüüd muutub voolu suund konturis ja vool läbib konturi järgmiselt $\rightarrow I \rightarrow 2 \rightarrow$ kontur $\rightarrow 1 \rightarrow II$.

Kui voolu suund on muutunud, on poolused vahetanud oma asukohad: endine põhjapoolus on muutunud lõunapooluseks ja vastupidi ning kontur pöördub 180° võrra.

Selläne protseduur kordub kogu aeg, kuni voolu katkestamiseni.

Harjaseid koos lamellidega nimetatakse kollektorks. Et saavutada suuremat magnetilist mõju, mähitakse konturi traat raudsilindrile. Nii muutub viimane elektromagnetiks.

Magnetpoolused N ja S, mille ülesanne on tekitada magnetvälja, kannavad välimagnetite nimetust.

Veel tugevama välja saamiseks tarvitatakse välimagnetina elektromagnetit.

38. Induktsioonvoolu tekkimine.

Võtame pooli (õõnsa rulli peale mitmes kihis mähitud isoleerit vasktraadist moodustis). Ühendame selle galvanomeetriga. See ei näita mingit hälvet. Asetame aga magnetpulga (põhja)pooluse pooli, näeme, et galvanomeeter näitab hälvet. Samuti tekib hälve ka magnetpulga eemaldamisel poolist. Kui aga magnetpulk seisab poolis paigal, ei teki hälvet galvanomeetril.

Magnetpulga poolt poolis esilekutsutud voolu nimetatakse induktsioonvooluks ja nähtust elektromagnetiliseks induktsiooniks.

Tekib küsimus, mis põhjustab elektrivoolu galvanomeetri mähises. Nähtavasti põhjustab selle magnetväli, mille tungjooned lõikavad pooli mähiskord suuremal, kord vähemal arvul.

Kui lähendame poolile S-pooluse, tekib hälve vastupidises suunas magnetpulga põhja-pooluse omale. Täheleb: N- ja S-pooluste poolt esile kutsutud induktsioonvoolud on suunalt erinevad.

Kuidas teha kindlaks induktsioonvoolu suunda? Selleks kasutatakse Lentz'i reeglit: induktsioonvool takistab voolu tekitavat liikumist (põhjust).

Kui lähendame poolile N pooluse, siis tekitab poolil ka poolused ja magneti lähendades tekitab poolis vool, mis takistab magnetpulga lähene mist; tähendab niisugune vool, mille mõjul pool nagu püüaks eemalduda magnetist.

Nii peab siis tekkima pooli selles otsas, millele me lähendame magnetpulga põhjapooluse, ka põhjapoolus (sest samanimelised poolused ju tõukuvad).

Teame, aga, et põhjapoolusel ningvoolu korral voolu suund on vastupidi kellaosuti liikumise suunale. Nii saame indvoolu suuna.

Lentz'i reegel onkooskõlas ka energia jäädvuse seadusega.

Magnetpulga viimiseks pooli kulutame füüsilise töö näol energiat, mis aga avladub nüüd indukt-

sioonvoolu näol.

Induktsiooni nähete uurimisel puutume kolku Waltenhofen'i pendliga.

Selle moodustab vaskpendel, mis võib liikuda elektromagnetiliste pooluste vahel. Seni, kuni elektromagnetis pole voolu, liigub pendel normaalselt. Juhtides aga voolu elektromagnetisse jääb pendel äkki pooluste vahele seisma. Selleks, et vaskpendel jääks seisma, peab omama elektromagnet suurt jõudu.

Nähet uuris Foucault, kes silelt seda järgmiselt:

Vaskplaadis tekivad tõeliselt magnetvälja tungjoontega lõikumisel pendli liikumist takistavad voolud, mida nimetatakse pöörivooludeks.

Plaadis on tekiinud elektrilise liikumine ringvoolu näol. Tas tekib see induktsioonvoolu^{na}st pendli lähenedes magneti poolustele teda (s.o. plaati) lõikavate tungjoonte arv suureneb, eemaldumise tungjoonte arv, mis lõikub vaskplaadiga väheneb.

Plaadis endas tekivad ka poolused selle ringvoolu tõttu. Voolu suuna määrab Lenz'i reegli põhjal (Kui seda vaskplaati liigutada elektromagnetiliste pooluste vahel kiiresti, siis kuumeneb plaat nende pöörivoolude toimel).

Kui oletame, et katse korraldamisel oli meie pool elektromagnetilise põhjapoolus, siis peab ka plaadis meie pool küljes tekkima põhjapoolus. Teisel küljel samal ajal tekib vastavalt lõunapoolus.

Kui plaat möödub elektromagnetiliste poolustest, voolu suund plaadis muutub vastupidiseks ja meie pool tekib samal ajal lõunapoolus ning vastaspoolel tekib põhja poolus.

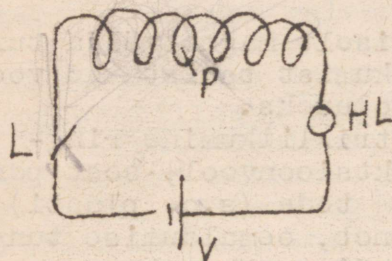
Kui esimesel juhul samanimelised poolused plaadi ja el. mag. vahel avald. tõukavat mõju, takistades plaadi liikumist, siis nüüd isemimelistel poolustel tõmbudes toimub sama nähe.

Kuna vaskplaadi takistus on väike, on keerisvoolud (Foucault' voolud) väga tugevad, ulatudes kuni 1000 A-ni.

Foucault'-voolud tehnikas^{on} üldiselt kahjulikud. Näit. dünamomasiina korral need voolud takistavad

ankru liikumist magnetväljas.
 kasutamist leiab see nähe peegelgalvanomeetri korral. Pääle voolu mõõtmist ei jää selle galvanomeetri nõel kohe seisma, vaid liigub pendeldades (= pendli sarnaselt). Selle ärahooldmiseks pannakse ümber osuti vaskring, mille läheduses liigub osuti. Vaskrõngas tekib induktsioonvool. Voolu mõõtmine sunnib osuti seisma.

39. E n d a i n d u k t s i o o n .



Joonis 46.

Meil on võetud suure keerdude arvuga pool P, mis on ühenduses lüliti L, vooluallika V ja hõõglambiga HL.

Kui lülitame voolu ahelasse, lamp ei hakka kohe põlema, vaid süttimiseks kulub teatav ajavahemik (ehkki lühike).

Voolu uuesti välja lülitades ei kustu lamp silmapilkselt, vaid teatava aja jooksul pääle voolu välja lülitamist välgatab hõõglamp veel kord heledalt ja kasustamise juures tekib lülitis suur elektri säde.

Nähet seletatakse järgmiselt:

Silmapilkselt ei läinud hõõglamp põlema, kuna elektrivool tekitas pooli ümber magnetvälja, mille tungjooned lõikusid pooli mähise keerdudega. Enne voolu sisse lülitamist mõjustasid pooli vaid maa tungjooned. Nüüd aga tekkis tungjoonte arvu muutumine ja selle tõttu mähises induktsioonvool.

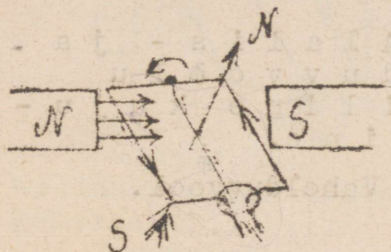
Lenz'i reegli põhjal (induktsioonvool takistab voolu tekitavat liikumist) tekib vool, mis on suunalt vastupidine peavooluga. Seega takistab see induktsioonvool peavoolu liikumist ja lamp süttib veidi hiljem peale voolu lülitamist ahelasse.

Katkkestamisel tekib mähises samuti induktsioonvool, mis on seekord aga päripidine peavooluga. Selle lisavoolu tõttu välgahtabki hõõglamp. Seda lisavoolu nimetatakse enda induktsiooniks ja sädet

lülitis nim. avamissüdemeks.

Kuna avamissüde on väga tugev, tekitab ta osooni, mis oksüdeerib lähedusesolevad metalle - lüliti osasid. Seepärast tarvitatakse lülitis mitteoksüdeeruvaid aineid.

40. V a h e l d u v v o o l u d ü n a m o.



Asetame kinnise traatkonturi isenimeliste magnetiliste pooluste vahele ning pöörame teda nende pooluste vahel. Seejuures kontorit löikavate magnetiliste tungjoonte arv muutub ja mähises (konturis) tekib induksioonvool, mille suuna määrame kindlaks Lenz'i

Joonis 47.

reegli põhjal. Kui pöörame konturit joonisel näidatud suunas, tekib ta pealispinnal ka põhjapoolus, mis pöörduv magneti põhjapooluse poole. Konturis tekkinud voolu suund on vastu kellaosuti liikumise suunda, kuna teame, et ringvoolu juhul põhjapoolusel tekkinud voolu suund on nagu kirjeldatud.

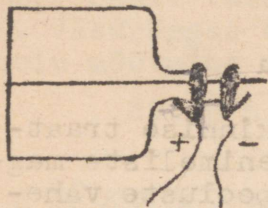
Konturi sel poolel tekkinud põhjapoolus püsib niikaua, kuni pöörame kontorit edasi vertikaalasendist.

Edasi pöörates tekib kontoril endise põhjapooluse asemel lõunapoolus. Nii peab ka voolu suund nüüd muutuma vastupidiseks eelnenule.

Niimoodi kontorit magnetväljas pöörates, tekitab üksteise järgi elektrilaengud ja seega ka elektri voolamine, mis toimub kord ühes, kord teises (vastupidises) suunas. Kui pöörame konturit näit. 50 korda sekundis, peab voolu suund muutuma selle aja jooksul 100 korda.

Et kasutada konturis tekkinud voolu praktiliselt, peame konstruima konturi nii, et traadid, mis peavad juhtima elektrit konturist vastavasse soovitud elektririista, ei keerduks.

Selleks mähise (konturi) otsad on ühenduses kollektoriga, mis moodustub kahest rõngast. Konturi telg on ümbritsetud isoleerainega, mille ümber kaks vaskrõngast. Konturi traadi otsad ühendatakse nende rõngastega. Nende vastu on surutud harjad, mis omakord ühenduses voolu ära juhtimiseks vastavate juhtmetega.

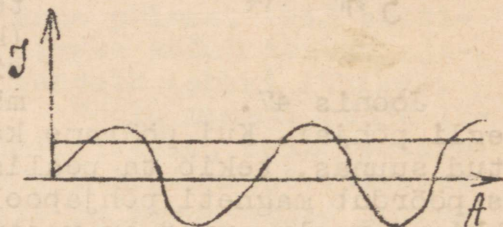
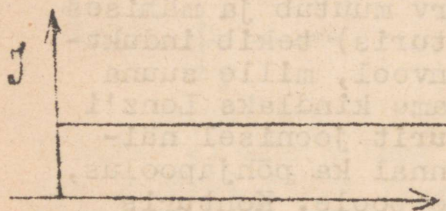


Joonis 48.

Alalisvool

41. Alalis- ja vahelduvvoolu graafiline kujutamine.

Vahelduvvool.



Joonis 49.

Alalisvoolu korral voolu tugevus on konstantne. Teatava ajaühiku kestel vool ei tugevne ega nõrgene, kui ei mõju just mingid välised põhjused.

S.t. alalisvoolu tugevus ei ole ajast.

Vahelduvvoolu korral tuleb selgeks teha, mida me mõistame vahelduvvoolu tugevuse all.

Vahelduvvoolu tugevuse all mõistame voolu efektiivtugevust. See on voolu tugevus, mis oma soojuse eraldamise võime poolest vastaks samatugevale alalisvoolule, kuna soojuse eraldumine ei ole ju voolu suunast.

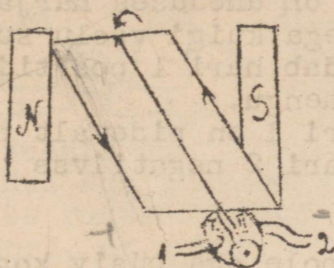
Seejuures ei või efektiivvoolu tugevus võrdsuda vahelduvvoolu maksimumi.. tugevusega, ega ka maksimumi ja miinimumi vahel (viimase alus 0).

$I_{eff} = 0,707 I_{maks}.$

42. Alalisvoolu

generaator.

Konturi tiireldes magnetväljas, tekib indukt-
siooni teel tas vahelduvvool
mida võib voolujuhtmete ja
rõngas/kollektori abil juht-
tida välja poole konturit.
Tekkinud vool on, nagu me
varemgi nägime (ptk. 41),
vahelduvvool.



Joonis 50.

Vahelduvvoolu ei saa aga
alati kasutada (näit. elekt-
rolüüsil jne.). Osutub tar-
vilikuks saada alalisvoolu. Seda saame alalisvoolu
generaatori abil.

Pannes mähise magnetväljas pöörlema, tekib tas-
induksioonvool ja selle toimele ka poolused. Mä-
hise tiirlemapanemiseks magnetväljas kulutatud me-
haaniline energia muutub elektrienergiaks elektri-
laengute näol.

Konturis, nagu öeldud, tekib vahelduvvool, mil-
le suuna määrab Lenz'i reegli põhjal. Vaata joo-
nist! Konturi pealispinnal tekib põhjapoolus pöö-
rates kontorit noole suunas 90° võrra. Kui kont-
ori sellest asendist edasi pöörab, tekib küljel,
kus enne oli põhjapoolus, nüüd lõunapoolus ja vas-
tupididi.

Tuleb leida abinõu, et muuta seda tekkinud va-
helduvvoolu alalisvooluks, s.o. konturi vahetpida-
matul pöörlemisel magnetväljas voolu suund ei to-
hi muutuda.

See on võimalik lamellkollektori abil. Pannes
ankru magnetväljas tiirlema, konturis tekib elekt-
ri vool. Voolu suund kont. pealispinnal (esialgses
asendis) on vastupidine kellaosuti liikumise suu-
nale. Lamellkollektori kaudu on võimalik voolu väl-
ja juhtida.

Hari 1 saab praegusel juhul (joon.50) positiiv-
se laengu ja hari 2 - negatiivse.

Kui konturit esialgsest asendist 90° võrra eda-

si pöörata ja kui konur^t läbib vertikaalasendi, voolu suund muutub vastupidiseks. Lamell I saab negatiivse ja lamell II positiivse laengu.

Kuid selleks ajaks lamell I on üheduses harjaga 2 ja lamell II harjaga 1. Seega kuigi voolu suund on mähises muutunud, ometi omandab hari 1 positiivsel laengu ja hari 2 negatiivse laengu.

Nii see kordub, kusjuures hari 1 on pidevalt positiivse laengu kandjaks ja hari 2 negatiivse laengu omajaks.

Juhtmes tekib alalisvool.

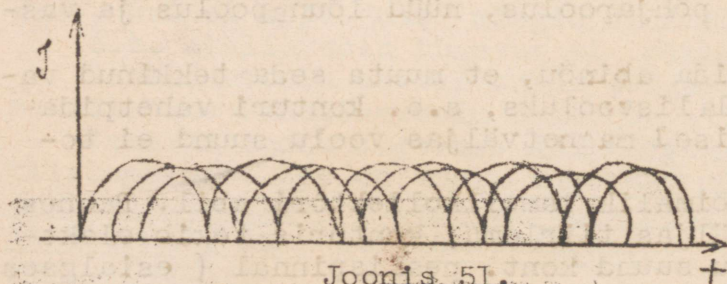
Selle alalisvoolu tugevus pole aga püsiv kogu teatava aja jooksul. Tähendab: tekkinud alalisvoolu tugevus oleneb ajast. Veel on küll ühesuunaline, kuid pole ühtlane, vaid pulseeriv alalisvool.

See vool pole kasutamiseks otstarbekohane. Me saame rääkida vaid selle voolu efektiivtugevusest.

Et muuta pulseerivat voolu pidevaks vooluks, asetatakse ühe mähise asemel kaks või enam mähist ankrusse.

Sel korral on ühes mähises tekkinud voolul miinimum, kui teises mähises tekkinud vool omab maksimumi.

Kui kasutada enam mähiseid, saame enam-vähem pideva alalisvoolu.

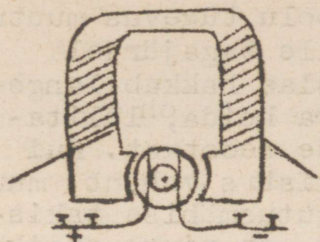


Joonis 51.

Dünamomasinad.

Dünamomasina magnetvälja tekitamiseks tarvatakse elektromagneteid, mille magnetiline tugevus mõjustab oluliselt ka ankrus tekkinud voolu pinget. Mida tugevamad magnetilised poolused, seda tugevam magnetväli ja sellega ühes seda suurem tekkinud

induktsioonvoolu pinge.



Joonis 52.

Nagu üeldud, kasutatakse dünamo välimagnetina elektromagneteid. Kust saada vajalikku elektrivoolu, mis ergutaks mähises induktsioonvoolu tekkimist?

Dünamomasin võib anda, ise osa induktsioonvoolu välimagnetil mähiseisse, kuna suurem osa läheb voolutarvitajate kätte.

Kui aga dünamomasin ei tööta, siis elektromagnetite raudsüdamikud pole magnetilised. Nii tekiks olukord, et ankur pöörleb raudpulkade vahel ja mingit induktsioonvoolu ei teki. Võiksime sel juhul ju oletada, et maa magnetväli avaldab konturile mõju, kuid see magnetiline mõju on niivõrd väike, et ta ei tekita peaaegu mingit induktsioonvoolu konturis.

Asi laheneb teisiti. Elektromagnetil raudsüdamik pole täiesti magnetilise võimeta. Teatavat aega peale voolu läbiminekut elektromagnetil mähisest säilib elektromagnet oma magnetilised omadused.

Sellist nõrka magnetilist nähet nimetatakse jääkmagnetismiks ehk remanentseks magnetismiks.

Werner Siemens näitas a. 1867, et sellest remanentsest magnetismist piisab küllaldaselt, et tekitada ankrus induktsioonvoolu.

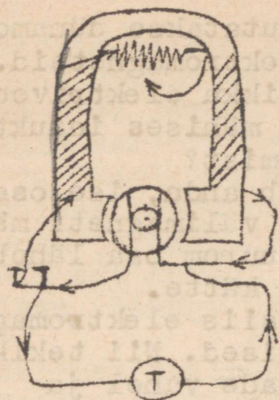
Seda ankrus tekkinud induktsioonvoolu on võimalik juhtida elektromagnetil mähisesse, suurendades niiviisi elektromagnetil magnetilist mõju.

Kuni magnetil pooluste küllastumiseni magnetiline mõju välismagnetis suureneb ja ühtlasi suureneb ka ankrus induktsioonvoolu pinge.

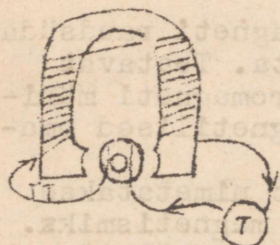
Sellist välismagnetite küllastumist nimetatakse dünamo eneseergutuse printsiibiks.

Seejuures on võimalikud elektromagnetil toitmiseks mitmesugused lülitused.

Paralleelse lülituse korral (joon. 53) välis-ahelas voolu tarvitamise tõuste takistus välisahe-



Joon. 53.



Joonis 54.

las väheneb ja ergutusmähisesse suunduva voolu tugevus muutub nõrgemaks. Aselle tagajärjel pinge välisahelas hakkab lange-
ma. Et seda ära hoida, lülitat-
tud mähisesse reostaat. Kui
ahela välistakistus väheneb, muu-
detakse ka ergutusmähise takis-
tus väiksemaks, et pinge püsiks
sama.

Kirjeldataud dünamo on nn. ha-
ruvooludünamo.

Peavoolu dünamo korral ergu-
tusvool ja takistusvool on lüli-
tatud järjestikku (joon 54).

Kui välisahelas elektri tarvita-
mine suureneb, voolu pinge suure-
neb kogur ahelas (seejuures ahela
takistus väheneb). Sel juhul pin-
ge suurenedes ahelas läbib ka ergu-
tusmähist suuremapingeline vool.
Magnetvälja tugevus suureneb ja sel-
lega ühes kasvab induktsioonvoolu
pinge.

Voolu tarvitamise vähenemisel voo-
luahelas pinge dünamomasinas lan-
geb.

Parimad on kompaundmähistega dünamod. Nende dü-
namote ergutusmähis on kahekordne. Üks mähis on
lülitatud järjestikku, teine paralleelselt välis-
ahelaga.

Kui nüüd välisahelas koormus muutub, siis mõ-
jub üks ergutusmähis pinget vähendavalt, teine see-
vastu pinget suurendavalt. Nii jääb koormuse muutu-
misel välisahelas pinge ikka enam-vähem muutumatuks.

Kui juhtida ergutusahelasse vahelduvvoolu, ei
saavuta me tarviliku tugevusega magnetit. Välimag-
netite tekkimiseks peab mähisesse juhtima alalis-
voolu. Tarvitatakse mõnikord ka suurte ergutusmä-
histe toitmiseks väikesi dünamoid.

43. Voolu teisendamine.

1. Alalisvoolu pingeteisendamine.

Kui meil on antud vooluallikas kindla pingega (valgustusvõrgu vool - 220V), meil on tarvis mingi aparaadi kasutamiseks väiksemapingelist voolu (100V) Kuidas alandada siis pinget, et saada nõuetav pinget? On mitmed võimalused: 1) lülitada reostaat vooluahelasse, mille takistus on nii suur, et temas potentsiaali langus oleks praegusel juhul 120 Volti.

Kasutades voolu pingete muutmisel (vähendamisel) reostaati, voolu kadu ulatub kuni 50 %-ni.

Ettevõtteis ei kasutata reostaati, vaid seal leiab kasutamist mootorgeneraator.

Selle moodustavadelektrimootor ja dünamomasin, mis on ühendatud omavahel ühise teljega.

Seejuures mootor on niisugune, et ta töötab 220 V pingega kuna dünamomasina jaoks on tarvilik 100V pinget.

Sel juhul voolu kadu on vaid 25 - 30%

Alalisvoolu pinget kõrgemaks muuta saame samuti mootorgeneraatori abil.

Dünamomasin, mis annab soovitava voolu ja mootor - vastav 220 Voldilisele pingega.

2) Vahelduvvoolu pingeteisendamine.

Vahelduvvoolu pingeteisendamisel võime tarvitada samuti mootorgeneraatorit, mis pole aga otsustarbekohane.

On riistu, mis võimaldavad väiksemaid kadusid - näit. transformaator.

On võetud teatava hulga keerdude arvuga pool, millest juhitakse läbi vahelduvvoolu. Pooli ümber tekib vahelduvvoolu magnetväli. Tungjoonte suund seega kogu aeg muutub riihasti väljaspool kui seespool pooli, samuti mähist lõikavate tungjoonte arv.

Kui võtta teine pool ja paigutada see esimese pooli sisse, siis selle teise sekundaarpooli mähises ilub induktsiooni teel vahelduvvool

Asetades sekundaarpooli raudsüdamikule, mis koon-dab magnetilise tungjooni, muutub vool sekundaarpoolis tugevamaks.

Sellest nähtest ^{on} lähtudeski transformaatori ehitamisel.

On võetud kaks mähist, mis varustet raudsüdami-
kega ja mis võivad asetuda teineteise suhtes
väga mitmesuguses asendis.

Primaarmähist läbib vool, kuna sekundaarmä-
hises tekib induktsioonvool.

Induktsioonvoolu pinge kohta on siin kehtiv
järgmine reegel (kehtiv ideaalsuse puhul):

Sekundaar- ja primaarmähise voolu pinged on
võrdelised nende poolide keerdude arvudega

$$\frac{e_p}{e_s} = \frac{k_p}{k_s}$$

Seega selles mähises onab
elektrivool suuremat pinget,
mille keerdude arv on suurem.

Tegelik energia kadu on sel
juhul vaid 5% ümber.

Voolu pinge ja tugevus oleneb eluliselt ka
raua iseloomust.

Kõrgepingelist voolu saame, kui sekundaar-
mähis on suurema keerdude arvuga, võrreldes primaar-
mähisega ja vastupidi madlapingelise voolu korral.

Sekundaarmähise poolt antav energia hulk on
ideaalsel juhul võrdne primaarmähise poolt antava
energia hulgaga.

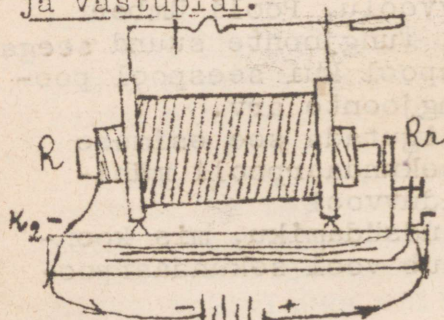
Voolu energiat võime mõõta

$$e_p i_p = e_s i_s \quad \frac{i_s}{i_p} = \frac{e_p}{e_s}$$

Voolu tugevused mähis-
tes on pöördvõrdelised
pingega vastavais mähis-

seis.

3) Alalisvoolu teisendamine vahelduvvooluks
ja vastupidi.



Joonis 55.

Alalisvoolu võime muuta
vahelduvvooluks mootorge-
neraatori abil, kui mooto-
ri paneme tööle alalisvoo-
luga ja vahelduvvoolu dü-
namost saame vajaliku pim-
gega vahelduvvoolu.

Kõrgepingelise vahelduv-
voolu saamiseks tarvitame

sädeinsuktorit (joon 55) e. Ruhmkorff'i induktorit.

Selleks on võetud raudsüdamikule ümber 2 mähist: seesmine mähis on primaarmähiseks ja välimine sekundaarmähiseks. Esimene on väiksema keerdude arvuga ja jämedamast traadist mähitud, kuna teine on suure keerdude arvuga ja mähitud peenest traadist (isol.)

Kelmm K_1 on ühenduses kruvi kaudu vedruga, mille küljes raudplaat Rp.

Ühendame klemmid K_1 , K_2 alalisvooluallikaga, Vool läheb läbi kruvi primaarmähisesse. Induktsioonvool tekib sekundaarmähises; ühtlasi magnetiseerub raudsüdamik (R) ja tõmbab raudplaadi (Rp) külge. Samal momendil vool katkeb, raudsüdamik kaotab magnetilised omadused ja plaat vallandub. (Wagner'i vasaara printsiip).

Sekundaarmähises, nagu märgitud, . . . tekib induktsioonvool voolu lüümisel primaarmähisesse.

Primaarvoolu tekkimisel tekib sekundaarmähises sellele vastassuunaline, kadumisel samasuunaline induktsioonvool. Nii tekibki sekundaarmähises vahelduvvool, mille pinge on küllaltki suur.

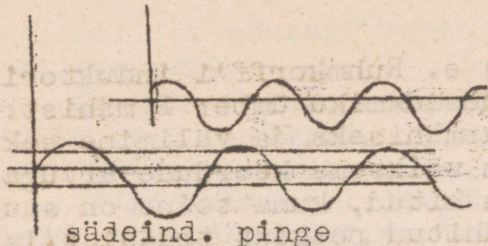
Primaarvoolu tekkimisel voolu tugevus kasvab võrdlemisi aeglaselt sekundaarmähises, kuna tas tekib vastassuunaline elektri voolamine peavoolule. Primaarvoolis tekkinud endaindukts. vool takistab suure pinge tekkimist). Seepärast pole tekkiv sekundaarvoolu pinge suur. Primaarvoolu kadumisel on voolu kahanemine järsem ja induktsioonvoolu pinge seda suurem.

Kui sekundaarmähise otsad on teineteisele lähedal, tekib nende vahel säde. Kui need mähise otsad on väga ligidal teineteisele, on meil võimalik näha mõlemat sädet - seda mis tekib primaarvoolu tekkimisel ja ka seda, mis tekib primaarvoolu kadumisel.

Kui aga sekundaarmähise otsad on teineteisest kaugel, näeme vaid seda sädet, mis tekib primaarvoolu katkemisel, sest siis oli pinge suurem.

Et primaarvoolu katkemisel summutada . . . kontakti rikkuvat avamissädet, selleks on riista aluses lehtnondensaator, mille plaadid on ühendatud

primaarmähist läbiv vool.



sädeind. ping
avamissäde väheneb. Primaarvoolu tekkimisel tühjeneb kondensaator jüllegi.

reguleerimiskruviga ja vasara vedruga. Arkvamisel ekstravoolu elekter koguneb suuremalt osalt kondensaatoris, mille tõttu

44. Elektrivool hõrendet gaasides.

Me teame, et õhk harilikus olekus iseenesest on isolator, kuid gaasid võivad teataval tingimuses (kõrge temp. juures: volta kaar) muutuda juhtivaks.

Samuti võib toimuda gaaside juhtivus nende hõrendet olekus.

Võtame klaastoru (pikkusega 20 sm), mille sisse mõlemale poole otstesse on sulatat elektroodid. (joon. 57). Ühendame need sädeindukti kõrgepinlise vooluallikaga.

Õhk normaalses rõhumi-
ses nii pika sädeindukto-
ri vahemaa pealesädet lä-
bi ei lase. Kui aga õhk
torust välja pumbata, il-

õhupump.

Joonis 57.
mub säde, mis tekib juba siis, kui rõhumine hõren-
dustorus on 3 cm ümber (normaalrõhk 76 cm)

Kui õhku edasi hõrendada, tekib elektroodide va-
hele valguspaal, katoodi ligidal tumesinakas val-
gus ja anoodi man punakad valguskihid (rõhumine
on sealjuures kuni 1 mm). Veelgi hõrendades, helen-
duvad vaid elektroodide otsad ja klaas hakkab fluo-
restseeruma.

Kui rõhumine on vähenenud 1/1000 - 1/100000
mm-ni, on näha vaid klaasi fluorestsents.

On tekkinud kiired, mis on pannud klaasi fluo-
restseeruma. Need kiired lähtuvad katoodi pinnalt
ja nimetatakse katoodkiirteks.

Katoodkiirte omaduste selgitamiseks korralda-
ka õhk.

me järgmisi katseid:

Võtame hõrendustoru (Geisler'i, Crookes'i või Hittorf'i - esimese hõrendus 3 cm, teistel 0,02 - 0,001 mm), mille katoodiks on nõguspeegli kujuline metallise. Ühendame hõrendustoru elektrodid vooluallikaga (induktoriga).

Me näeme, et tekib katoodi vastasküljel eriti tugev fluorestseeruv laik, mis ei olene anoodi asetusest katoodi suhtes. Nii järeldame:



Katoodikiired väljuvad katoodi pinnalt risti pinnaga, levivad sirgjoonselt ja tekitavad fluorestsentsi. Seejuures eriti intensiivselt fluorestseerual kohal muutub klaasi pind soojaks.

Katoodikiired omavad ka mehaanilist mõju nagu seda omab tuul ja vesigi (katse vastava rattaga).

Klaasist katoodikiired läbi ei lähe. Samuti tumestavad nad fotoplaati.

Joonis 58. Katoodkiirte käiku võime nähtavaks teha vastava hõrendustoruga. (joon 59).



Joonis 59. Torus on asetatud poolpõiki fluorestseeruva massiga kaetud plekkraan, mille ots katoodi pool on pööratud 90° võrra kõveraks ja mis omab pilu, kust katoodikiired võivad läbi minna. Ühendades hõrendustoru elektrodid kõrgepingelise vooluallikaga, näeme, et katoodikiired levivad sirgjoonselt.

Kui asetada katoodtorru elektrod, millesse langevad katoodikiired, omandab see negatiivse laengu, mille me saame vastavate abinõudega kindlaks teha. Tähendab katoodikiired on elektroonide vool.

Katoodkiirtele avaldab mõju ka magnetväli. Kui magnet lähendada katoodkiirtele, koolduvad need

magneti suunas.

Niisiis liiguvad katoodkiirtes üliväikse massiga vaba negatiivse elektri algosakesed elektroonid (mass $8,99 \cdot 10^{-28}$ g ja laeng $4,774 \cdot 10^{-10}$ LÜ-d).

Nende kiirus on 30000 - 270.000 km/sek. On läinud korda tekitada ka anoodkiiri, mis on protoonide liikumine kiirusega kuni 3000 - 30.000 km/sek.

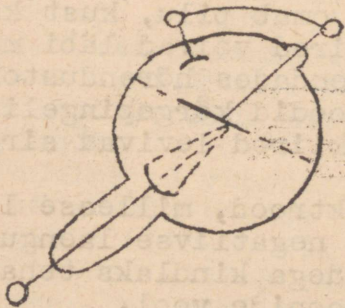
45. Röntgenikiired.

1895.a. 23. jaanuaril tutvustas saksa õpetlane Röntgen suurmat auditooriumi oma avastusega. Nimelt oli ta leidnud, et hõrendustoru kohast, kuhu langevad katoodkiired, väljuvad peale fluorestsentsvalguse veel isesugused, seejuures nähtamatud kiired, mis levivad sirgjoonselt ning on võimelised läbima mitmeid läbipaistmatuid kehi (pääle raskete metallide) ioniseerima õhku ja tumestama fotoplaati. Ta nimetas neid kiiri x-kiirteks, kuid peagi nimetati need kiired ümber röntgenikiirteks.

Röntgen näitas, et katoodkiirte langenud raske metalli pinnale, sellelt pinnalt hakkavad levima uued kiired. Hõrendustorus rõhumine peab seejuures olema kuni $1/1000000$ mm.

Röntgenikiirte demonstreerimiseks võetud järgmine katse:

On võetud väga väikese rõhumisega hõrendustoru, milles on katoodiks nõguspeeglikujuline ese. Selle nõguspeegli kiirte koondumise punkti (seega vastava kera keskpunkti) on asetatud rasketisulavast ainekst metallplaat (harilikult plaatina) mis on ühenduses anoodiga,



Joon. 60.

kuna muidu see metallplaat elektriseeruks katood-

kiirte mõjul negatiivselt ja takistaks nii katood-kiirte käiku.

Lülime kõrgepingelise voolu sellesse hõrendus-torru, Klaas hakkab fluorestseeruma.

Kui hoida nüüd sellise hõrendustoru lähedal fluorestseeriva ainega kaetud ekraan, hakkab see kiirgama fluorestseervalgust.

Üldiselt on röntgenkiirte omaduseks:

- 1) nad tugivad läbi plaadi;
- 2) magnetväli ja elektriväli ei avalda neile mingit mõju;
- 3) tekitavad väga tugevat fluorentsentsi;
- 4) ei kanna endaga kaasas elektrilaengut;
- 5) nad levivad sarnaselt valguskiirtele. Nende lainepikkus on palju väiksem valgusekiire lainepikkusest.

Kasutamist leiavad need kiired arstiteaduses - diagnostikas (vigastuste kindlaksmääramisel ja ravina vähi, tuberkuloosi jne. vastu). Nad avaldavad hävitavat mõju inimese kudede ja rakkudele. Kalgid röntg.-kiired mõjuvad laostavalt ka karvakattele.

Tehnikas on röntg.-kiired kasutamist leidnud aine aatomite uurimisel (kristallidel), materjalide läbivaatamisel jne.

Radioaktiivsed nähtused.

1896.a. avastas Becquerel radioaktiivsed nähted. Ta leidis, et uraanisisaldav levitab ruumis röntgeni-kiirte taolisi kiiri. (maak)

Abielupaar Curie'l läks korda eraldada maagist kiirgavat metalli - raadiumi.

Looduses leidub seda metalli vähe ja on seega palju kallim kullastki.

Raadium kiirgab kolme eri liiki kiiri. Need on α -, β - ja γ -kiired.

- kiired paanduvas magnetväljas nagu positiivse elektrivoolu, kujutades positiivsete ioonide voolu. α -kiirtes liikuvate ioonide aatomikaal on 4, s.o. heeliumi aatomikaal.

β -kiired painduvad magnetväljas nagu negatiivse lektri vool, nad kujutavad elektroonide voolu.

γ -kiirtesse magnetväli ei mõju. Nad sarnanevad ses suhtes röntgenikiirtega.

Raadiumi t° on alati $1 - 2^\circ \text{ C}$ kõrgem kui ümbritseva keskkonna oma.

1 g raadiumi kiirgab aastas 138 cal soojust ja 1598 a. järele kaotab 1 g raadiumi $1/2$ oma massist.

Tung ja kiirendus.

M a s s. Keha massiks nimetame aine hulka, millest koosneb keha, Iga massi põhiomaduseks on tung Maa poole ehk raskus, mis on võrdeline massiga. Raskuse suurust mõõdame kaaluühikuis. Et kaaluühikuks on võetud ühe massiühiku kaal, siis väljenduvad keha mass ja kaal vastavates ühikutes mõõdetud (kg, g jne.), alati sama arvuga.

S i d e t u n g i, k i i r e n d u s e ja m a s s i v a h e l. Inertsimõjul püsib keha kas paigal või liigub sirgjooneliselt, s.o. ilma kiirendusest. Keha liikumise kiirus võib muutuda ainult tungide mõjul. Keha kiiruse muutumist iseloomustab liikumise kiirendus, järelikult kiirendus tekib tungi mõjul, tung on kiirenduse tekkimise põhjuseks. Tõuseb küsimus: kuidas on seotud üksteisega tung (põhjus) ja kiirendus (järeldus)? Kiirenduse olenevuse tungist väljendab Newtoni II seadus järgmiselt:

Keha liikumise kiirendus on võrdeline ja samasuunaline sesse kehasse mõjuva tungiga.

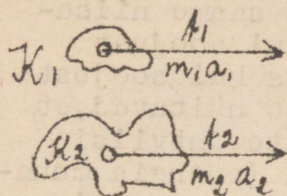
Newtoni II seadus näitab kehasse mõjuva tungi olenevust kiirendusest, kui keha mass ei muutu. Katsed näitavad, et sama kiirenduse andmiseks läheb suuremale massile tarvis suuremat tungi, nimelt: sama kiirenduse puhul on tungi suurus võrdeline massiga.

Tähistades tungi suuruse f -ga, massi m -ga ja kiirenduse a -ga, võime tungi suuruse olenevuse massist ja kiirendusest kokku võtta valemisse

$$f = ma.$$

s.o. tungi suurus (f), mõõtu massi (m) ja kiirenduse (a) korrutisega.

See valem seob kolme suurust f , m ja a . Kaht suurust teades on alati võimalik leida kolmandat.



Joon. 61.

Võrdsete tungide mõju kiirendusse.

Teiselt poolt järgneb valemist $f = ma$, et sama tung annab erisugustele massidele kiirendused, mis on pöördvõrdelised masside suurustega. Olgu kahe keha massid m_1 ja m_2 ning vastavad tungi suurused ja kiirendused f_1 , a_1 , f_2 ja a_2 (61. joon.). Siis võime valemist $f = ma$ põhjal kirjutada

$$f_1 = m_1 a_1$$

$$f_2 = m_2 a_2$$

kui $f_1 = f_2$, siis $m_1 a_1 = m_2 a_2$, millest

$$\frac{m_1}{m_2} = \frac{a_2}{a_1}$$

Newtoni II seaduse põhjal saadud valem $f = ma$ on väga tähtis, sest ta võimaldab mõõta tungi suurust massi ja kiirenduse abil. Valemist $f = ma$ järgneb: kui $m = 1$ ja $a = 1$, siis ka $f = 1$, s.o. tungimõõtmise ühikuks on astarabekohane võtta niisugune tung, mis mõjudes ühte massiühikusse annab temale ühe ühiku kiirendust. Olgu $m = 1$ g ja $a = 1$ cm/sek², siis $f = 1$ g.cm/sek² ehk d ü ü n, s.o. tung, mis massile 1 g annab kiirenduse 1 cm/sek². Me teame, et 1 gramm-raskust annab 1 gramm-massile kiirenduse 981 cm/sek², kuna 1 düüni annab samale massile kiirenduse alinult 1 cm/sek². Esimesel juhul on kiirendus 981 korda suurem, järelikult niisama palju kordi peab olema suurem vastav tung, s.o.

1 gramm-raskust = 981 düüni.

Soojuse mehaaniline ekvivalent.

1 kcal soojuse saamiseks tuleb teha 427 kgm tööd. Seda arvu nimetatakse soojuse meh. ekvivalendiks.

E n e r g i a h a j u m i n e .

Energia jäävuse seadus, ütleb, et energia ei hävi, vaid looduses toimub ainult energia muundumine ühest liigist teise. Müüd tõuseb küsimus, kas energia muundumine on igas suunas ühtviisi võimalik või ei ole ta seda mitte? Kas näiteks saame niisama kergesti muundada tööd soojuseks kui soojust tööks, elektrivoolu energiat soojuseks kui soojust elektrienegiaks jne? Vaatlus ja katse näitavad, et kõik energia muundumised ei toimu mitte ühtviisi kergesti. Me võime kõik need nähtused (energia muundumised) jagada kahte liiki: loomulikud, s.o. niisugused, mis toimuvad nii-öelda iseenesest, näiteks: töö muundumine soojuseks, soojuse liikumine kuumalt kehalt külmemale, difusioon jne., ning mitteloomulikud, kus energia muundumine nii-öelda iseenesest ei toimu, nagu soojuse muundumine tööks jne. Sellest järeldame, et looduses on valitsemas teatav tendents, milles nähtused toimuvad. Mitteloomuliku nähtuse tekitamine (soojuse muundumine tööks aurumasina abil) on võimalik ainult siis, kui sellega nii-öelda vastutasuks kaasas käib loomulik nähtus (soojuse liikumine kuumalt kehalt jahedamale, aurumasinast jahutajasse).

Selle kõigi loodusnähtuste üle valitseva tendentsi sõnastas Lord Kelvin († 1907) järgmiselt: Kõik energia liigid püüavad muunduda soojuseks, viimane aga püüab levida igale poole ühtlaselt ja lõpuks kiirguda aailmaruumi laiali. Kõik energia pünevuste vahed püüavad tasanduda.

$$1 \text{ kgm} = 1 \text{ kilogramm} \times 1 \text{ meeter}$$

$$1 \text{ kgm} = 1000 \text{ g} \times 100 \text{ cm}$$

$$1 \text{ g} = 981 \text{ düüni}$$

$$1 \text{ kgm} = 981000 \text{ düüni} \times 100 \text{ cm}$$

$$1 \text{ erg} = 1 \text{ düün} \times 1 \text{ cm}$$

$$1 \text{ kgm} = 98100000 \text{ ergi}$$

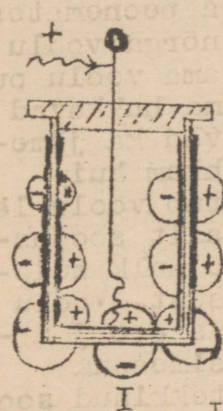
$$1 \text{ J} = 10^7 \text{ ergi}$$

nii siis

$$9,81 \text{ dzouli} = 1 \text{ kgm}$$

$1 \text{ HP} = 75 \text{ kgm/sek}$
 $1 \text{ W} = 1 \text{ J/sek}$
 $1 \text{ kgm} = 9,81 \text{ J(dzouli)}$
 $75 \text{ kgm} = 75 \times 9,81 \text{ (J)}$
 $1 \text{ HP} = 736 \text{ (W)}$

Kõige tuttavamat kondensaatorit kujutab n. L e y d e n i p u r k (Leydeni linnas leiutatud),



Joon. 62.

kondensaator, sest suurema osa sisekatte peale voolanud elektrist seob väliskattes indutseeritud elekter ja purki võib nüüd suurt hulka elektrit koguda (paarsada korda rohkem kui ilma väliskatteta).

Masinast sisekattes voolanud +elekter indutseerib väliskattes väiksemat -elektri hulka (kattede kauguse tõttu) ja see seob vastupidi veel väiksemat +elektri hulka nii, et igast sisekattes voolanud +elektri hulgast jääb osa vabaks. Elektri juurdevool masinast kestab niikaua, kuni vabaks jäänud +elektri potentsiaal sisekattel võrdub masina potentsiaaliga.

Purgi tühjendamiseks tarvitatakse tühjendajat, s.o. isoleeriva käepidemega metallvarba. Tühjenemisel tekkinud säde ei ole pikem kui masina konduktorist saadav säde, ta on aga tugevam. Puudutades ühe käega nõrgalt laetud purgi väliskatet ja teise käega nuppu tunneme elektri ühinemisel läbi

koha tugevat elektrilööki (peab ottevastlik olema). Mitu purki, millede välis- ja sisekatted on isekeskis ühendatud, moodustavad l e y d o n i p a t a r e i. Niisugusel ühendamisel on patarei mõju samasugune kui üheainsa, kuid suuremote katete pindadega purgi oma (suurem elektrimahtuvus).

Soojuse tekkimine vooluahelas.

Kui koostame ahela tugevast vooluallikast, ampermeetrist, reostaadist, jämedamatest ja peenematest traatidest, siis paneme tähele, et juba nõrga voolu puhul peenemad traadid soojenevad, tugevama voolu puhul aga kuumaks lähevad ja viimaks hõõguma hakkavad ja sulavad. Tugevama voolu puhul soojenevad ka jämedamad traadid. Raudtraadid soojenevad rohkem kui niisama jämedad vasktraadid. Niisiis muutub voolu läbiminekul ahelast voolu elektrienergia osalt soojusenergiaks ja ahela osas tekkinud soojuse hulk sõltub voolu tugevusest ja ahelaosa takistusest. Voolu mõjul tekkinud soojust nim. J o u l e ' i s o o j u s o k s Joule'i auks, kes seda nähtust esimesena uuris. Ta leidis (1841), et juhtme osas tekkinud soojuse hulk (Q) on võrdeline voolu kestusega (t), voolu tugevuse (I) ruuduga ja juhtme osa takistusega (R), t i h e n d a b ,

$$Q = c I^2 R t, \text{ kus } c \text{ on võrdetegur.}$$

Kui selles Joule'i seadust kujutavas valemis tarvitatud mõõtühikud on amper, oom ja sekund, siis näitavad sellekohased kalorimeetrilised mõõtmised, et soojushulga saamiseks grammkalorites tuleb asendada võrdeteguri kohale arv 0,24. Niisiis on voolu soojus

$$Q = 0,24 I^2 R t (\text{cal}).$$

Et Ohmi seaduse põhjal

$$I = \frac{U}{R}, \text{ siis } Q = 0,24 I U t (\text{cal})$$

Elektrihõõglamp.

Voolu soojust kasutame valgustamiseks elekt-rihõõglambis ja elektrileklambis.

a) Hõõglambis on pirnitaolise klaasanuma kacla

sisse õhukindlalt sulatatud kaks traadikest ja ühendatud peenikese traadiga. Üks traadike on ühenduses pirni kaela ümbritseva kruvitaolise vaskkestaga, teine isoleeritult kaela otsa kinnitatud vaskplaadikese. Et kuumendamisel vältida niidi ärapõlemist, on pirn tühjendatud õhust või täidetud lämmastikuga. Pirn kruvitakse portselaanalusele kinnitatud pessa (Edisoni pesa), mille mutritaoline vaskkest ja isoleeritud vaskplaat pesa põhjas on lülitatud vooluahelasse. Voolu läbimisel kuumeneb peenike traat kuni valgehöögumiseni ja kiirgab valgust. Suurem osa voolu energiast ($\sim 95\%$) muutub ka paremates lampides soojuseks ja ainult väike osa ($\sim 5\%$) valguseks. Nagu valguse õpetuses tähendatud, muutub see vahetult kõrgematel temperatuuridel valguse kasuks; seepärast tehakse hõõgniidid raskestisulavatest metallidest (volfram, mille sulamistemperatuur on üle 3000°). Aja jooksul hõõgniidid lagunenevad hõõgumisel, osakesed katavad tolmuks pirni, mis tumeneb, ja viimaks põlevad niidid läbi. Vananenud söõgniidid hakkavad lagunema juba 1700°C -l, volframniidid kannatavad tühjas pirnis 2100° , kuid indiferentse gaasiga täidetud pirnis 2400° (gaas takistab niidi lagunemist). Et niidi soojuskadu (temperatuuri lagunemist) kiirgumisel vähendada, selleks tehakse hõõgniidid spiraalseks. Hõõglambi normaalne põlemiskestus on 1000 tundi. Õhukindlalt pirni kaela sulatatud juhtmed on nii jämedad, et nad hõõguma ei hakka; nende paisumiskoeffitsient peab võrduma klaasi omaga.

b) Hõõglamp lülitatakse valgustusvõrgu ahelasse, mille pinget on harilikult 220V. Niidi takistus (pikkus ja pööklõige) on valitud nii, et ta antud pingel juures nii tugeva voolu läbi laseb, kui on tarvis tema normaalseks põlemiseks. Näiteks tarvitab 40 dlm-line (38 W-line) metallniidi-hõõglamp normaalselt 220 V-lise pingel juures $\sim 0.17\text{ A}$; sellest järeldame, et tema takistus on põlemisel $220/0.17 \approx 1300\ \Omega$. Valgustugevamal lambil peab olema suurem hõõguv pind, tähendab, hõõgniit peab olema

jämedam, ja seetõttu (väiksem takistus) ta tarvitab tugevamat voolu kuumendamiseks. - Lambil on ära märgitud normaalseks põlemiseks tarvilik pinge. Kõrgema pinge puhul põleks hõõgniit kiirest läbi ja madalama pinge puhul ta ei põleks küllalt heledalt.

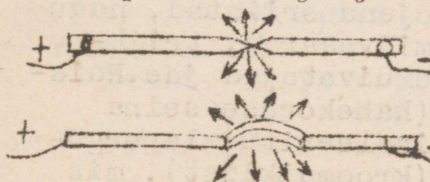
c) Valgustusseadme juures tuleb ühendada võrguga mitu lampi. Järjestikku lülitada lampe ei oleks otstarbekohane, sest niisugusel lülitusel kasvaks ahela takistus võrdeliselt lampide arvuga, vool oleks seetõttu näit. 2 või 3 lambi puhul normaalsest 2 või 3 korda nõrgem ja niidid ei läheks küllalt kuumaks. Hõõglampe lülitatakse kõrvu, selle ühenduse juures põleb või kustub iga lamp täiesti iseseisvalt. Iga lamp laseb ainult vähe elektrit läbi, elektri hulk aga, mida jaam välja saadab, on nii suur, et ka suuremal kaugusel jaamast ja mitme tuhande lambi taga voolujuhtmete pinge ainult vähe langeb. Võib aga näit. 220 V-lise pinge puhul lülitada järjestikku kaks ühetugevust 110 V-list lampi, neli 55 V-list jne. Nad põlevad normaalsest, kuid mitte üksteisest sõltumatult: ühe lambi kustumisel kustuvad ka teised.

L ü h i ü h e n d a u s. Ü l e v o o l u k a i t s e. Valgustusvõrgu võrdlemisi kõrge pinge tõttu peavad voolujuhtmed olema hästi isoleeritud; isolatsioon aga takistab juhtme jahtumist. Seda on tarvis arvestada ja juhtmed valida nii jämedad, et nad maksimaalse tarvitatava voolu puhul tunduvalt ei soojeneks. Võib aga juhtuda, et juhtmete isolatsioon läbi kulub ja traadid kokku puutuvad. Niisuguse n. n. lühiühenduse puhul puuduks ahelas lambi takistus, vool läheks ülitugevaks, juhtmed hakkaksid hõõguma, isolatsioonid rikunduksid ja võib tekkida tulikahju. Selle hädaohu vältimiseks lülitatakse valgustusaheleasse lühikesed peenikesed traadid, nn. kaitsmed (Edison), mille jämedus valitakse nii, et nad normaalse voolu puhul ainult vähe soojenevad, ülevoolu puhul aga sulavad ja seejuures voolu katkestavad.

Et kaitsmete vahetamist hõlbustada, antakse neile tähendatud kju. Alus on lambipesasarnane; sissekrüvitav kaitsekork on hõõglami kaela sarnane, kusjuures hõõglambi niidi aset täidab peenike kaitsetraat. Kaitsmetel on märgitud maksimaalsed voolutugevused, mida nad kannatavad ilma läbi põlemata. - Kujutatud kaitsmes võib samasse pessa kruvida mitmesuguse tugevusega kaitsekork, näit. 3 A-lise asemel 10 A-line, ehkki juhtmed on valitud maksimaalse 3 A-lise voolu jaoks. On olemas teissuguseid pesi, millesse mahuvad ainult teatava tugevusega kaitsekorgid.

E l e k t r i l e e k l a m p. a) Elektri-leeklambis (kaarlamis) on kaks söepulka ühendatud vooluallikaga, mille pinge on vähemalt 40 V ja millel on küllaldane võimsus. Süte kokkupuutumisel hakkavas pulkade otsad suure takistuse tõttu hõõguma ja kiirgavad valgust.

Sööd põlevad aja jooksul ära, tekib vahe, kuid vool ei katke, sest hõõguv hõrendatud õhk ühes hõõguvate aurudega (söe ainet) moodustab pulkade vahel juhtiva heleda leegi (Volta kaar.II) Leegi takistus on kaunis



suur. Ajajooksul pikenevad vahe ja leek, mille juures suureneb leegi takistus ja väheneb voolu tugevus. Viimaks ei tekita nõrk vool küllalt soojust ja leek kustub. Lambi põlemasüütamiseks tuleb pulgad uuesti kuni kokkupuutumiseni lähendada. Et lambi põlemist alal hoida, on tarvis söepulkade kaugust reguleerida mingisuguse mehhanismi abil käsitsi või automaatselt.

b) Positiivne süsi läheb palju kuumemaks kui negatiivne (näit. + süsi 3700° ja -süsi 2700°). On söed ühejämedused, siis positiivne põleb ära umbes kaks korda kiiremini kui negatiivne; sellepärast võetakse +süsi kaks korda jämedam kui -süsi. Kuna

-söe ots põleb teravaks, tekib +söes õõnsus, nn. kraater, mis iseäranis tugevasti valgust kiirgab. Söepulgad asetatakse nii, et kraater oleks pööratud valgustatava ruumi poole.

Liiga kõrge võrgupinge tõttu lülitatakse leeklamp valgustusvõrku järjestikku reostaadiga, vahelduvvoolu puhul ka transformaatoriga või paispooliga. Reostaadi takistus valitakse vastavalt soovitud voolutugevusele.

J o u l e ' i s o o j u s e k a s u t a - m i n e k ü t m i s e k s, k e e t m i s e k s jne. Ruumide kütmiseks tarvitatakse elekterahjusid, milledes traatspiraalid (takituskehad) voolu läbimisel kuumenevad. Niisugune kütmine, kus küttematerjali energia muundub elektrijaamas aurumasina, generaatori ja -tarvitaja käes-takistuse kaudu uuesti soojusenergiaks, on mitmekordse energiakao tõttu palju kallim kui küttematerjali otsene kasutamine ahjus.

Laialdast tarvitust majapidamises leavad aga väiksemad elektrilised soojendusriistad, nagu keedunõud, liimipotid, tinutamisvasarad, triikraudad, soojenduspadjad, juuksekuivatajad jne. Neisse riistadesse on paigutatud (kahekordse seinaga või põhja vahele) vilkkiviga isoleeritud lapergused traadid või metalliribad (kroomniklist), mis voolu läbimisel kuumenevad. Riistadel on märgitud pinge, mille jaoks nad on valmistatud. - Elektrilistes soojendamiskappides teaduslike tööde jaoks (bakterioloogias, keemias) toimub soojendamine elektri abil; soovitatavat temperatuuri võib reguleerida voolutugevuse kaudu reostaadi abil ja muutmatult alal hoida.

Tehnikas tarvitatakse voolu soojust ja elektrileegi kõrget temperatuuri (erilistel tingimustel kuni 7000°C) keevitamiseks ja raskestisulavate ainete sulatamiseks.

A l a l i s v o o l u v ö i m s u s j a
 t ö ö. a) Kui asetame veevoolu teeale takistuse
 (vesiratta), siis ületab vool takistuse ja teeb
 tööd (tiirutab ratast). Kui lülitame elektrivoolu
 ahelasse takistuse, siis ületab vool takistuse ja
 teeb tööd (tiirutab mootorit, kuumendab lambi
 hõõgniiti).

Et mõõta näiteks veevoolu võimsust veskitam-
 mi juures, selleks tuleb sekundis läbivoolavat vee-
 hulka kilogrammides, tähendab, voolutugevust I
 korrutada meetrites mõõdetud nivoovahega U. Veevoo-
 lu võimsus on

$$N = IU / \frac{\text{kgm}}{\text{sek}} /$$

ja voolu töö aja t vältel $A = Nt = IUt / \text{kgm} /$.
 Analoogiliselt leiame elektrivoolu võimsuse, kui
 korrutame voolutugevuse I (amprites) pingega U
 (voltides), kusjuures korrutist nimetatakse volta-
 amperiks (VA) ehk vatiks /W/. Niisiis voolu võim-
 sus

$$N = IU / VA / \text{ ehk } IU / W /$$

ja voolu töö t sek. vältel

$$A = Nt = IUt / Ws /$$

Tehnikas tarvitatakse tööühikuna vattsekundi
 (Ws) asemel kilovatt-tundi (1 kWh = 1000 · 60 · 60 =
 = 3600 000 Ws).

Hobusejõu ja vati vahekord on järgmine:

$$1 \text{ HJ} = 736 \text{ W}.$$

Vahekorra leiame järgmiselt:

$$1 / \text{HJ} / = 75 / \frac{\text{kgm}}{\text{sek}} / = 75 \cdot 9,81 / \frac{\text{J}}{\text{sek}} / = 736 / \frac{\text{J}}{\text{sek}} / = 736 / W /$$

$$1 \frac{\text{džaul}}{\text{sek}} = 1 \text{ W} \quad \text{tunni jooksul (3600 sek. jooksul)}$$

$$1 \text{ kW} = 1000 \text{ W} = 1000 \frac{\text{džauli}}{\text{sek}} \quad 1 \text{ kWh} = 3 \ 600 \ 000 \text{ J}.$$

Kirjatööde paljundusbüroo "VELOX"

Tartus, Gustav-Adolphi 18-5.