

Auhinnatöö

Auhinnatöö
II. auhind.

Prase ja alumiiniumi
magn. omadustest.

Aavakivi, Rolf

4)

366 214



3

1. deto. 1927. a. teise
aadressina vääriliseks
tunnustatud.

Autors: stud. phys.
Rolf Savakivi

Õige: Jaarbergh
Tartu ülikooli Sekretär

Auhinnatõs.

"Kase ja alumiiniumi magn. omadustest."

Märksõna: "Kaa".



D321823

Vase ja alumiiniumi sulatiste
magnetiilistest omadustest.

Märkusi uurimismeetodite kohta.

Väikese susceptiibiliteetidega ainele magnetiiliste omaduste määramisel tarvitatakse peamiselt meetodid, mis põhinevad magnetiilist mõjutatavatele kehadele rakenduvate tungide mõõtmisele, mis tehivad siis, kui uuritav keha paigutada ebahomogeenses magnetvälja.

Magnetomeetiline meetod, mille aluseks on magnetvälja intensiteedi muutumine magnetiseeruva keha asetamisel sellise välja, ei luba saavutada suurt katsete

täpsust nõrgalt-magnetisumvate ainete juures, sellepärast tarvitatakse seda meetodit peamiselt ferromagnetiiliste metallide uurimisel.

N. n. Faraday' meetodi aluseks on valem

$$F_s = \kappa V H \frac{dH}{ds},$$

kus F_s on tung, mis rakendatud katsekehale sihis s , κ on susceptiibiliteet, N — katsekeha ruumala, H — väljatugevus ruumis, mille võtab oma alla katsekeha, ja $\frac{dH}{ds}$ on välja ruumiline tuletis sihis s . See meetod on sobiv iseenesuste ainete susceptiibiliteetide võrdlemiseks, kuid teda on hüljatud absoluutsete väärtuste määramisel teguri $\frac{dH}{ds}$ mõõtmise raskuse tõttu, ja ka selle rea pärast, mille põhjuseks on eeldus, et see tuletis on konstantne kogu katsekeha ruumalas.

Quincke meetod. Kui vedelik asub U-sarnases torus nii, et nivoo ühes toru karnas asub magnetväljas, mille tugevus on H_1 , ja toru teine karn väljaspool välja, siis tekib nivooide vahe h nii, et

$$h = \frac{\kappa H^2}{2dg}$$

kus κ on vedeliku susceptibilitet, g - raskustungi kiirendus. See meetod nõuab ainult kahe meetodi mõõtmist ja on seega sobiv eksaktseks katsutamiseks.

Wills'i meetod. Kui katsustatavast ainet homogeenne silindri sises ots asub magnetväljas, mille tugevus on H_1 , ja teine ots nõrgemas välja osas H_2 , siis raskendub silindrile sibiis $H_2 H_1$ tung F nii, et

$$F = \frac{1}{2} \kappa S (H_1^2 - H_2^2),$$

kus S on silindri ristlõike pindala. See meetod võimaldab ka täpsid kat-

leid, kuid tegev F , nagu tegev h. Ruineke
meetodis on väga väike nõrgalt-mag-
netiliste kehade korral.

(Phys. Rev. 1914, Vol. 3. Ser. II)

Antud töö korral oli kasutatamisel
viimase meetod, sellepärast olgu öeldud
mõni sõna tema teostatamise külje kohta.
Maxwell'i teooria põhjal rakendub mag-
netväljas tasapinnale S , mis lahutab
erinevate permeabilitetidega keskkondi,
tugev F , mille suuruse määrab valem

$$(2). \quad F = S \left(\frac{\mu_1 H_1^2}{8\pi} - \frac{\mu_2 H_2^2}{8\pi} \right),$$

kus μ_1 ja μ_2 on keskkondade erine-
vad permeabilitetid, H_1 ja H_2 —
magnetvälja tugevused kahel pool tasa-
pinda S . Et mille katsil on tegemist
väga nõrgalt-magnetisuruvate metallidega,
võime võtta ilma suurema veata
 $H_1 = H_2$ (s. o. oletame, et proovi asetamine

magnetvälja ei muuda vähemast tunduvalt). Peame veel silmas, et $\mu_2 = 1$, sest meie keskkoornad on metall ja õhk. Avaldus (d) omandab kuju

$$F = \frac{5H^2}{8\pi} (\mu - 1).$$

See avaldus lihtsustub veelgi, kui permeabiliteedi μ asemel võtame susceptiibiliteedi κ , pidades silmas valemit $\mu = 1 + 4\pi\kappa$:

$$F_1 = \frac{1}{2} 5 H_1^2 \kappa.$$

Tung F_1 rakendub meie silindri alumisele otsale (ja on rihitud paramagnetilisest silindrist väljapoole). Analooqne tung F_2 rakendub meie silindri ülemisele otsale

$$F_2 = \frac{1}{2} 5 H_2^2 \kappa,$$

kus H_2 all mõistame nüüd magnetvälja tugevust meie silindri teise otsa kohal.

Tungid F_1 ja F_2 on rihitud vastas-
suundades, nii et üldise katsesilindriile
mõjuna tungi F saame F_1 ja F_2
vahena:

$$F = \frac{1}{2} S \kappa (H_1^2 - H_2^2).$$

Selles valemis on kõik suurused
mööditavad peale κ , mis võimaldab-
ki mille väimase määramise:

$$\kappa = \frac{2F}{S(H_1^2 - H_2^2)}.$$

Mõõtmiste sooritamisest.

Väljatugevuste H_1 ja H_2 mõõtmine
sündis väikese induktsoon-pooli abil.
Selle mõõtmiseviisi teoreetiline külg on
järgmine: Magnetväljas, mille tugevus
on H , asugu traadist pool, mille mä-
histe pind on risti välja tungjoo-
tiga; pooli mähisringide kogupind olgu
 K . Kui seda pooli tõmmata välja

magneträljast (mii et lõpuks pooli
mähiseid ei läbista ükski tungjoon),
siis loikab sellimures pooli mähistrati
H. P tungjoont, mille tõttu läbi pooli
ahela liigub elektrivool

$$(\beta) \quad Q = \frac{HP}{R},$$

kus R on nimetatud ahela kogutaxis-
tus. Q on mõõdetav ballistilise gal-
vanomeetriga.

Valem (β) on maksis sel korral,
kui kõik suurused on mõõdetud ab-
soluut-ühikutega. Kui Q on mõõdetud
kulombites ja R ohmides

$$H = \frac{10^9 R Q}{P},$$

siis $1 \Omega = 10^9$ absol. ühikut, $1 \text{ kulomb} =$
 $= 10^{-1}$ absol. ühikut.

Antud korral oli tarvilikul eto-
müüdist trüütud nullikesele mähitud,
kaherõrdse mähiste kattega väike
pool. Tema väline läbimõõt oli 6,73 mm,

mähisringe oli 85, ja mähiste kogupind $26,76 \text{ cm}^2$. Poolikene oli kinnitatud iso-
niitorn otsa, mille abil võis teda ase-
lada magnetvälja soovitavasse kohta
ja säält teda kiiresti välja tõmmata.

Magnetvälja tekitamiseks oli tarvi-
tusl suur neljatahuste tšivipüramiidide-
-kujuliste poolustega elektromagnet;
12,5 mm pooluste vahe ja 24 amp. voolu-
tugevuse juures (pinge 40v.) tekkis mak-
simaalne välja tugevus 14110 gaussi.

Maximaalse väljatugevuse kohas asus
edaspidistel katsel proovisilindri üks ots,
kuna teine ots asetis 31 mm kõrgemale
(proovisilindrite kõrgus oli 31 mm, põhjade
keskmise raadius 4,8 mm). Proovisilindri
ülemisele otsale vastavalt määratud
magnetvälja tugevus oli 2840 gaussi.

Tungi F mõõtmise sündis tundelikk-
kude kaalude abil: proov rippus mag-

nudi pooluste vahel punne rüdimüdi otsas,
 mis läks läbi konsoolis ja kaalude-kapi
 põhjas olevate aukude kaalukaasi külge.
 Suurema mõõtmistäpsuse saavutamiseks
 oli kinnitatud kaalude peaprisma külge
 väikene peegel, millest pikksilma abil
 võis jälgida vastava skaala nihkumist
 kaalude siisu muutumisel, s.o. peegli
 pöördumisel. Sel teel saavutatud kaa-
 lude väga suur tundlikkus osutus
 hiljemini eakasutatavaks proovi liiku-
 misel magnetväljas tekkivate Foucault
 voolude liikumist-takistava mõju tõttu.
 Sellesuures olid mõõdetavad turgid küm-
 neid miligramme, nii et küllaldane mõõt-
 mistäpsus oli juba pool miligrammi.
 Suuremat täpsust ei olund võimalik
 saavutada praktiliselt ka veel selle-
 pärast, et elektromagneti läbistav tugev
 vool muutis peagi juhid soojaks; sellega

kaasaskäiv akela taxistuse suurenemise
koos akkumulaatorite pinge langetamisega
põhjustas omalt poolt voolu tugevuse kestva
vähenemise, misruugne ajasla sundis toi-
mitama vaatlusi võimalikult kiirelt.

Proovide valmistamisest.

Käesoleva töö juures nõudis kõige
rohkem aega proovide valmistamine.
Vastava kirjanduse puudumisel tuli
omandada sellises tarvisminev oskus katse-
tamise teel.

Esimesed katsed sündisid Hareuse elekt-
riabjuga, kusjuures sulatatavad metallid
olid kütitud portsellaatorusse, millest sul-
latamise ajal käis läbi nõrk lämmas-
tiku vool; lämmastikatmosferaar pidi ta-
xistama oskusündide tekkimist. See meetod
osutus mitmeti ebakohaseks: 1) tarviliku

taarviliku temperatuuri saavutamise nõu-
dis lüga pikka aega; 2) pundus võima-
lus segada sulanud metalle, ilma millita,
nagu näitas katse, ei olnud võimalik
sadaa homogeenset sulatist; 3) paksude
siintega portsellaatorud praagumised
järsul jahtumisel, missugune asjaolu
ähvardas teha proovide valmistamist
lüga kalliks.

Tegelik proovide sulatamine sündis
järgmiselt: Väike portsellaantügel
kaalutud hulga vasega asus vastavas
õõnsuses kahe samothkivi vahel; kõrval-
olevast avausest oli võimalik juhtida
tüglile väikest kompressorist tulva õhu
ja valgustusgaasi segu teravat lüki,
mille abil võis saavutada vase sul-
mistemperatuuri umb. 50 min. jooksul.
Alumiiniumi lisamise sündis väikese
osade kaupa läbi vastava avause üle-

mises samoth-kivis; sulatise segamisesse oli
 tarvilisel peenikene kaarlambi süsi.
 Aluminiiumi lisamise lõpetamisel tuli
 tõsta kõrvale pealmine samothkivi, ja
 vedel sulatis valati kuivatatud krii-
 dist vormi.

Kirjeldatud meetodi täpsus jättis
 palju soovida peamiselt õhu vaba
 juurpääsu sulatatavatele metallidele
 ja sellest tingiva tugeva metallide oksü-
 sündurumise tõttu. Väänduses aluminiiumi
 suurema oksüdeerumisvõimega muutus
 metallide protsentuaalne osake alumii-
 niiumi kahjuks. Viimast viga oli
 süsiki võimalise hiljemini kõrvaldada
 proovide kallal toimepandud kvanti-
 tatiivse kuumilise analüüsi abil. Väänd
 sulatiste hulgas hanguvad ruttu, mille
 tõttu proovide sisse jäi paiguti õhu-
 mulle. Viimane asjaolu on küll ilma

erilise suure tähtsusega tingimusel, kui need võnused ei sattunud just magnetvälja kõige suurema muutumise kohta ($\frac{dH}{ds} = \text{max}$).

Sulatiste susceptiibiliteetide määramise saadustest.

Katsed vase ja alumiiniumi erineva vahukorraga sulatiste susceptiibiliteetide määramiseks osutasid pea lineaarset susceptiibiliteedi vähenemist vase sisaldavuse suurenemisega. Analoogult vase ja tsingi sulatiste susceptiibiliteedi absoluutväärtuse järsku suurenemisega sulatise puhul, milles metallide vahukord vastab keemilisele ühendile Cu_2Zn (Ann. d. Phys. 62., lks. 666.), võis oletada susceptiibiliteedi sarnast muutumise käiku ka vase ja alumiiniumi sulatiste puhul.

Maagn näitab järgnev graafik, antud juhusel ei esinevad olulised erinevused susceptiibiliteetide-kõvera kõrvale kaldumist lineaarsest käigust. Küll aga ületavad vase 70 ja 80 protsendilise sisaldavuse piirkonnas suhteliste susceptiibiliteetide absoluutväärtused puhta vase susceptiibiliteedi, kui väimase väärtuseks võtta $-0,8 \cdot 10^{-6}$. Landolt'i tabelites on antud vase susceptiibiliteedi jaoks järgmised väärtused:

$2 \cdot 10^{-6}$	= -0,8	(F. Koenigsbergeri järel)
	-0,66	(St. Meyeri ")
	-10,7	(O. C. Clifford'i ")
	-0,8	(K. Honda ")
	-8,0	(Chenevean ")
	-0,76	(M. Owen'i ")

Kui sellist arvu ei reast arvestada O. C. Cliffordi või Chenevean andmetega, siis ei tarvitaks küll väita, et paramag-

needitise alumiiniumi lisandus suurendab diamagnetilise vase susceptibiliteedi absoluutväärtust.

Tingimise kõrvalolekaldumise lineaarsusest isineb graafiku lõpposa, mis vastab substiti suurele vase ja väiksele alumiiniumi sisaldusele, osutades diamagnetismi vähenemist. Seda kõrvalolekaldumist ei saa aga kirjutada mingisuguse alumiiniumi ja vase keemilise ühendi olemasolu arvele, vaid sünni on tegemist katseveega, milles on süüdi paramagnetilised lisandid sulatistes — peamiselt vase oksüüdid, mis on nähtavasti lahustuvad sulas metallis. Vase oksüüdide tekkimine suurema alumiiniumi sisaldusega sulatistes oli takistatud alumiiniumi ja hapniku suure affiniteedi tõttu; alumiiniumi oksüüdid ei lahustu sulas metallis jäädes musta kobeda massina tiigli seinte külge. Olituse põhjenduseks

vase oksüüdide sevara mõju kohta peab tooma esile arjastu, et sulatades puhast elektrolüütilist vase ei õnnestunud vaatamata mitmekordsile katsetele saada diamagnetilist proovi; diamagnetism tuli aga ilmsiks väikse alumiiniumi lisanduse korral (alumiiniumi desoksüdeeriv mõju!).

Märkus: K. Overbeck avastas 1914 aastal (Ann. d. Phys. 46. lxx. 677.) nurides vase ja tsingi sulatiste magnetilisi omadusi uue nähtuse ul alal — „metamagnetismi“. Mainitud nähtus sisis selles, et teatud väikse tsingi sisaldavusega sulatised olid paramagnetilised nõrkades magnetväljades, välja tugevnemisel vähenes nende paramagnetism minnes isegi lõpuks üle diamagnetismiks. Overbeck katsustas palju selle nähtuse põhjuste selgitamise alal; muu seas tigi ta kindlaks, et 0,55 promille raudsisaldusega vase on veel diamagne-

diline, ja et väikene (umb. 1%) lisandus alumiiniumi suurendab vase diamagnetismi. Neude katsete saavutused olid üldiselt väga vasturääkivad, ega lubanud Overbeckile tulla ühes küsimuses mingisugusele konkretsile otsusele. Lõpuks kaldub ta oletusele, et „metamagnetism“ on kõrvalmõjudest olüemata vase ja tsingi sulatiste omadus. Hiljemini aga näidatakse, et oletus „metamagnetismist“ on katsuvigadel põhjener eksitus (Ann. d. Phys. 62., lk. 666.).

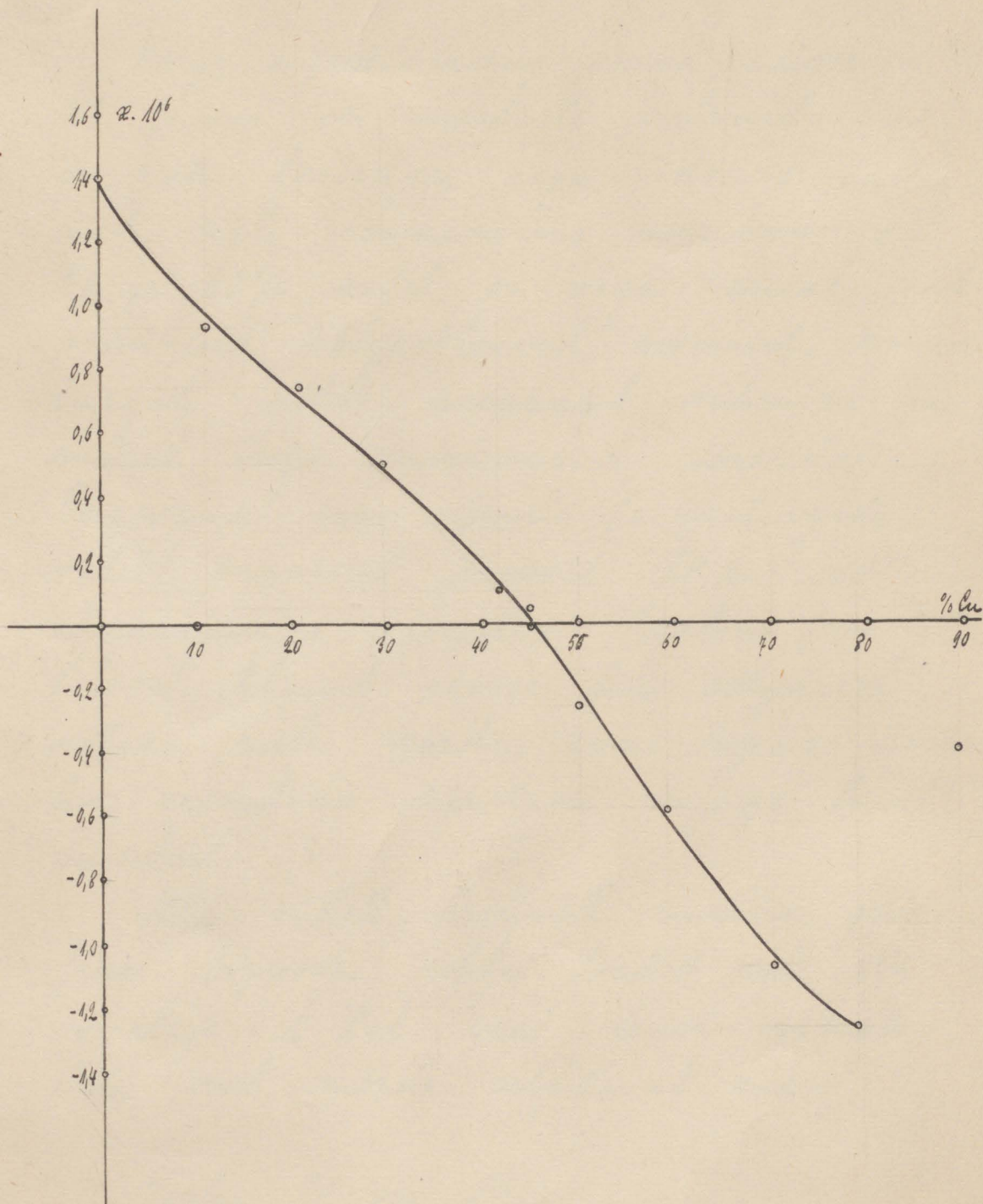
Nagu juba mainitud ülpool, osutus sulatiste susceptibilitetide muutumine metallide protsentuaalse suhte muutumisel pea lineaarselt võimasest olüevana. Et valitud metallidest üks on dia- ja teine paramagnediline, pidi neude metallide sulatiste susceptibilitetide kõver läbistama susceptibilitetide null-väär-

tuse. Erialgsed katsed näitasid, et sulatis, mis koosnes 58,5% alumiiniumist ja 41,5% vasest, oli veel nõrgalt paramagnediline, kuna sulatis 50% alumiiniumist ja 50% vasest osutas juba diamagnetismi (v. tabel). Kontrolliks valmistatud sulatis alumiiniumist ja vasest oli õige nõrgalt paramagnediline ühest ja samuti väga nõrgalt diamagnedilisest otsast. Esinevad nähtus on selitav alumiiniumi ja vase erikaalude erinevusega: alumiinium kui kergem aine asus suuremal määral vormi ülemise otsa (paramagnediline oli tõe poolset proovi ülemine ots.).

Tabel.

d on silindri põhja läbimõõt cm.
 m on magnetväljas silindrile rakendatud tugevus mg.

% Cu	d	m	$\rho \cdot 10^6$
0	0,975	102	1,40
11	0,987	69	0,93
21	0,970	53,5	0,74
29,5	0,976	36,5	0,50
41,5	0,955	7,0	0,10
45	0,984	+3,8	+0,051
45	0,984	-1,0	-0,013
50	0,970	-18,8	-0,26
59	0,975	42,5	0,58
70	0,990	81,0	1,08
79	0,960	89,5	1,27
89,5	0,975	29,0	0,40.



Kõige aegavõtramaks osaks käesoleva
töö juures oli sulatiste valmistamine
ja nende tarviliku kuju andmine. Sulat-
tised, mille alumiiniumi sisaldavus on
20 ja 60% vahel, on väga rabedad; nad
purunesid väljavõtmisel vormist, kruuv-
tangide vahel kuramisel, viilimisel ja
mõned isegi kukkumisel pörandale.

Tugevama surve juures (kruuvtangide
vahel) purunesid proovid 20 kuni 40%
alumiiniumiga väikstes terades (kristal-
lides). Mitmeid proove tuli sellepärast
valada mitu korda, kuni lõpuks õnnes-
tas saavutada nõuetava kujuga tervet
silindrit.

Mitte küllalt hoolikalt nuritud graa-
fixi lõpposa kohta loodab selle töö
sooritaja, et tal saab olema võimalus
teha veel mõnda selgitavat katsut.

Tartus, 29. okt. 1927a.

Kasutatul kirjandus:

- Ann. d. Phys. 62. Nr. 666. R. Weber:
Die Magnetisierbarkeit von Kupfer-
-Zinnlegierungen.
- Ann. d. Phys. 46. Nr. 677. K. Overbeck:
Über metamagnetische Legierungen.
- Ann. d. Phys. 41. Nr. 829. K. Thde:
Über die Magnetisierbarkeit von Mangan,
Mangan-Kupfer und Chrom.
- Physik. Zeitschrift XII, 1911.
- Phys. Review 1914, vol. 3. ser. I.
- Grimsehl: Lehrbuch d. Physik.
- Oborocok: Puzuka IV, 1.
- Landolt: Physikalisch-Chemische Tabellen.

366214

Auhinnasto

Aavakivi, Rolf.

Vase ja alumiiniumi
magneelilistest...

1927

TÜ RAAMATUKOGU



1 0300 00548511 7

Aavakivi, Rolf