

OCEL

a její vlastnosti galvanické
a magnetické.

Na základě vlastních původních prací

sepsali

Dr. V. STROUHAL

v. i. professor experimentální fyziky na e. k. české universitě Karlo-Ferdinandově

a

Dr. C. BARUS

physicist of U. S. Geological-Survey Washington.



V PRAZE.

Tiskem Jos. R. Vilímka. — Nákladem vlastním.

V komisi knihkupectví F. Řivnáče.

1892.

LABORATORĚ ÚSTAVU
TEORETICKÉ A EXPERIMENTÁLNÍ
ELEKTROTECHNIKY

V. 24

Vb 783



241/62

PŘEDMLUVA.

Bylo již dávno mým přáním, na základě prací, jež provedli jsme, Dr. C. Barus a já v letech 1877—87, vydati obsírný spis o oceli v jazyku českém. Práce tyto sahají původem svým do těch let, kdy jsem co soukromý docent a asistent university Würzburgské pracoval v tamnějším fysikálním ústavu, kamž byl i Dr. C. Barus za účelem vzdělání odborného z New-Yorku se odebral. Vzpomínáme často té přátelské podpory, kteréž dostávalo se nám tehdaž od ředitele ústavu, prof. Dra. F. Kohlrausche, nyní profesora a ředitele ústavu fysikálního ve Strassburku, jenž o průběh a o výsledky prací našich největší jevil zájem a účastenství. O výsledcích těchto podávali jsme zprávy jednak v přednáškách ve společnosti lékařsko-fysikální ve Würzburgu, jednak tiskem v německých časopisech odborných. Roku 1880 odjel Dr. C. Barus do New-Yorku, byv povolán do služeb U. S. Geological Survey; tamtéž povolán jsem byl roku následujícího též já, přijav místo fysika při U. S. Geological Survey v New-Yorku a zároveň úkol, spolu s Drem. C. Barusem zaříditi laboratoř k badáním geologicko-fysikálním, k čemuž povoleny bohaté prostředky. Místa tohoto jsem se však po roce vzdal, byv roku 1882 povolán na českou universitu Karlo-Ferdinandovu.

Osobními těmito změnami byly společné práce sice znesnadněny, avšak nikoli zamezeny; bylo v nich pokračováno jak v laboratoři fysikální geologického ústavu v New-Yorku, později ve Washingtonu, tak i v laboratoři fysikální české university Karlo-Ferdinandovy; při tom učiněna mezi námi úmluva, abychom společné práce své vydali souborně anglicky a česky.

Úmluvě této mohl přítel můj Dr. C. Barus záhy dostáti (1885—87); neboť náklad na vydání spisu anglického přejala ihned U. S. Geological Survey. Spis český, jež nyní vydávám, a jenž jedná o té části společných prací našich, kteréž hledí ke galvanickým a magnetickým vlastnostem oceli, byl k tisku připraven již před dvěma lety. Neobdržev podpory k vydání jeho se strany král. č. Společnosti Nauk, kdež jsem ji očekával, vydávám jej nyní nákladem vlastním.

Při výkladu hleděl jsem býti spíše obšírným než stručným. Přeji sobě, aby spis tento četli a jemu rozuměli také studující matematiky a fysiky na universitě naší, jinak by obor čtenářstva byl ovšem velice skrovným. Proto předeslal jsem u jednotlivých odstavců z věcí, jež ovšem odborník vysokých škol odjinud zná, tolik, kolik třeba k porozumění method pozorovacích a počítacích, nechtě z nedostatku českých učebnic poukazovati čtenáře k spisům cizojazyčným. Naproti tomu jsou při počtech číselných uvedeny jen výsledky; podotýkám to proto, abych upozornil, jak veliká početní práce jest obsažena v číslech výsledky tyto udávajících, kteroužto práci dovede posoudit a ocenit ovšem jen ten, kdo sám měl příležitost řady pozorování dle metody nejmenších čtverců počítati; zde pak bylo takových řad pozorovacích propočítáno a sice jen v tom oddílu, který jedná o napouštění oceli, přes sto, o jiných početních redukcích v oddílech ostatních ani nemluvě.

Vzpomínám též laskavé pomoci svého assistenta *Vladimíra Nováka*, kterýž v mnohém směru, zejména kreslením obrazců — vesměs nově provedených — mne při vydání spisu tohoto podporoval.

Bude mi potěšením a nejlepší odměnou za práci a náklad, když spis tento čísti budou moji žáci, nynější i příští professoři na školách středních, s tím zájmem, jakéhož smím se nadíti vůči tomu, že práce v něm obsažené byly se strany kompetentní — od fysiků německých, anglických i ruských — jakož z jednotlivých symptomatičtých projevů na jevo vychází, přijaty s uznáním největším.

V Praze, dne 9. března 1892.

Dr. *V. Strouhal*.

ÚVOD.

Není kovu, kterýž by nejen se stanoviska technického, nýbrž též čistě fysikálního tak vynikal svým významem, svou důležitostí a zajímavostí, jako železo. Kov tento, kterýž lze čistý toliko uměle, buď cestou elektrolytickou aneb zvláštními methodami chemickými obdržeti, jest co kov prodajný a k účelům technickým užíváný vždy sloučen buď úmyslně neb nahodile s látkami jinými, kteréž mu dodávají vždy nových vlastností rovněž tak rozmanitých jako významných a důležitých. Z těchto látek jmenujeme zde: fosfor, síru, křemík, mangan, hliník, wolfram a j.; také dusík zde uvéstí dlužno, ačkoliv o jeho vlivu nejsou mínění ustálená. Nade všechny tyto látky vyniká však uhlík. Dle toho, jak velikým (relativním) množstvím jest zastoupen, rozeznáváme jednotlivé modifikace železa; seřadíme-li tyto dle rostoucího množství uhlíka, obdržíme na jednom křídle této řady železo kujné, na druhém litinu, u prostřed pak jest ocel.

Roztřídění toto není tak přesné, jak by se snad očekávalo. Avšak není tomu jinak; není zde žádných určitých přechodů, žádných určitých mezi.

Železo kujné má uhlíka obyčejně 0·4%, na nejvýše 0·8%; železo kujné, v této modifikaci jest to kov kujný, tažný, tavi se velmi snadno a v horku se dá svařiti. S rostoucím množstvím uhlíka vystupuje znenáhla nová vlastnost, důležitosti veliké; kov rozžhavený a náhle schlazený stane se velice tvrdým, při tom

Důležitost
a roztřídění
materiálu.

křehkým jako sklo; říkáme, že se dá kaliti. Tak zvaným napouštěním umenšuje se křehkost, ale také tvrdost; kov stává se pružnějším, ale měkčím. Obě tyto vlastnosti, kalitelnost a napouštělnost, jsou charakteristickými pro modifikaci, kterouž oceli zoveme. Při tom má ocel pro každé množství uhlíka vlastnosti, jež ji doporučuji k určitému účelu. Také ocel zůstává kujnou jako železo: ale tato vlastnost umenšuje se s rostoucím množstvím uhlíka a přestává úplně, čini-li toto množství asi 2⁰/₀; za to tavi se kov vždy snáze, jest roztavený velice tekutým a to je vlastnost, kterou se charakterisuje litina.

Vše toto uvádíme v hlavních jen rysech, za účelem rychlého orientování čtenáře; o podrobnostech velmi četných a rozmanitých mluvití udá se nám v postupu dalsím velmi často. Zde budiž ještě poznamenáno, že vliv jiných, nahoře uvedených látek jest vlivu uhlíka podoben; některé z nich mohou dokonce uhlík zastupovati; každá z nich pak dodává oceli jistých vlastností speciálních („ocel speciální“). Jest však pravdě podobno, že oceli nejlepší byla by ta, v níž by vedle železa nebylo žádné látky jiné než jen uhlíka.¹⁾

Vytkli jsme za charakteristickou vlastnost oceli, že může přicházeti v rozmanitých stupních tvrdosti; těchto pak lze docílití jednak kalením, jednak napouštěním. Oba processy jsou dle povahy své, jakož později širě vyložíme, hlavně chemické. Avšak také processy čistě mechanickými, jako silným rázem (kováním), tlakem neb napjetím a p. lze docílití jisté tvrdosti, avšak tato tvrdost „mechanická“ jest zcela jiné povahy, než ona tvrdost „chemická“. Budiž zde již z předu vytčeno, že ve všech úvahách následujících jen o tvrdosti chemické bude jednáno.

Jak známo náleží vlastnost „tvrdosti“ k takovým, pro něž

¹⁾ D. Chernoff: Ueber die Structur des Stahls; Vortrag gehalten vor der russischen technischen Gesellschaft; 1868.

nemáme žádné absolutní míry; vůči přechetným odstínům tvrdosti oceli nelze tu ani jakousi čistě empirickou, normální škálu stanoviti, jako jest na př. škála Mohs-ova pro účely mineralogické. Nezbyvá tudíž nic jiného, než posuzovati tvrdost dle nějaké jiné vlastnosti oceli, kteráž jsouc tvrdostí podmíněna s ní spojitě se mění, a ovšem snadno se měřiti dá. Vlastností takovou jest na př. magnetická síla koerzivní oceli²⁾; avšak tato vlastnost osvědčila se pro účel uvedený ne valně; příčinou toho jest okolnost, že mnohé látky, jež jsou oceli přimíseny, jinaký mají vliv na tvrdost, jinaký na magnetickou sílu koerzivní oceli; tak na př. má wolfram na magnetičnost vliv příznivý, mangan však nepřínivý, ačkoliv obě látky tvrdost značně zvyšují³⁾. Proto bylo snahou naši jiné vlastnosti oceli vytknouti, kteréž by ku posouzení chemické tvrdosti oceli byly vhodnějšími. Volili jsme vlastnosti thermoelektrické a galvanické a domníváme se, že jsme v těchto vlastnostech v skutku našli míru velmi vhodnou, a což zvláště jest důležité, velmi citlivou; míra tato osvědčila se při pracích našich, jež provedli jsme v otázkách týkajících se kalení a napouštění oceli právě tak, jako i vlastností oceli magnetických; a nejen u oceli, nýbrž též u železa a litiny lze jí užiti s prospěchem. Jest tudíž přesvědčení naše, že při studiu jakýchkoli vlastností oceli užívání této míry tvrdosti, bude pomůckou velmi výdatnou a že valně přispěje k tomu, aby prozkoumání oceli, tohoto tak důležitého materialu, ve všech směrech se zdokonalilo a doplnilo.

Nelze zajisté upříti, že dosavadní vědomosti fysikálních vlastností oceli v mnohém ohledu jsou dosti skrovné a neúplné⁴⁾. Příčinou toho jest veliká objemnost celého úkolu. Uvažme, že

²⁾ Myšlenku stanoviti tvrdost oceli cestou elektromagnetickou vyslovil v. Waltenhofen. — Srovnej též »Zeitschrift des elektrot. Vereines«, Wien I. 10 Heft. p. 308. 1883. — Sem náleží též práce, kterou provedl: Kerpely, »Beziehungen zwischen Härte und chemischer Constitution des Eisens. Zeitschr. des berg- u. hüttenmänn-Vereins für Steiermark u. Kärnten 1878. Sešit lednový.

³⁾ F. Reiser; Das Härten des Stahles in Theorie und Praxis 1881. p. 4.

ocel není materiálem určitým; jest mnoho rozmanitých druhů oceli; u každého druhu bylo by žádoucí zpracovati celou řadu otázek systematicky a přecházeti pak od jednoho druhu k druhému. Máme tu funkci jistých proměnných, v níž však přichází velmi mnoho arbitrárních konstant; to jsou různé přimíseniny oceli; nejen že každá má svůj vliv zvláštní v jistém směru, nýbrž též skupiny jednotlivých jeví opět vliv rozdílný. Aby pak práce systematicky mohla býti prováděna, musily by také prostředky ku práci zejména hutnické býti velmi rozsáhlé, tak aby bylo možno obdržeti ocel toho složení, jak pozorovatel si přeje. Práce by vyžadovala součinnost nejen theoretika, nýbrž i praktika; nejen fysika, nýbrž též chemika i technika. Jsme zde v oboru, kterýž zasáhá do věd rozmanitých, kteréž jednotlivce ovládati nemůže a kde tudíž práce několika odborníků dle programu jednotného i společného jest naprosto žádoucí. Jest však obecně známo, jak nesnadno bývá takové součinnosti docíliti! Vůči tomu všemu není divu, že vědomosti dosavadní o oceli jsou kusé, řekli bychom přímo nahodilé. Ne, že by práce dosavadní nebyly rozsáhlé; bylo dojista pracováno zde velmi mnoho a velmi úsilovně, jakož literatura tohoto předmětu velmi rozsáhlá tomu nasvědčuje, ale schází jednotnost provedení, schází systém.

Specialiso-
vání úkolu
všeobecného.

Těchto všech obtíží byli jsme sobě, podnikající práce vlastní o oceli, ovšem vědomi velmi jasně. Vůči veliké obsáhlosti úkolu, viděli jsme, že se musíme omeziti prozatím na ocel určitého druhu, tento druh však snažili jsme se na základě vlastních method prozkoumati co možná mnohostranně, zejména pak co do stránky magnetické, kteráž fysikálně jest vždy nejzajímavější a nejdůležitější. Tento druh oceli, kterýž tedy v celé následující práci se předpokládá, byla ocel anglická („silver-steel“) dodá-

vaná prostřednictvím p. E. Hartmanna od firmy M. Cooks Brothers Sheffield & Manchester; dráty byly v průměru 0.03 až 0.15 % silné a 30 % dlouhé; daly se kaliti výtečně a byly pak tvrdšími než sklo, kteréž značně rýpaly, při tom pak velice křehkými, lomu jemnozrnného a šedobílého.

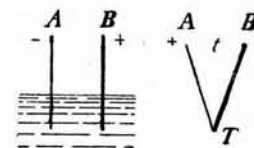
Material.

Zkoumání materialu tohoto dalo se, jak již bylo řečeno, ve směrech různých; tu pak naskytly se často analogie, kteréž nás vedly ku podobnému zkoumání látek jiných, pokud spřízněnost předmětu toho vyžadovala. A tak nalezneme čtenář, že v práci naší vedle uvedeného druhu oceli též železo kujné i lité, jakož i některé slitiny jsou zastoupeny a to právě za tím účelem, aby tím jasněji jisté vlastnosti oceli vynikly, jakož i aby zjednáán byl tím základ ku některým úvahám theoretickým. Za tímž účelem jest v následujícím tu i tam, obšírněji jednáno o výsledcích, kterýchž došli ve spřízněných otázkách autorové jiní; děje se tak ovšem jen výjimečně, aby celé dílo toto nevzrostlo na objem příliš veliký, a jen tam, kde práce jiných se s pracemi našimi přímo stýkají. Pilně však jest v četných citátech poukazováno k literatuře tohoto předmětu, aby čtenář úplný měl na očích obraz všech prací, jež v tomto oboru již před námi byly provedeny a sám mohl posouditi, jaký pokrok pracemi našimi v tomto oboru byl učiněn.

*) Srovnej A. Jarolimék: Ueber den Einfluss der Anlasstemperatur auf die Festigkeit und Constitution des Stahles. Dingler's polyt. Journal Bd. 255. pg. 1. 1885.

Stanovení mohutnosti thermoelektrické.

Ponoříme-li dva různé kovy A a B (obr. 1.) do kapaliny, kteráž jest aspoň vzhledem k jednomu z nich chemicky aktivní, jest jak známo, tato akce chemická zdrojem síly elektromotorické, tak že mimo kapalinu jeden z obou kovů, na př. B se stane polem pozitivním, druhý A polem negativním tak zvaného hydroelementu. Zcela obdobně můžeme si představití vznik tak zvaného thermoelementu. Spájíme-li totiž oba kovy, na místě abychom je ponořili do podobné kapaliny a zahříváme-li je tam, kde jsou spájeny, aby zde teplota T byla vyšší než na koncích volných, kde jest teplota na př. obyčejná t , pak stane se tato akce tepelná rovněž zdrojem elektromotorické síly e , tak že tam, kde oba kovy jsou volny, jeden z nich na př. B se stane pozitivním, druhý negativním polem thermoelementu. My pravíme pak: kov B jest thermoelektricky pozitivním, vzhledem ku kovu A thermoelektricky negativnímu.



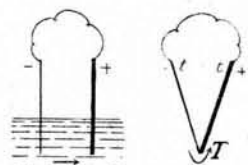
Obraz 1.

Především jednoduchý tento výklad nikoli bez příčiny. Máme-li totiž tuto analogii na mysli a přijmeme-li toto označení, pak jest patrné, že při uzavření článku thermoelektrického proud na místě, kde jest teplota vyšší, jde od kovu thermoelektricky negativního ke kovu thermoelektricky pozitivnímu — právě tak, jako uvnitř hydroelementu jde

Úkazy za-
kladní.

Způsob ozna-
čení.
Kovy thermo-
elektricky
pozitivní a
negativní.

proud od kovu, jež vně negativním zoveme, ke kovu vně pozitivně zvanému (obr. 2).



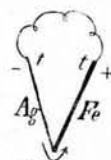
Obr. 2.

Tak zvaná řada thermoelektrická jeví se dle tohoto způsobu označování následovně:

— Bi Ag Fe Sb +

Tohoto způsobu označování užívá se u nás na pevnině⁵⁾ všeobecně a to na základě původních prací, jež v tomto

oboru provedli Seebeck,⁶⁾ Becquerel,⁷⁾ Hankel⁸⁾ a j. Tohoto způsobu přidrželi jsme se též v následujícím důsledně. Pravíme tedy na př., že při (mírně) zvýšené teplotě T jest železo (kujné) thermoelektricky pozitivním ke stříbru — čímž se rozumí, že při spájení stříbra a železa a při uzavření thermočlánku tím vznikajícího jde proud na místě, kde se zahřívá, od stříbra k železu. (Obr. 3.)



Obr. 3.

Zcela opačného způsobu označování užívá se ve spisech anglických⁹⁾; řada thermoelektrická píše se tu následovně:

+ Bi Ag ... Fe Sb —

zde tedy označuje se na př. železo za thermoelektricky negativní proti stříbru, — kteréžto označení hledí ke směru proudu na místě zahřátí,

aby zde kov, od něhož proud jde, se zval pozitivním a kov, ke kterémuž proud jde, negativním. K uvarování nedorozumění nutno na tento rozdíl nomenklatury důrazně upozorniti.

⁵⁾ Srovnej v té příčině: Wiedemann, Elektrizität II. pg. 248 et seq. 1833. Mousson Physik III. p. 381 et seq. 1875; Wüllner, Physik IV. pg. 620 et seq. 1886; Jamin, Cours de Physique 3. ed. IV. 1. pag. 144. 1883.

⁶⁾ Seebeck, Gilb. Ann. LXXXIII pag. 115. & 430. 1823.

⁷⁾ Becquerel: Ann. di Chim. et de Phys. XLI. pag. 353, 1829.

⁸⁾ Hankel: Pogg. Ann. LXII. pag. 197. 1844.

⁹⁾ Srovnej na př. Jenkin: Electricity and Magnetism pag. 175 et seq. 1880. — Maxwell: Electricity and Magnetism, 2 ed, Vol. I. pg. 338.—9. 1881

Pro určité dva kovy A a B jest, jak známo,¹⁰⁾ elektromotorická síla e proporcionální rozdílu $T - t$ obou teplot T a t , ale jen potud, pokud střední teplota $\Theta = \frac{1}{2} (T + t)$ zůstává nezměněnou. Máme tedy základní rovnici:

$$e = a_{\Theta} \cdot (T - t)$$

Konstanta a_{Θ} zove se thermoelektrickou mohutností kombinace kovů A a B . Tato mohutnost jest však závislá na střední teplotě Θ samé a to dle rovnice lineární:

$$a_{\Theta} = a + 2b\Theta, \text{ čili:}$$

$$a_{\Theta} = a + b (T + t)$$

Jest tedy a mohutnost pro střední teplotu $= 0$, a $2b$ jakoby tepelný koeficient této mohutnosti, totiž její (positivní neb negativní) přírůstek (a to absolutní) pro změnu střední teploty o 1° . Úplná rovnice pro elektromotorickou sílu e thermoelementu zní pak:

$$e = [a + b (T + t)] (T - t)$$

Při veškerých měřeních, o nichž v oddílech následujících bude jednáno, hleděli jsme stanoviti thermoelektrickou mohutnost rozmanitých druhů železa, oceli i litiny v různých stupních tvrdosti, vzhledem k těmž kovům základnímu a za tento volili jsme elektrolytické stříbro. Zjednavše je sobě vlastními prostředky z praeparátů nejčistších (Ag NO_3 kryst.), zpracovali jsme je ve dva dráty, jež nám byly pro veškerá měření thermoelektrická základem. Abychom však těchto drátů šetřili, neužívali jsme jich přímo, nýbrž nepřímou. Na místo nich brali jsme totiž drát měděný jistého druhu, a stanovili mohutnost thermoelektrickou a_{Θ} kombinace elektrolyt. stříbra a naší mědi, kteréžto určení jsme pro kontrolu čas od času opakovali.

Vztahy
quantitativní
Mohutnost
thermo-
elektrická.

Kov základ-
ní: elektroly-
tické stříbro.

Při pozorová-
ní mědi
místo stříbra

¹⁰⁾ Avenarius: Pogg. Ann. CXIX. pag. 406. 1863. — Ibid. CXLIX pag. 374. 1873. Tait, Trans. R. Soc. Edinb. XXVII 1872—73. pg. 125. Základní rovnice pro elektromotorickou sílu kombinace odvozuje Avenarius na základě empirickém; Tait připojuje výklad theoretický. — Viz dále: Seydler, Theor. fysika II. pag. 325. 1885.

I bylo pak dle základních zákonů thermoelektrických:

$$a_{\Theta} = a'_{\Theta} - a_{0\Theta}, \text{ čili}$$

$$e = e' - e_0$$

Pozorováním obdrželi jsme tedy vlastně e' pro kombinaci měď-železo; hodnotu e_0 bylo však lze počítati ze známých konstant a_0 a b_0 pro kombinaci měď-stříbro a tak odčítajíce, obdrželi jsme pak hodnotu e pro kombinaci stříbro-železo.

Způsob počítání.

Aby toto převedení se dalo rychle a pohodlně, tak aby nebylo pokaždé třeba hodnotu e_0 pro dané teploty T a t počítati dle původní rovnice

$$e_0 = [a_0 + b_0 (T + t)] (T - t)$$

upravili jsme tuto rovnici ve formu:

$$e_0 = (a_0 T + b_0 T^2) - (a_0 t + b_0 t^2)$$

ve kteréž přichází jednou additivně, podruhé subtraktivně tatáž funkce

$$(a_0 z + b_0 z^2)$$

Ze známých konstant a_0 a b_0 kombinace měď-stříbro počítali jsme tudíž jednou pro vždy tabulku pro tuto funkci s argumentem z a tak zjednodušili jsme převádění pozorované hodnoty e' na hodnotu e tou měrou, že nečinilo obtíží žádných.

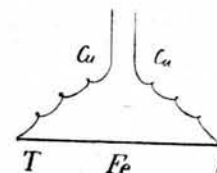
Výhody užívání mědi na místě stříbra.

Zavedením mědi na místo stříbra při vlastním pozorování thermo-elektrickém dosáhli jsme však ještě výhody jiné, pro přesnost výsledků pozorování významné, že jsme totiž ve vedení galvanickém měli kovy různé nikoliv tři, nýbrž jen dva; neboť měď byla tu již tak jako tak zastoupena spojovacími dráty, ve vinutí galvanometru atd. Čím méně však různých kovů v takovém vedení galvanickém se nachází, tím méně zdrojů pro cizí, rušivé síly thermoelektrické, tím méně tudíž také zdrojů pro chyby pozorovací. Schéma našeho článku thermoelektrického bylo tudíž dáno jednoduše obrazcem 4., kde jsou jen kovy dva, a nikoliv obrazcem 3. (viz str. 10.), kde jest vedle kovů A a B ještě zastoupen kov třetí spojovacími dráty, a kde tudíž velice na tom záleží, je-li v skutku teplota t na obou těch místech, kde

se kovy A a B stýkají s oním kovem třetím přísně stejná; zde by tedy bylo vlastně nutno měřiti teplotu na třech místech, kdežto při uspořádání našem stačilo měřiti ji na místech dvou (obr. 5.)



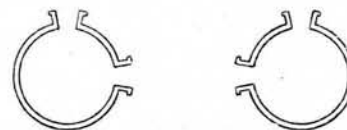
Obr. 4.



Obr. 5.

Tím přicházíme k otázce vlastního praktického uspořádání našeho článku $Cu-Fe$, kdež značíme symbolem Fe jakýkoliv druh železa, kujné neb lité aneb ocel různého stupně tvrdosti

Ke drátu Fe bylo tedy třeba na dvou místech připojiti dva dráty měděné; toto připojení dále se jen zřídka letováním a to z důvodů, k nimž jsme zkušeností vlastní byli vedeni; z pravidla užívali jsme k tomu malých plochých svorek, vhodně upravených. Jak totiž z pozdějších oddílů jasně vysvitne, byla by se letováním často porušila homogenita ocelových drátů, ne-



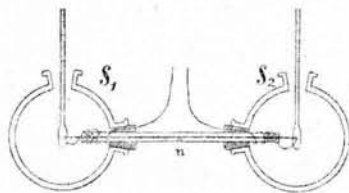
Obr. 6.

hledíc ani k tomu, že manipulace letování jest méně jednoduchou, než připojení svorkami. Z metody pak, již jsme užili, vysvitne, že zde není třeba nejlepšího kontaktu, poněvadž jsme thermoelement kompensovali.

Zahřívání, resp. ochlazování obou těchto míst dále se v lázni Lázeň vodní. vodní. Užili jsme k tomu cíli dvou skleněných ballonů, opatře-

ných tubulem na dvou o 90° od sebe vzdálených místech. (Obr. 6.)

Hořejšími tubuly vloženy byly pomocí zátek korkových dva citlivé teploměry a to tak, aby se daly snadno vytáhnouti, poněvadž se těchto tubulů užití musilo ku nalévání neb vyčerpávání vody. Odčítání těchto teploměrů, napřed s normálním teploměrem srovnávaných, dalo se odčítacím dalekohledem, přičemž ovšem mícháním vody o rovnoměrné rozdělení teploty bylo vždy postaráno. Tubuly postranními proti sobě postavenými procházel drát sám. Aby však nahodilým pošutím ballonů se nezlomil drát z pravidla tenký, často (při tvrdé oceli) nad míru křehký, bylo nutno jej chrániti proti takovému možnému poškození, jimž by často celá serie pozorování byla bývala zmařena: vložili jsme jej tudíž do trubičky skleněné, prů-



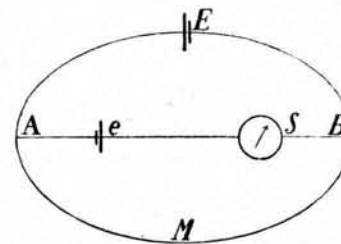
Obr. 7.

měru asi 1 cm, kteráž korkovými zátkami pevně byla do ballonů prostrčena a jež právě tím oba ballony, jak bylo žádoucí, v určité vzájemné poloze udržovala. Na obou koncích byla rourka tato uzavřena malými zátkami korkovými, jimiž procházel drát, jehožto axiální posice v rource právě tím byla zaručena. Tak vznikl konečně thermoelement náš ve formě, jak obrazcem 7. jest znázorněna.

Oba skleněné ballony měly obsah asi 1. litru; jeden z nich S_1 byl naplněn destilovanou vodou teplou, druhý S_2 destilovanou vodou téže teploty t , jakáž byla v pracovně; onen byl mimo to obalen špatnými vodiči tepla, aby se vyšší teplota T udržovala co možná stálou; změny této vyšší teploty byly regu-

lovány nejjednodušeji přiléváním teplejší neb studenější vody; vyčerpávání dalo se násoskou. Dráty měděné, izolované, procházely těmitěž korky, kteréž uzavíraly postranní tubuly. Upozorniti ještě dlužno na malý otvor n v rource, aby vzduchu, v skleněné rource uzavřenému a na jedné straně lázni vodní spolu se zahrívajícimu a se rozpínajícimu byl dán volný průchod na venek.

Můžeme říci, že se popsaná zde forma našeho článku thermoelektrického velmi dobře osvědčila. Rozebírání a sestavování článku toho dalo se rychle a pohodlně. Zejména u tvrdé oceli, kde jsme zkoušeli dráty tenké a nad míru křehké, osvědčilo se naše uspořádání ve způsobu velmi vitaném. Že jsme dráty nenechávali — vzhledem k možnému zrezavění — ve vodě déle



Obr. 8.

než nutno, rozumí se samo sebou; pomýšleli jsme také na to, užití lázni, na př. olejových, avšak po několika zkouškách jsme od toho upustili vzhledem k tomu, že s vodou lze pracovati daleko čistěji a v každém ohledu pohodlněji, než s olejem jakýmkoli.

Stanovení elektromotorické síly e článku našeho ($Cu-Fe$) dalo se, jak již bylo zmíněno, metodou kompenzační; elementem kompenzujícím byl článek Daniellův elektromotorické síly E ; do jedné větve proudu z tohoto článku vznikajícího byl vložen náš thermoelement tak, aby dával sám o sobě proud opačného směru a odpory byly voleny v tom poměru, aby v této větvi

oba proudy se vzájemně rušily; ke zkoumání toho byl do téže větve zapjat velmi citlivý galvanometr S .

Schematicky ukazuje toto uspořádání obr. 8.

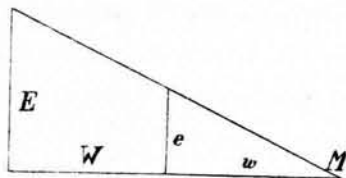
Formule.

Je-li w odpor větve AMB

dále $W \gg w$ a je-li ve větvi ASB proud $= 0$, musí potenciální difference mezi body A a B v kruhu $EAMB$ býti $= e$; znázorníme-li sobě spád potentialu E graficky (viz obr. 9.) obdržíme ihned vztah:

$$\frac{e}{E} = \frac{w}{W + w}$$

kterážto rovnice jest základní pro tuto metodu kompenzační.



Obr. 9.

Jinak, ovšem méně jednoduše, odvodíme tuto rovnici ze zákonů Kirchhoffových. Značí-li totiž J intensitu proudu v kruhu $EAMB$, kteráž jest všude stejná, jako by větve ASB ani nebylo, obdržíme:

pro kruh $AMBSA$:

$$w \cdot J = e$$

» » $AMB EA$:

$$(W + w) J = E$$

a dělením pak onu rovnici hořejší.

Při pozorováních našich bylo ostatně w proti W vždy velmi malé — v nejzazším případě asi

$$\frac{w}{W} = \frac{5}{10.000}$$

bylo tedy lze obyčejně počítati dle rovnice velmi přibližné:

$$\frac{e}{E} = \frac{w}{W}$$

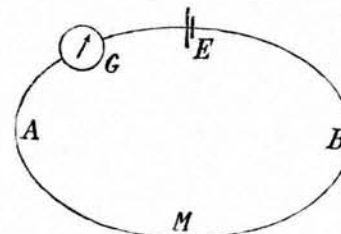
Odpory w a W byly dány rheostaty *Siemensovými*. W mohlo býti zvýšeno až do 30.000 Siemensových jedniček, w naproti

tomu sníženo až do 0.1 Siemensovy jedničky. Odpory drátů spojovacích byly nepatrné; ve vedení AMB vůbec nebylo drátů spojovacích — body A a B byly přímo na rheostatu samém.

Takovýmto způsobem bylo možno stanoviti elektromotorickou sílu e v poměru ku síle elektromotorické E článku Daniellova, článku to nejstálějšího, jež známe.

Bylo by však bývalo chybou, úplně spoléhati na stálost článku tohoto. Jestliž známo, a zkušenost naše potvrdila to ve všech případech, že článek Daniellův dle toho, jak byl se-

Kontrola kompenzačního článku Daniellova.



Obr. 10.

staven, jakých kapalin užito, v jakém odporu jest vepjat a jak dlouhý jest čas, po který již pracoval, ukazuje variace elektromotorické síly dokonce ne nepatrné. Proto jsme zařídili svá pozorování tak, aby byla snadno a rychle dána možnost, kontrolovati stálost této síly elektromotorické, aneb, jak raději říci chceme, sílu tu přímo určovati. K tomu cíli upravili jsme své proudovody tak, aby bylo možno jednoduchým klíčem do hlavního proudu $EAMB$ zapjati (viz obr. 10.) galvanometr G ; byl nám k dispozici stroj *Wiedemannův*, jehožto redukční faktor byl $= 4$. Vedení ve větvi ASB se při tom přerušilo, odpor w se vypjal a podržel jen odpor W , týž, jakého bylo užito při kompenzování thermoelementu. Bylo li na zrcadlovém galvanometru dalekohledem odečteno n dílců na škále, a byl-li pro 1 dílec A redukčním faktorem, obdrželi jsme:

Stanovení elektromotorické síly článku Daniellova úchylkou galvanometru v kruhu velkého odporu.

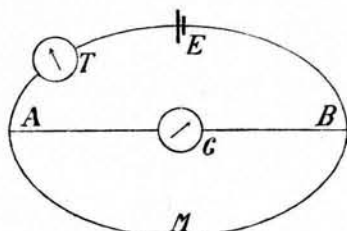
$$E = A \cdot W \cdot n$$

a to ve *Voltech*, byl-li odpor W v počet zaveden v *Ohmech* a platil-li redukční faktor A pro jedničku proudovou *Ampère*.

Takovéto stanovení elektromotorické síly E stalo se vždy před i po pokusu, tak že pro určení síly elektromotorické e thermo-elementu mohly spolehlivé hodnoty střední býti za základ položeny.

Redukční
faktor tohoto
galvano-
metru.

Co se konečně týče stanovení redukčního faktoru A pro zrcadlový galvanometr Wiedemannův G , bylo provedeno tím způsobem, že se galvanometr tento vepjal do vedlejší větve hlavního proudu, ve kterém byla vepjata tangentová boussola.



Obr. 11.

Redukční faktor této boussoly byl opět stanoven zvlášť, jednak z rozměrů její, jednak měřením voltametrickým (voltametrem na stříbro). Je-li (obr. 11.) w odpor, i síla proudu ve větvi AMB , W odpor, J síla proudu e větvi AGB , platí úměra:

$$\frac{J}{i} = \frac{w}{W}$$

tedy též:

$$\frac{J}{J+i} = \frac{w}{W+w}$$

Zrcadlová boussola dává:

$$J = A n$$

a pro boussolu tangentovou lze rovnici upravit ve formu:

$$J = C \tan \varphi [1 + f(\varphi)]$$

kdež jest $f(\varphi)$ funkcí korekční, vztahující se na odchylky od zákona tangentového. Pro náš určitý stroj byla pro tuto funkci jednou pro vždy počítána tabulka.

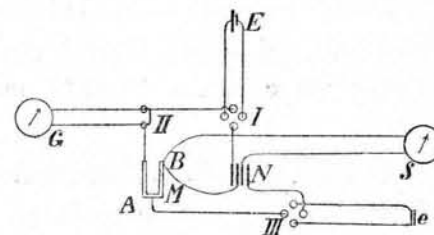
Pro redukční faktor A platila tudíž rovnice:

$$A n = \frac{w}{W+w} C \tan \varphi [1 + f(\varphi)]$$

Vhodnou volbou odporů w a W bylo lze docílití přiměřených a vhodných úchylek magnetky, jak při boussole tangentové, tak při galvanometru zrcadlovém.

K obrázcům 8. až 11. kterýmiž uspořádání měření našich se vysvětluje schematicky, připojujeme konečně obr. 12., kterýmž veškeré podrobnosti tohoto uspořádání jsou znázorněny.

Definitivní
uspořádání
jednotlivých
vedení.



Obr. 12.

Hned za článkem Daniellovým E vepjat jest kommutator I . Účelem jeho jest především měniti směr proudu a tudíž i směr úchylky magnetky při galvanometru zrcadlovém G , když se tento klíčem II ve proud vepne, aby se (dle obr. 10.) elektromotorická síla E článku před i po měření stanovila. Také za článkem thermoelektrickým e jest kommutator III . Oba tyto kommutatory mají účel velmi důležitý, k němuž jsme po mnohých předběžných pokusech byli vedeni zkušeností. Vedle zdrojů elektromotorických sil e a E jsou totiž v takovémto, dosti složitém vedení ještě mnohé jiné zdroje elektromotorických sil původu thermoelektrického. Stýkajíť se zajisté ve vedeních na mnoha místech dráty měděné různého průměru, často různé kvality, bývají tu často mosazné svorky, jinde opět stýkají se dráty argentánové v od-

Eliminace
vlivu cizích
sil thermo-
elektrických.

porech s dráty měděnými atd. — teplota v pracovně nebývá tak naprosto stejně rozdělená — již blízkostí pozorovatelů vznikají rozdíly tepelné, kteréž v oněch místech budí thermoelektrické sily rušivé, k pokusům nijak nenáležející, jež, kdyby se jich nedbalo, byly by — jakož jsme se přesvědčili — zdrojem chyb velmi značných. Nemáme tu při měření jen elektromotorické sily e a E , nýbrž k nim se druží cizí ε a ε' , tak že jest výsledek měření dán rovnicí:

$$\frac{e + \varepsilon}{E + \varepsilon'} = -\frac{w}{W}$$

Tyto rušivé sily elektromotorické ε a ε' jsou ovšem velmi malé — proti E lze ε' vždy zanedbávati — avšak dokonce ne proti e ; zde jsou obě sily tyto často — ne vždy — skoro stejného řádu — tehdaž totiž, když buď tepelný rozdíl $T - t$ jest velmi malý, aneb, když vůbec thermoelektrická mohutnost σ_Θ jest malá.

Aby se tedy vliv sily ε vymýtil, k tomu jsme užili komutátorů I a III . Je-li totiž při jednom postavení jejich

$$\frac{e + \varepsilon}{E} = -\frac{w}{W}$$

máme při postavení opačném:

$$\frac{-e + \varepsilon}{-E} = -\frac{w'}{W'}$$

Kombinováním obou pozorování jest pak tudíž přesně:

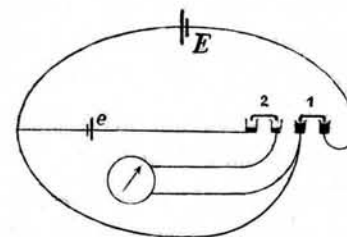
$$\frac{e}{E} = \frac{1}{2} \left(\frac{w}{W} + \frac{w'}{W'} \right)$$

kdež bylo obyčejně $W = W'$. Jest ovšem pravda, že mezi komutováním teplota T snad poněkud klesne — následkem čehož se také e zmenší; avšak tato změna jest velmi nepatrná, a poněvadž se v tomto nepatrném intervallu tepelném e mění téměř lineárně, vymýtl se i vliv této změny, když se pro výsledek bere střed pozorovaných teplot T . Pozorování druhé — po kommutaci — lze provést rychle, poněvadž hodnoty přibližné w jsou

povahou věci samé již dány; proto také i síla ε se mezi tím zajisté udrží na stejné výši.

Přesvědčili jsme se často třetí kommutací zpětnou, že tímto opatřením se vymýtl v skutku všeliké takové rušivé sily elektromotorické, kteréž jsou tím škodlivější, poněvadž se mění v delší době stále, často i co do směru; na citlivém galvanometru S — výtečném to stroji Sauerwaldově pro odčítání dalekohledem se škálou zařízeném — pozorovali jsme vždy a vždy značné úchyly i když zdroje e a E sily elektromotorické byly vypnuty.

Konečně zmíniti se dlužno o kommutatoru Weberově IV.; tohoto stroje neužívali jsme za kommutator, nýbrž za klíč zvláštního druhu, totiž tak zařízeného, aby se jím (obr. 13.) článek



Obr. 13.

Daniellův uzavřel napřed (1) a potom teprve článek thermoelektrický (2).

Lze toho docíliti různou výškou rtuť, nalité do jednotlivých mističek kommutatoru. Kdyby naopak jen poněkud dříve se uzavřel článek e , obdržela by magnetka citlivého galvanometru S silný impuls proudem z tohoto článku vznikajícím — kdežto takto (při správném uspořádání odporů w a W) zůstane úplně v klidu.

Úlohy při práci byly rozděleny v tom způsobu, že jeden z nás měl péči o thermoelement (naplňování vodou, míchání, odčítání teplot dalekohledem), kdežto druhý manipuloval na rheostatech a pozoroval dalekohledem magnetku galvanometru.

Rozdělení
úloh při
pozorování.

Počítání vý-
sledků.

Jak z pozdějšího materialu pozorovacího jest viděti, činili jsme obyčejně čtyři, pět neb šest pozorování elektromotorické síly e pro různé teploty T a t . Vzhledem ku základní rovnici:

$$e = [a + b(T + t)](T - t)$$

byl tudíž počet pozorování větší než počet neznámých konstant a a b . Aby se tudíž všech pozorování v platném způsobu užilo, počítány konstanty tyto dle metody nejmenších čtverců.

Užívání me-
thody nej-
menších
čtverců.

Píšeme-li k lepšímu přehledu

$$e = y \quad T - t = x \quad T + t = u$$

máme rovnici:

$$y = ax + bux \quad \text{anebo:}$$

$$\frac{y}{x} = a + bu$$

Volba zá-
kladní rov-
nice.

Pro výsledek dle metody nejmenších čtverců není to dokonce jednodušší, kterou z posledních dvou rovnic položíme počtu za základ. Volíme-li rovnici předposlední, vyniknou vlivem svým na výsledek pozorování při vysoké teplotě T , tak že pozorování při nižší teplotě t ustupují v pozadí. Uvažujíc o této věci nemohli jsme uznati, že by tak bylo správným. Jest ovšem pravda, že tatáž absolutní chyba má relativně menší vliv, čím větší jest veličina sama; chyba na př. 0.1° má při $T = 100^\circ$ význam 0.1% , naproti tomu při $T = 20^\circ$ významu $\frac{1}{2}\%$; a podobně má se věc při e . V tom jest také vysvětlení, proč metodou nejmenších čtverců těmto vysokým hodnotám se udílí tak veliký vliv na výsledek. Avšak na druhé straně jest u teplot vysokých chyba při stanovení této teploty pravdě podobná ještě značně větší, než u teplot, kteréž jsou blízké teplotě sině pracovní; již na př. proto, že teploměr z lázně vyčnívá do vzduchu teploty obyčejné, že tedy dlouhý sloupec rtuťový má jinou teplotu než rtuť v nádobce teploměrné. My jsme ovšem vliv tento hleděli korekci odstraniti — ale jest známo, že korekce tato jest vždy nemálo nejistá, poněvadž o střední teplotě onoho vyčnívajícího sloupce nelze nic určitého říci. Proto jsme se rozhodli pro formu:

$$\frac{y}{x} = a + bu$$

která má mimo to ještě tu výhodu, že počet dle ní jeví se býti Rovnice po-
četní.

daleko jednodušším. Kladouce: $\frac{y}{x} = v$ máme podmínku:

$$\Sigma(v - a - bu)^2 = \text{Minimum}$$

z toho diferenciací dle a a b

$$\Sigma(v - a - bu) = 0$$

$$\Sigma(v - a - bu)u = 0$$

čili:

$$\Sigma v = a \Sigma u^0 + b \Sigma u$$

$$\Sigma uv = a \Sigma u + b \Sigma u^2$$

z kterýchžto rovnic základních plyne:

$$a = \frac{\begin{vmatrix} \Sigma v & \Sigma u \\ \Sigma uv & \Sigma u^2 \end{vmatrix}}{\begin{vmatrix} \Sigma u^0 & \Sigma u \\ \Sigma u & \Sigma u^2 \end{vmatrix}}$$

$$b = \frac{\begin{vmatrix} \Sigma u^0 & \Sigma v \\ \Sigma u & \Sigma uv \end{vmatrix}}{\begin{vmatrix} \Sigma u^0 & \Sigma u \\ \Sigma u & \Sigma u^2 \end{vmatrix}}$$

čili:

$$a = \frac{P \cdot C - Q \cdot B}{A \cdot C - B^2}$$

$$b = \frac{A \cdot Q - B \cdot P}{A \cdot C - B^2}$$

kdež jest:

$$P = \Sigma \frac{y}{x}$$

$$Q = \Sigma \frac{y}{x} \cdot u$$

$$A = n; \quad B = \Sigma u; \quad C = \Sigma u^2$$

a n jest počet pozorování (4 až 6). Tímto počtem stanovena tedy mohutnost thermoelektrická a_θ pro každou střední teplotu

$$\frac{T + t}{2} = \theta$$

dle

$$a_\theta = a + 2b \cdot \theta$$

Ku srovnání volili jsme pak tuto thermoelektrickou mohutnost pro střední teplotu 0° , totiž veličinu hlavní a .

Netřeba připomínati, že jsme též pro kombinaci stříbro-měď veličiny a_0 , b_0 rovněž dle metody nejmenších čtverců z pozorování četných propočítali, abychom redukcí z pozorování elektro-

motorické síly e' článku měď-železo mohli počítati elektromotorickou sílu e článku stříbro-železo dle

$$e = e' - e_0$$

jakož již napřed bylo pověděno.

Thermo-
elektrická
maxima.
Body ne-
utrální.

Při velmi četných měřeních, jež jsme provedli, měli jsme častěji příležitost přímo pozorovati thermoelektrická maxima, jakož i tak zvané body neutrální. Koeficient b byl totiž v největší části negativní; bylo tedy:

$$e = \left(a - 2b \frac{T+t}{2} \right) (T-t)$$

Neutrální bod nastává tudíž při střední teplotě:

$$\Theta = \frac{1}{2} (T+t) = \frac{1}{2} \frac{a}{b}$$

O takovýchto zvláštních případech bude v pozdějších tabulkách zvláštní učiněno připomenutí.

II.

Stanovení galvanického odporu.

1. Galvanický odpor lze, jak známo,¹¹⁾ stanoviti dle tří základních způsobů: buď *a*) substitucí v kruhu nerozvětveném (metoda substituční); aneb *b*) opozicí v kruhu ve dvě větve rozděleném (metoda diferenciální); aneb konečně *c*) methodou Wheatstone-Kirchhoffova můstku.

Methody

Rozhodli jsme se pro poslední z method zde vytčených. Základ její lze nejjednodušeji vysvětliti způsobem názorným, graficky, jak následuje.

Methoda
můstková.

Mějmež proud z jakéhokoliv zdroje vycházející, jenž se v bodě *A* (obr. 14. viz násl. str.) dělí ve dvě větve *AMB* a *ANB* sbíhající se zase v bodě *B*, od něhož se proud ku svému zdroji vrací. Znázornímež odpory obou větví vodorovnými přímkami *AMB* a *ANB* (obr. 15. na násl. str.), kolmou pak přímkou *AO* znázornímež potencialný rozdíl mezi body *A* a *B*. Pak udávají přímky *OB* potencialný spád po obou větvích. Vedeme-li tudíž jakoukoli vodorovnou přímkou *N'M'* obdržíme, promítající průseky *N'M'* na přímku *BAB* body *N* a *M* téhož potencialu na větvích *ANB* a *AMB*. Jak z obrazce bezprostředně vysvítá, platí pak úměra:

Její základ.

$$\frac{AN}{NB} = \frac{AM}{MB}$$

Základní
rovnice.

¹¹⁾ F. Kohlrausch: Leitfaden der prakt. Physik 1887 pg. 227.

Stewart and Gee: Lessons in elementary practical physics Vol. II. p. 114 1887.

Glazebrook and Shaw: Practical physics p. 420 1885.

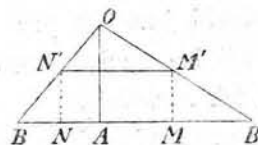
a tato rovnice jest základem metody můstkové. Větev AMB jest totiž dána drátem stejného průřezu (drátem můstkovým), následkem čehož jest poměr odporů AM a MB roven poměru délek $AM=a$ a $MB=b$ — ovšem ještě předpokládajíc, že také teplota po celé délce drátu jest stejnou, třeba i ne konstantní — a poněvadž délky a a b lze při vhodném uspořádání přímo odečísti, jest tím poměr obou odporů AN a NB převeden na poměr délek a a b drátu můstkového; tak že lze na př. odpor AN počítati, je-li odpor NB znám.

Provádění
měření.

Při skutečném pozorování jest poloha bodu N povahou věci samé dána; polohu bodu M nutno pak na drátu můstkovém hledati tak, aby oba body N a M měly též potencial, t. j. aby při spojení obou nevznikl ve vedení MN žádný proud; to



Obr. 14.



Obr. 15.

jest možno pak velmi dobře posouditi citlivým galvanometrem, vepjatým do vedení MN (obr. 16.).

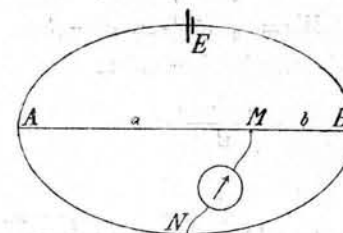
Uspořádání
v našem pří-
padě.

Při svých pokusech užívali jsme z počátku můstkového drátu argentinového, délky $2\frac{1}{2}$ metru, lineárně napjatého a decimálně rozděleného; později byl nám k dispozici velmi prakticky uspořádaný můstek, jak jej navrhl F. Kohlrausch a provedl E. Hartmann ve Würzburgu (viz obr. 17. na násl. str.) s drátem platinovým. Za galvanometr byl nám k dispozici stroj Sauerwaldův a později též F. Kohlrauschův, jeden i druhý s odčítáním zrcadlovým, dalekohledem se škálou. Zdrojem proudu byl nám magneto-induktor Weberův, jehož lze s velikým prospěchem a pohodlím upotřebiti daleko lépe, než na př. nějakého článku, poněvadž pozorovatel pohybem mag-

netu úplně ovládá galvanometr, máje ve své moci užívati impulsů slabých při prvních pokusech měření, neb silných při měření definitivním a to v jednom směru neb opačném.

Odporů srovnávané vepínají se do větví AN a NB pomocí drátů neb pruhů měděných, jichž odpor ovšem též v počet

Korekce za
spojovací
dráty.

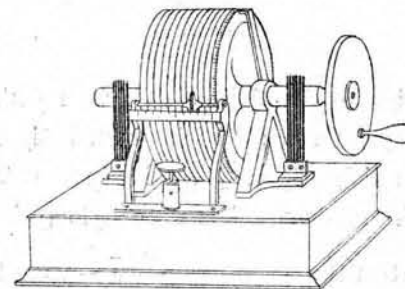


Obr. 16.

uvéstí nutno. Je-li W odpor neznámý ve větvi AN , je-li dále R odpor známý ve větvi NB a znamená-li a a β odpor spojovacích drátů v obou větvích, platí rovnice:

$$\frac{W + a}{R + \beta} = \frac{a}{b}$$

Výhodno jest dále užívati kommutatoru ku výměně odporů



Obr. 17.

srovnávaných, aby se vymýtily aneb aspoň seslabily nahodilé škodlivé vlivy, na př. různé teploty podél drátu můstkového a j., jakož i aby se opakováním pokusů přesnost výsledků zvýšila (obr. 18.). Pro oboje postavení kommutatoru (1.) a (2.) obdržíme pak:

$$\frac{W + \alpha}{R + \beta} = \frac{a_1}{b_1} = n_1$$

$$\frac{W + \beta}{R + \alpha} = \frac{b_2}{a_2} = n_2$$

a z toho:

$$W = n_1 R + n_1 \beta - \alpha$$

$$W = n_2 R + n_2 \alpha - \beta$$

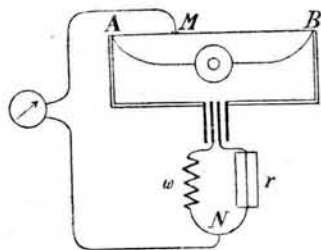
Zavedeme-li tedy střední hodnotu:

$$\frac{n_1 + n_2}{2} = n$$

obdržíme:

$$W = n R + (n - 1) \frac{\alpha + \beta}{2} - \frac{n_1 - n_2}{2} \frac{\alpha - \beta}{2}$$

Rovnice
definitivní.



Obr. 18.

V našem případě užívali jsme za drát můstkový drátu argentánového délky 3 metrů; od jeho konců šly měděné pruhy ku kommutatoru; jich odpor, jakož i odpor dalších měděných drátů spojovacích stanoven zvlášť a tu bylo (při $t^0 = 10^0$)

$$\frac{\alpha + \beta}{2} = 0.00194$$

$$\frac{\alpha - \beta}{2} = -0.00016$$

Etalony
odporu.

v jedničkách Siemens. Odpořem známým byly nám dva etalony jedniček Siemens a to č. 1135 a 1143 (majetek fyzikálního ústavu university Würzburg), jichž hodnotu střední jsme za normální akceptovali. Těchto etalonů užívali jsme však jen ku měření kontrolnímu, jinak připravili jsme sobě odpory výpomocné, zvlášť oněmi etalony určené, které jsme volili tak, abychom při

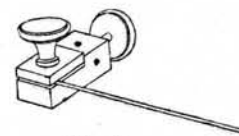
pozorováních co možná blízce obdrželi $n_1 = n_2$ čili $n = 1$, načež pak bylo lze počítati¹²⁾ dle formule velice přibližné:

$$W = n \cdot R + (n - 1) \frac{\alpha + \beta}{2}$$

ve kteréž také korekční člen měl hodnotu jen malou vzhledem ku členu hlavnímu. Tyto odpory výpomocné byly z drátu argentánového, připájeného ku silným drátům mosazným (obr. 19), jež na svých koncích byly dobře amalgovány, aby mohly do misek se rtuťí býti vkládány. Hodnota těchto odporů byla velmi blízce $= 0.1$ Siemens, jich počet byl $= 6$; dle toho, zdali všechny za sebou byly vepjaty, neb vedle sebe bylo lze odpor známý



Obr. 19.



Obr. 20.

variovati od 0.6 do $\frac{1}{60}$ Siemens, tak že hořejší podmínka $n_2 = n_1$ přibližně vždy mohla býti realizována.

Vzhledem k tomu, že odpory určované, — drátů ocelových neb železných aneb tyčí ze železa litého a pod. — byly vždy malé 0.5... 0.05 Siemens, musilo zvláštními pokusy předběžnými o tom býti rozhodnuto, jak dlužno nejvhodněji ony dráty neb tyče ku měděným spojovacím drátům ve větvi AN připínati, aby tímto připnutím nebyl zaveden značnější odpor přechodní, na újmu přesnosti odporu hledaného. Zkoušeli jsme trojí způsob tohoto připínání. Především užili jsme k tomu cíli svorek

Způsob připínání drátů ocelových.

¹²⁾ Hodnotu n bylo lze obdržeti dle jednotlivých odečtení a a b z tabulek E. Obachových: »Hilfsstafeln für Messungen electrischer Leitungswiderstände vermittle der Kirchhoff-Wheatstoneschen Drahtcombination 1879«, také pro výraz $(n - 1) \frac{\alpha + \beta}{2}$ vypočetli jsme sobě tabulku. Při velice četných pozorováních jeví se i malá úspora početní velice vděčnou.

a to svorek plochých (obr. 20.), aby sevření drátu dalo se velkou plochou. Dále jsme užili spojení prostřednictvím rtuťi. K tomu cíli poměřili¹³⁾ jsme konce drátů a pak jsme je amalgamovali a ponořili do nádob se rtuťi. Konečně jsme užili pájení, při tom stočen byl konec drátu měděného v úzkou spirálu, do níž dáno pájidlo; toto se zahřátím roztavilo, načež drát rychle se do spirály vložil a vodou schladil.

Kritika různých těchto způsobů.

Stanovíme pak odpor týchž měkkých drátů ocelových při všech třech způsobech připínání, shledali jsme, že užívání i plochých svorek nezaručí kontakt, jehožto odpor bylo by možno zanedbávat; ale také amalgamování se nikterak neosvědčilo; shledali jsme, že vrstva mědi nadržuje na oceli pevně, že se často dala snadno setřít; jediné spájení zaručilo kontakt dobrý. Zde však vyskytla se opět nová obtíž. U drátů ocelových tvrdých aneb mírně kalených nastalo na těch koncích, kteréž do horkého pájidla byly vloženy, porušení homogenity; drát stal se zde kalením měkčím, jeho odpor se tím v této části zmenšil. Seznávše toto, hleděli jsme škodlivému tomu vlivu předejiti *rychlým* schlazením vodou.

2. Když však v průběhu práce se ukázalo, jak velice jest tvrdá ocel citlivou i vůči malému jen zvýšení teploty, zanechali jsme vůbec této metody určování odporu, při níž jsme měli vědomí jisté nedokonalosti a ohlíželi jsme se po metodě jiné, u níž by všeliká nedokonalost odpadla. Metodou touto jest metoda Hockin-Matthiessenova, kterouž jsme sobě k účelům svým zvláště přizpůsobili.

Methoda Hockin-Matthiessenova.

K vysvětlení metody této vraťme se ke grafickému znázornění v obrazci 15. Veďme několik takových přímků vodorovných, jako jest $N'M'$ t. j. stanovme na přímce BAB několik párů bodů M' a N' , téhož potenciálu.

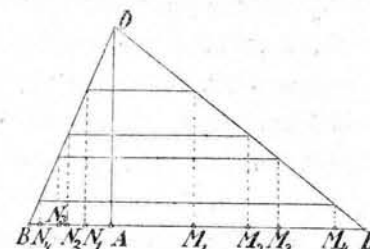
V obrazci 21. jsou vedeny čtyři takové přímky $N'M'$ a tak

¹³⁾ Jednoduše ponořením konců drátů do sehnatého roztoku skalice mědře,

stanoveny čtyři páry bodů M a N téhož potenciálu, indexy 1, 2, 3, 4 od sebe rozlišovaných. Z obrazce vysvitá ihned zprávnost úměry:

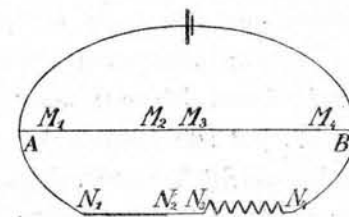
$$\frac{N_1 N_2}{N_3 N_4} = \frac{M_1 M_2}{M_3 M_4}$$

Přeneseme-li tuto rovnici na naše uspořádání můstkové



Obr. 21.

(obr. 22.) pak jest na drátu můstkovém poměr odporů $M_1 M_2$ a $M_3 M_4$ dán poměrem délek, jež lze přímo odečtením si zjednoti; tím jest opět poměr dvou odporů $N_1 N_2$ a $N_3 N_4$ převeden na poměr délek i lze jeden z nich vypočísti, je-li druhý znám.



Obr. 22.

Rozdíl mezi metodou touto a dřívější spočívá v tom, že v poměru obou srovnávaných odporů nepřichází nyní celá větev AN a NB se všemi odpory vedlejšími (na př. spojovacích drátů a pod.), nýbrž jen části těchto větví, tak že lze vhodnou volbou bodů N vymýtití veškeré odpory vedlejší, k věci nenáležející a podržeti jen odpory ty, kteréž jsou předmětem zkoumání.

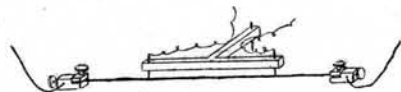
V našem případě, kde šlo o přesné stanovení odporu jedno-

metody.

Způsob provádění metody v našem případě.

tlivých ocelových drátů — s vyloučením přechodních odporů na svorkách a pod. — voleny byly body N_1 a N_2 na drátu samém, kterýž pak do vedení větve AN mohl pomocí drátů měděných a plochých svorek mosazných býti vepínán; drát vedoucí od galvanometru k těmto bodům N byl totiž na konci svým opatřen jehlou na plocho přibroušenou, která se při měření položila na dvě místa N_1 a N_2 drátu, jichž vzdálenost od sebe bylo lze velmi přesně stanoviti. V průběhu práce prováděli jsme měření pomocí přístrojku v obrazci 23. znázorněného.

Na příčce dřevěné upevněny dvě takové jehly v určité od sebe vzdálenosti, kteráž jen čas od času byla stanovena resp. kontrolována; od jehel šly tenké, měděné, hedvábím opředené dráty, jež se po sobě připojily svorkou ku vedení ke galvano-



Obr. 23.

metru; jehly položily se zlehka na drát tak, aby byl mezi nimi a mezi drátem kontakt; není zde třeba kontaktu dokonalého, nýbrž jen kontaktu vůbec; pozorování dává odpor té části drátu, kteráž jest mezi oběma jehlami; způsob, jakým je drát do celého vedení vepjat, jest zde úplně podřízeného významu; my užívali pak výhradně plochých svorek, jichž přechodní odpor byl methodou samou vymýtěn; tím docíleno veliké jednoduchosti práce, drát zachován ve své homogenosti, jakož i neporušen ve své délce, čemuž při pájení nemohlo tak býti. Také body N_1 a N_2 voleny vhodně při samém odporu známém tak, aby přechodní odpory připojováním vznikající byly vymýtny.

Zkouška drátů na jejich homogenitu.

Uspořádáním právě popsaným docílili jsme však ještě jiné a to velmi cenné výhody; neboť tímto uspořádáním byla poskytnuta možnost zkoušení homogenitu našich drátů a to jejich galvanickým odporem.

K tomu cíli zjednali jsme sobě jiný ještě přístrojek, podobný tomu, jenž byl dříve popsán a v obr. 23. znázorněn, u něhož však distance obou jehel byla značně menší (obyčejně jen 5 cm). Dle toho bylo možno z celé délky drátu vyjmouti malou jeho část a stanoviti její odpor; opakováním pak tohoto měření v několika po sobě následujících částech drátů bylo lze zjednati sobě odpor těchto různých částí drátu a dle souhlasu jednotlivých výsledků většího neb menšího souditi na homogenitu drátu daného.

3. Z nalezeného odporu drátů jistých rozměrů byl pak počítán odpor specifický, jímž se material charakterisuje. Je-li R odpor jistého vodiče konstantního průřezu πr^2 a délky l , jest, jak známo:

$$R = s \frac{l}{\pi r^2}$$

konstanta s zove se odporem specifickým materialu daného a sice platí pro tu teplotu, při níž pozorováno. Jedničkou odporu jest Ohm , po případě $Mikrohm = \frac{1}{10^6} Ohm$; dle toho jakých jedniček užíváme při stanovení rozměrů, píšeme buď:

$$s \frac{m}{mm^2} t^0, Ohm$$

neb $s \frac{cm}{cm^2} t^0, Mikrohm$

v prvním případě počítáme délku na metry, průřez na čtverečné millimetry; v případě druhém délku na centimetry, průřez na čtvereční centimetry; prvý způsob jest obvyklý v praxi, druhý, při němž téže jedničky užito pro délku jako pro průměr, jest správnější a užívá se ve vědě; jednička Ohm by tu byla veliká a volí se proto raději $Mikrohm$.

Délka l určena byla na skleněném měřítku zrcadlovém; průměr $2r$ drátu určen byl mikroskopem pomocí škály okulární, jejíž hodnota zvlášť stanovena.

Aby též vliv teploty byl vymýtěn a specifický odpor pře-

Vliv teploty. Veden na určitou teplotu normální, — na př. teplotu 0° — jest nutno znáti temperaturní koeficient α materialu. Jak známo, platí rovnice:

$$R_t = R_0 (1 + \alpha t)$$

čili též

$$s_t = s_0 (1 + \alpha t)$$

Specifický
odpor sta-
noven pro
normální
teplotu 0° .

Stanoviti koeficient α pro ocel i železo kujné a lité bylo tedy nutno ku převádění specifického odporu materialu na teplotu normální; o práci této, kteráž byla úlohou sama pro sebe, pojednáme obsírně v oddílu pozdějším. Výsledky budeme v následujícím udávati vždy ve formě:

$$s \frac{cm}{cm^2} 0^\circ \text{ Mikrohm.}$$

kterýmižto čísly bude material co do vodivosti elektrické přesně charakterisován.



III.

Kalibrování drátu můstkového.

Popisující v předcházejícím oddílu základ metody můstkové, vytkli jsme velmi důrazně, že metoda tato vyžaduje můstkový drát průřezu po celé délce úplně stejného; neboť jenom s touto výminkou jsme oprávněni odpory jednotlivých délek tohoto drátu za úměrny s těmito délkami pokládati, jinými slovy za poměr odporů substituovati poměr délek a tak srovnávání odporů na srovnávání (odečítání) délek převést. Připojme k tomu ještě, že se mlčky též naprostá (nejen chemická nýbrž i mechanická) stejnost materialu samého předpokládá, neboť by jinak ani stejnost průřezu nepostačila; nesmí tedy na př. jedna část drátu býti tvrdší než jiná, — což při tažení drátu ne tak snadno by se státi mohlo, neboť i tato (mechanická) tvrdost má vliv na elektrickou vodivost materialu. Žádá se tedy naprostá homogenita drátu — kterýžto požadavek, budiž to přímo řečeno, nelze nikterak snadno vyplniti.

Tim důležitější jest pro veškerá přesná měření úloha, zkoušeti tuto homogenitu, tedy přesvědčiti se, zdali a v jaké míře jest jí vyhověno, a nejen to, nýbrž — což jest ještě důležitější — eventuální odchylky od této homogenity uvést i v počet, korigovati; neboť odchylky takové vyskytnou se vždy jakož nás zkušenost poučila, — někdy ovšem ve větší, jindy v menší míře; pozorovatel musí pak své počty tak zaří-

Požadavky,
jimž má vy-
hověti drát
můstkový.

Důležitost
zkoušky
můstkového
drátu.

dití, aby i přes tyto odchylky byl výsledek měření úplně správný. To pak je možno jedině přesnou kalibrací drátu samého.

Methody dosavadní.

Jsouce sobě tudíž úplně vědomi důležitosti ¹⁴⁾ této úlohy, podrobili jsme především metody dosavadní kalibrace drátu můstkového zkoušce a kritice a shledali jsme, že nejsou prosty mnohých výtek. Buď předpokládají konstantní proud, aneb vyžadují rheostatu, jehožto odpory již z předu s největší přesností mají v jistých určitých poměrech býti vyrovnány; zde tedy jest přesný výsledek kalibrace na tom závislý, jak přesně těmto požadavkům jest vyhověno — přesnost kalibru jest tedy podmíněna přesností jinou — ukáží-li se při zkoušce úchyly (zejména malé) zůstává pak vždy pochybno, je-li jich příčinou nepřesnost oněch podmínek, jež již z předu se vyžadovaly.

Kalibrace teploměru.

Jednalo se nám tedy o to nalézt metodu, při níž by se ničeho nepředpokládalo a kteráž by mimo to nevyžadovala žádných velikých prostředků. Tanula nám na mysl analogie s kalibrací teploměrných rourek; také zde se vyžaduje stejnost kalibru; tato pak zkouší se jednoduše tím, že se sloupeček rtuťový určitého objemu pošnuje podél celé trubičky; objem tohoto sloupečku odpovídá jisté délce; stejnost kalibru předpokládajíc musila by délka tato býti konstantní; není-li tedy, pak jest nestejnost kalibru kvalitativně dokázána — ale pak nastává úloha jiná totiž na základě pozorovaných úchylek délkových chyby kalibru kvantitativně stanovit a jich vliv vymýtiti. Podobně, soudili jsme, musilo by se při kalibraci drátu můstkového pokračovati. Zde odpovídá jistá délka drátu jakému odporu v druhé větvi; musila by se tedy věc zařídit tak, aby se v různých polohách můstkového drátu stanovila délka, kteráž by témuž odporu odpovídala — jako délka sloupečku rtuťového vždy témuž objemu přináleží. Aby pak výpočet byl co možná

¹⁴⁾ Důležitost toho vynikne zvláště, když se uváží, že jednotlivá měření odporu drátem můstkovým dostoupila průběhem celé práce počtu mnoha set.

jednoduchý, musila by se kalibrace prováděti dle plánu napřed rozmyšleného, jako se to děje u teploměru. Zde totiž kalibruje se v určitém intervallu kalibračním = a , kterýž jest dán výrazem $= \frac{100}{n}$, kdež jest n číslo celé a 100° odlehlost obou základních bodů; při $n=5$ odloučí se tedy sloupeček rtuťový délky asi 20° a pošnuje se od 0 do 20° , pak od 20° do 40° , dále od 40° do 60° , od 60° do 80° a konečně od 80° do 100° . Budťež $a_1 a_2 a_3 \dots a_n$ délky, jež při tom onen sloupeček rtuťový zaujme; z nich počítejme délku střední:

$$= \frac{a_1 + a_2 + a_3 + \dots + a_n}{n}$$

a tato délka odpovídá průměrnému kalibru trubičky mezi body 0° a 100° . Z úchylek jednotlivých délek $a_1 a_2 \dots a_n$ od



Obr. 24.

této délky střední, soudí se pak na větší neb menší správnost kalibru a počítají se korekce.

Úvahami zcela analogickými vedeni, nalezli jsme následující metodu kalibrování drátu můstkového, kteráž vyniká jednoduchostí jak základní myšlenky tak i prostředků pozorovacích.

Drát můstkový jest z pravidla dělen decimálně, na 100 dílů neb 1000 ; nazveme jeho délku všeobecně $= L$; rozhodneme se o kalibračním intervallu $a = \frac{L}{n}$; obyčejně stačí voliti na příklad $n=5$.

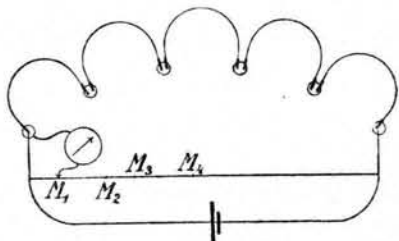
Zjednejme si tedy n přibližně stejných odporů; nej-jednodušeji tak, že vezmeme drát (na př. argentánový) jisté vhodné délky a tento drát rozdělíme na n přibližně stejných

Methoda nová.

kusů; tyto přiletujeme jednotlivě k silným, vhodně ohnutým drátům měděným, jež se amalgamují, aby bylo možno pomocí rtuťových misek je do kruhu vepnouti. (ob. 24.)

Výhodno jest, když odpor onoho celého drátu jest asi takový, jako odpor drátu můstkového; průměr jeho nebudiž však malý, aby ony jednotlivé kusy nevypadly nepohodlně krátké.

Na to utvoří se spojení, jak obr. 25. znázorňuje; větev *AMB* jest dána drátem můstkovým, větev pak *ANB* oněmi přibližně stejnými odpory (v obrazci v počtu $n=5$), vepjatými za sebou



Obr. 25.

pomocí (dřevěných) misek se rtuť a připjatými k bodům *A* a *B* krátkými dráty téhož materialu jako ony odpory (*I*, *II*, *III*, *IV*, *V*.)

Zdrojem proudu může být na př. články Daniellův, jeden nebo dva, galvanometr musí být citlivý, nejlépe zrcadlový stroj s odčítáním dalekohledem se škálou. Od galvanometru jde vedení jednak ku proměnlivému kontaktu *M* na drátku můstkovém, jednak ku miskám *N*, kde se drát — k tomu účelu amalgamovaný — ponoří.

Průběh kalibrace jest pak následující:

Způsob po-
zorování.

Na drátu můstkovém stanoví se především body M_1 a M_2 téhož potenciálu jako N_1 a N_2 ; délka drátu $M_1 M_2$ odpovídá pak odporu *I*.

Jádro metody záleží nyní v tom, že odpory *I* a *II*. vymění své místo t. j. že se odpor *II*. vyndá, na jeho místo odpor *I*. vloží a na místo tohoto odpor *II*; v celkovém odporu větve

ANB se tím tedy nezměnilo ničeho; stanoví-li se tedy — podobně jako dříve — body M'_2 a M_3 téhož potenciálu jako N_2 a N_3 , odpovídá délka drátu $M'_2 M_3$ témuž odporu jako délka dřívější — jen že má nyní jinou polohu na drátu můstkovém.

Tuto polohu měníme dále tím, že posuneme odpor *I*. opět dále na místo odporu *III*., kterýž přijde na místo předcházející, pak zase odpor *I*. na místo odporu *IV*., a konečně na místo odporu *V*. a pokaždé stanovíme na drátu můstkovém délku odpovídající témuž odporu *I*.; obdržíme tedy n délek *a* *equivalentních* drátu můstkového, kteréž můžeme stejně označiti, jako délky sloupceku rtuťového při kalibraci teploměru, totiž:

$$\begin{aligned} M_1 M_2 &= a_1 \\ M'_2 M_3 &= a_2 \\ M'_3 M_4 &= a_3 \\ &\vdots \end{aligned}$$

Z těchto délek počítáme délku střední:

$$\frac{a_1 + a_2 + a_3 + \dots + a_n}{n} = a^*$$

Způsob po-
čítání.

a tato odpovídá odporu *I*. předpokládajíc střední kalibr drátu můstkového, kterýmžto slovem označujeme kalibr i co do průřezu i co (eventualně) do mechanických růzností, majících vliv na odpor — tedy jaksi kalibr odporový. Rozdíl:

$$\begin{aligned} a^* - a_1 \\ a^* - a_2 \\ a^* - a_3 \\ &\vdots \end{aligned}$$

atd. dávají úchytky od tohoto středního kalibru na jednotlivých místech, charakterisovaných posicemi:

$$0 \dots a, a \dots 2a, 2a \dots 3a \text{ atd.}$$

tak že jsou pak

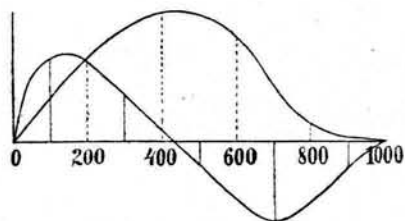
pro intervall	$0 \dots a$,	korrekce	$a^* - a_1$
"	$a \dots 2a$	"	$a^* - a_2$
"	$2a \dots 3a$	"	$a^* - a_3$
"	$\vdots$	"	$\vdots$

tudíž pro posici θ korekce θ

a	"	$a^* - a_1$	
$2a$	"	$(a^* - a_1) + (a^* - a_2)$	
$3a$	"	$(a^* - a_1) + (a^* - a_2) + (a^* - a_3)$	
$\cdot$	"	$\cdot \cdot \cdot$	" atd.

Korekce pro posice jiné naleznou se interpolací aneb ještě lépe na základě grafického znázornění, při čemž jest instruktivní toto znázornění provést jak pro definitivní korekce, tak též i pro jednotlivé úchyly $a^* - a_k$ (viz obr. 26.)

Práce sama, kteráž dle tohoto vyličení zdála by se býti



Obr. 26.

dlouhou, pokračuje ve skutečnosti velmi rychle, poněvadž p ř i-
bližné posice bodu M na můstkovém drátu jsou povahou
věci samé dány. Jest patrné, že na př. bod M'_2 jest velmi blízký
bodu M_2 , podobně M'_3 bodu M_3 atd. Poloha pak bodů M_1 M_2

M_3 samých jest přibližně dána dle kalibračního intervallu $a = \frac{L}{100}$.

Změna teploty, děje-li se v celé větvi ANB neb AMB stejno-
měrně, není nikterak na závalu, poněvadž se poměry jednotlivých
odporů tím nemění.

Příklad.

Způsob počítání vynikne nejlépe z následujícího příkladu,
jímž se též objasní, jak veliké korekce i u strojů druhu nej-
lepšího asi mohou se vyskytnouti.

Odečtení na můstku:	Difference:	Korekce:
2.40		
201.70	199.30	0.45
201.01	199.51	0.69
400.52		
399.39	199.87	0.56
599.26		
597.97	200.18	0.13
798.15		
797.66	199.88	0.00
997.54		
199.748 střední hodnota.		

IV.

Vliv teploty na vodivost' elektrickou železa kujného, oceli i železa litého.

Údaje starší
o této
otázce.

Vyšetřování galvanického odporu jednotlivých druhů železa zůstalo by neúplným, kdyby nebyla též studována otázka, jak se odpor této teplotou samou mění; tušili jsme, že právě tak, jako odpor sám pro ony druhy charakteristickým se objevil, ne méně i vliv teploty samé ukáže zajímavé zvláštnosti dle toho, jaký material máme před sebou; zejména pak pro ocel v různém stupni tvrdosti soudili jsme, že vliv teploty zcela různě a význačně se bude jevit.

Znamená-li s_t specifický odpor nějakého kovu při teplotě t a s_0 specifický odpor při teplotě 0° , jest, jak známo:

$$s_t = s_0 (1 + \alpha t)$$

Koeficient α zove se tepelným koeficientem odporu galvanického.

Přesněji vyjádřen jest vztah mezi s_t a s_0 rovnicí quadratickou:

$$s_t = s_0 (1 + \alpha t + \alpha' t^2)$$

kterých zejména tehdáž nutno užiti, jedná-li se o značnější zvýšení teploty.

Studovali jsme především starší výsledky prací jiných autorů o této otázce¹⁵⁾ a našli jsme, že ve výsledcích těchto — proti svému očekávání — žádný valný rozdíl se nejeví ve vlivu, jaký

¹⁵⁾ Přehledně jest o této otázce referováno na př. v I dílu G. Wiedemann Elektricität pag. 502—510, 1882.

má teplota na odpor galvanický u železa a u oceli; dosavadní údaje o koeficientu α pro ocel mění se asi v týchž mezích, jako pro železo, totiž 0.004 až 0.005. Speciálně buděť na doklad toho uvedeny příklady následující:

Mousson¹⁶⁾ udává pro železo rovnici:

$$s_t = s_0 (1 + 0.00421 t)$$

pro ocel pak:

$$s_t = s_0 (1 + 0.00406 t)$$

$$\text{až } s_t = s_0 (1 + 0.00424 t)$$

Benoit¹⁷⁾, jenž při svých pokusech sledoval vliv teploty do stupňů vyšších našel pro železo (kalené).

$$s_t = s_0 (1 + 0.00452 t + 0.000 00583 t^2)$$

a pro ocel kalenou:

$$s_t = s_0 (1 + 0.00498 t + 0.000 00735 t^2)$$

Jak z příkladů těchto patrné, nejeví se v skutku co se koeficientu α týče žádného valného rozdílu mezi železem a ocelí.

Tím však nebylo zvráceno přesvědčení naše; soudili jsme, že pracemi dosavadními není asi otázka tato úplně propracována a zakončena, ba že dojísta v podrobném bádání se objeví rozdíly charakteristické.

V pozdějších oddílech ukážeme totiž, že ocel v různých stupních tvrdosti jeví vodivost elektrickou velice různou; nezdálo se nám býti pravdě podobno, že by se podobné různosti nejevily též ve vlivu teploty. K tomuto mínění vedly nás některé zajímavé analogie. Vyšetřovali jsme právě elektrickou vodivost některých druhů argentánu; druh dodaný firmou C. Vogel, Berlín, Analogie.

měl odpor specifický $s \left[\frac{\text{cm}}{\text{cm}^2} t^\circ \text{ Mikrohms} \right]$

$$s_t = 16.4 (1 + 0.00064 t)$$

naproti tomu jiný druh, dodaný firmou W. Siemens Berlín Argentán.

¹⁶⁾ Mousson: G. Wiedemann l. c. pag. 507.

¹⁷⁾ Benoit: Comptes Rend. LXXVI p. 342, 1873. Carl's Rep. IX. p. 55 1873.

$$s_t = 39.0 (1 + 0.00029 t)$$

Z rovnic těchto jsme seznávali, že slitina (z týchž kovů, avšak v různé proporci) většího odporu specifického má menší koeficient tepelný a to měrou velmi značnou. Ohlížeje se v literatuře našli jsme podobné jiné příklady velmi charakteristické.

Matthiessen a Vogt¹⁸⁾ zanášeli se vyšetřováním vodivosti elektrické různých slitin. Z klassických jich pozorování vyjímáme zde za příklad slitinu stříbra a platiny, kterýmžto příkladem se ilustruje výsledek všeobecný, jak vodivost elektrická na vzájemném poměru množství slitých kovů záleží. Vodivost λ_t (relativní) jest dle jejich pozorování, jak následuje:

$$\text{při } 0\% \text{ Pt } \lambda_t = 100 - 0.38287 \cdot t + 0.0009848 \cdot t^2$$

$$\text{" } 2.51 \text{ " } \lambda_t = 31.640 - 0.03936 \cdot t + 0.00003642 \cdot t^2$$

$$\text{" } 5.05 \text{ " } \lambda_t = 18.031 - 0.01395 \cdot t + 0.00001182 \cdot t^2$$

$$\text{" } 19.65 \text{ " } \lambda_t = 6.696 - 0.00221 \cdot t + 0.000001393 \cdot t^2$$

Procenta jsou zde udána dle objemu; dráty byly tvrdě taženy.

Z rovnic těchto, jak zde od jmenovaných autorů jsou upraveny, nevyniká dobře vztah, jež jsme dříve naznačili; vynikne však ihned, počítáme-li koeficienty procentuálně, t. j. v poměru ku vodivosti samé; přestáváme-li při tom — pro přehlednost — na koeficientu prvním (hlavním), obdržíme:

$$\text{při } 0\% \text{ Pt } \lambda_t = 100 (1 - 0.00383 \cdot t)$$

$$\text{" } 2.5 \text{ " } \lambda_t = 31.6 (1 - 0.00124 \cdot t)$$

$$\text{" } 5.1 \text{ " } \lambda_t = 18.0 (1 - 0.00077 \cdot t)$$

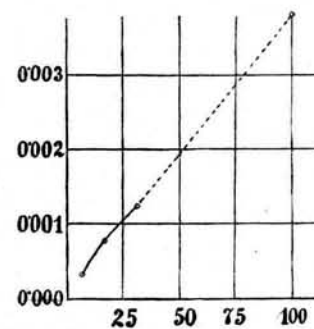
$$\text{" } 19.7 \text{ " } \lambda_t = 6.7 (1 - 0.00033 \cdot t)$$

Zde již viděti jasně, jak koeficient tepelný tou měrou klesá, kterou klesá vodivost; — ještě lépe vynikne věc znázorněním grafickým (obr. 27.)

Různé druhy železa jeví však, jak z oddílů pozdějších vysvitne, se slitinami veliké analogie; a proto bylo s jistotou očekávaní, že též v otázce vlivu teploty na galvanický odpor tato

analogie se osvědčí. S tímto přesvědčením podnikli jsme svá měření, kteráž, jak ihned ukážeme, očekávání naše úplně potvrdila.

Kdybychom chtěli šetřiti chronologického postupu svých prací, musili bychom ovšem o těchto měřeních referovati až v oddílech pozdějších, neboť teprve výsledky bádání, jež jsme vykonali o vlivu tvrdosti oceli na odpor galvanický vedly nás k tomu, zkoumati zvláště vliv tepelný. Jestliže však přece již nyní o tomto vlivu tepelném jednáme, děje se tak proto, poněvadž výsledků zde nabytých upotřebíme ve všech oddílech



Obr. 27.

následujících k tomu, aby měření odporu, při různých teplotách konaná, mohla býti redukována na jistou teplotu normální, za kterouž se všeobecně volí teplota 0°; bez takové redukce nebylo by ovšem možná odpory při různých teplotách pozorované ve srovnání.

Budiž dále ještě předaslána poznámka následující:

Není pochybnosti, že rovnice quadratická:

$$s_t = s_0 (1 + at + at^2)$$

jest přesnější, než rovnice lineární

$$s_t = s_0 (1 + at)$$

zejména jedná-li se o teploty t vyšší. V našem však případě jest užívání teplot vyšších z velké části vyloučeno. Jde totiž o otázku,

Rovnice za
základ
položené.

¹⁸⁾ Matthiessen & Vogt: Pogg. Ann. CXXX pag. 19. 1864.

jaký vliv má teplota na odpor galvanický; zde míni se vliv takový, jímž nenastává žádná permanentní změna materialu. Avšak u oceli — zejména tvrdé, neb jen mírně napouštěné — nastává změna taková již při teplotách poměrně jen málo vysokých. Zde jest tedy naprosto vyloučeno, zahřívati material velmi vysoko, jinak by se při opětém ochlazení již nevrátil do původního stavu, také odpor by se permanentně zmenšil. Při svých pokusech neužili jsme proto u ocelových drátů tvrdých aneb slabě napouštěných, vyšších temperatur než něco málo přes 30°; pro takovéto mírné zvýšení lze ovšem úplně přestávati na rovnici lineární. U drátů silně kalených aneb dokonce měkkých nevadilo by ovšem nikterak zahřívati velmi vysoko a pak užiti formule quadratické. Vznikla by však tím nová obtíž. Koeficient α počítaný z formule quadratické nebyl by totiž aequivaleční s koeficientem α formule lineární. Kdo dle metody nejmenších čtverců počítal, ví velmi dobře, jak z týchž pozorování různé hodnoty koeficientů vycházejí dle toho, vezme-li se za základ přibližná formule lineární neb přesnější quadratická.

Aby tudíž bylo možno výsledky mezi sebou srovnávati, aby tyto výsledky byly stejného významu, pozorovali jsme u všech drátů tvrdých i měkkých zcela stejně, v týchž intervalech tepelných totiž asi mezi 10° a 30° a počítali jsme též výsledek dle téže formule lineární,

$$s_t = s_0 (1 + \alpha t)$$

a v tomto smyslu jest v následujícím koeficient α udán.

Pravidlem tímto vznikla ovšem nesnáze jiná, o níž nechceme pomlčeti. Poněvadž totiž variace teploty nečinila více než 20°, byla také variace odporu velice malá; a poněvadž odpor sám pouze několik setin Ohm činil, jevily se variace odporu teprve v desetitisícinách Ohmu, následkem čehož bylo nutno měření odporu s největší péčí a přesností prováděti, aby ještě pokud možná millioniny Ohmu nebyly bez významu.

1. Ocel.

Vliv teploty na vodivost elektrickou.

Význam barev napouštěcích a jich souvislost se stupněm tvrdosti stanoveným odporem galvanickým.

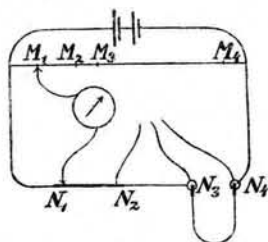
Vyšetřovali jsme především vliv teploty na galvanický odpor oceli, při různém stupni tvrdosti. Druh oceli byl týž jak uvedeno v oddílu I., průměr drátů byl okrouhle 0.15 cm. Dráty byly napřed způsobem, jenž v oddílu následujícím obsírně bude popisován, kaleny a to v počtu větším, aby byl větší výběr. Kalené dráty pak byly velmi opatrně čistěny a polirovány, aby jejich povrch byl pěkně lesklý; dalo se tak z příčiny zvláštní. Chtěli jsme totiž při této příležitosti vyšetřiti současně souvislost barev napouštěcích s galvanickým odporem a tím i se stupněm tvrdosti; k tomu cíli prováděli jsme napouštění galvanickým proudem, chtějíce toho docíliti, aby při znenáhlém zahřívání drátů na lesklém jich povrchu barvy napouštěcí pěkně vynikly. Pokusy podařily se výtečně způsobem v skutku překvapujícím. Jeden z drátů tvrdých byl rezervován pro praesentaci největšího stupně tvrdosti. Ostatní byly jeden po druhém zapjaty do silného proudu galvanického. Při uzavření proudu bylo vznikání barev povrchových a jich postup pozorovati způsobem velice poučným a zajímavým; střídání barev dalo se při tom ovšem velmi rychle; dle toho, v kterém okamžiku byl proud přerušen, zůstala ta neb ona barva, a to po největší části celé délky drátu velmi stejnoměrně rozdělena. Podrželi jsme ovšem pro pokusy měřicí exempláry nejzdařilejší. V následující tabulce, výsledky měření přehledně udávající, jest obsažen (viz str. 48.) vedle drátu tvrdého, drát napuštěný jasně žlutě, dále drát napuštěný tmavě žlutě, dále modře, jasně modře, konečně drát žihavý, tudíž měkký. Tím způsobem řeší výsledky našeho pozorování současně také otázku samostatnou, jaký význam mají povrchové barvy napouštěcí pro posouzení stupně tvrdost

Material.

Barvy po-
vrchové na-
pouštěním
vznikající.
Napouštění
silným
proudem.

a jak značný tento stupeň jest, pokud jej určuje odpor galvanický.

Stanovení odporu těchto drátů, kteréž, jak dříve již řečeno, způsobem velice obezřelým a jemným musilo býti prováděno, dále se methodou Hockin-Matthiessen a to v uspořádání následujícím. Ocelový drát byl — zároveň s odporem známým $N_3 N_4$ — zapjat plochými svorkami do větve ANB , na dvou pak jeho místech v bodech N_1 a N_2 (viz obr. 28.) byly upevněny tenké izolované dráty měděné tak, že nějaké jich pošnutí bylo vyloučeno; tyto drátky mohly jeden po druhém malou svorkou býti připojeny ku vedení k zrcadlovému galvanometru. Drát ocelový



Obr. 28.

byl pak opatrně vložen jednou do lázně studené, po druhé do lázně teplé, pak opět do studené, a zase teplé a konečně ještě jednou do studené; bylo tedy provedeno pět pozorování u každého drátu; k bodům N_1 , N_2 , N_3 , N_4 hledány pokaždé body M_1 , M_2 , M_3 , M_4 téhož potenciálu na drátu můstkovém (pečlivě kalibrovaném), což se dosti rychle dalo provésti, poněvadž přibližné posice bodů M z předběžného pokusu byly známy. Ku zvýšení a snížení teploty volili jsme lázeň vodní; ve dvou velikých nádobách skleněných byla destilovaná voda v jedné teploty sině (asi 10°), v druhé teploty mírně zvýšené (asi 30°); při velikém množství vody byly variace teploty velmi malé.

Následující tabulka (č. 1.) obsahuje výsledky jednotlivých měření; w a W jsou odpory při teplotě nižší t a vyšší T , tak jak byly přímo pozorováním stanoveny. Z obou odporů a zná-

mých teplot počítán pak koeficient α a to vždy dvakrát, totiž kombinováním pozorování druhého se středem prvního a třetího a pak pozorování čtvrtého se středem třetího a pátého, čímž docílena výtečná kontrola počtu i pozorování. Dále počítán odpor w_0 pro teplotu normální. Konečně počítán ze známých rozměrů, totiž z délky $l = N_1 N_2$ a průměru 2ϱ drátu specifický odpor pro teplotu normální 0° dle

$$s = w_0 \frac{\pi \varrho^2}{l}$$

a to v Mikrohmech dle schematu $\frac{cm}{cm^2} 0^\circ$

Konečně obsahuje tabulka též specifickou váhu Δ jednotlivých drátů, nikoli zvláště stanovenou, nýbrž z váhy absolutní a rozměrů počítanou. Úhrnná délka L drátu stanovena velmi přesně měřítkem zrcadlovým; průměr 2ϱ stanoven mikroskopem — a zavedena do počtu střední jeho hodnota, odvozená z aequidistantních pozorování.

Zajímalo nás jednak tuto veličinu Δ pro kontrolu počítání, jednak zkouseti zdali se potvrdí výsledky, jež v příčině váhy specifické oceli různé tvrdosti nalezl C. Fromme; v skutku také čísla námi nalezená jsou s jeho pozorováním v dobrém souhlasu, tak dobrém, jak se dá vůbec očekávati vzhledem k tomu, že váha specifická, vypočítaná z váhy absolutní a rozměrů, nemůže býti tak přesná, jako když přímo, — na př. pyknometrem — se určí; v našem případě nebylo ovšem takové přímé určení možné, když měly dráty býti zachovány, a také nebyla tato práce v našem plánu. (Viz tab. 1.)

Sestavíme-li na základě těchto výsledků střední hodnoty pro odpor specifický s a koeficient tepelný α při různých barvách napouštěcích, obdržíme přehlednou tabulku 2.

Tim dokázána jest důležitá věta následující:

Vliv teploty na galvanický odpor oceli jest právě tak stupněm tvrdosti podmíněn, jako

specifický odpor sám. Jak totiž, že vliv tento roste, když ocel napouštěním stává se měkčí a tím také galvanicky vodivější.

Tabulka 1.

Tepelný koeficient odporu galvanického pro ocel.

	$2\varrho, l, \Delta$ cm, cm	w Ohm	t	W Ohm	T	w_0 Ohm	α	s Mikrohm
Tvrdý	$2\varrho = 0.151$	0.04523	10.0	0.04685	32.9	0.04450	0.00161	45.7
	$l = 17.52$	20 10.2		59 29.5			160	
	$\Delta = 7.56$	24 10.4						
Jasně žlutě napuštěný	$2\varrho = 0.148$	0.03107	10.2	0.03297	35.5	0.03030	0.00250	28.9
	$l = 17.98$	06 10.3		65 32.2			238	
	$\Delta = 7.57$	10 10.6						
Tmavě žlutě napuštěný	$2\varrho = 0.150$	0.02782	10.9	0.02950	33.2	0.02698	0.00278	26.3
	$l = 18.17$	84 11.0		22 29.6			279	
	$\Delta = 7.54$	81 11.0						
Modře napuštěný	$2\varrho = 0.149$	0.02043	10.0	0.02191	32.5	0.01978	0.00327	20.5
	$l = 16.77$	47 10.1		75 29.8			332	
	$\Delta = 7.56$	45 10.2						
Jasně modře napuštěný	$2\varrho = 0.148$	0.01948	9.3	1.02097	31.6	0.01881	0.00357	18.4
	$l = 17.58$	46 9.5		70 27.7			363	
	$\Delta = 7.60$	47 9.7						
Měkký	$2\varrho = 0.146$	0.01690	9.7	0.01850	32.5	0.01625	0.00428	15.9
	$l = 17.13$	94 9.9		27 29.4			419	
	$\Delta = 7.69$	96 10.0						

Tabulka 2.

Vztah mezi barvami napouštěcími oceli, její odporem specifickým a tepelným koeficientem odporu galvanického.

Drát ocelový	$s \frac{cm}{cm^2} 0^\circ$ Mikrohm	α
tvrdý	45.7	0.00161
jasně žlutě napuštěný	28.9	244
tmavě žlutě „	26.3	280
modře „	20.5	330
jasně modře „	18.4	360
měkký	15.9	423

V následující tabulce, interpolací počítané a k praktickému použití sestavené, nalezne se pro každý stupeň tvrdosti oceli, jak se specifickým odporem jeví, příslušný koeficient odporu tepelný.

Tabulka 3.

Specifický odpor a tepelný koeficient oceli různých stupňů tvrdosti.

$s \frac{cm}{cm^2} 0^\circ$ Mikrohm	α	$s \frac{cm}{cm^2} 0^\circ$ Mikrohm	α	$s \frac{cm}{cm^2} 0^\circ$ Mikrohm	α	$s \frac{cm}{cm^2} 0^\circ$ Mikrohm	α
10	0.0050	21	0.0033	32	0.0022	43	0.0017
11	48	22	32	33	21	44	17
12	46	23	31	34	21	45	16
13	44	24	29	35	21	46	16
14	42	25	28	36	20	47	15
15	41	26	27	37	19	48	15
16	39	27	27	38	19	49	15
17	38	28	26	39	19	50	15
18	36	29	25	40	18	60	13
19	35	30	24	41	18	70	13
20	34	31	23	42	17	80	12

2. Železo kujné.

Pro železo kujné nebylo třeba podnikati pozorování nová, Starší pozorování. poněvadž byl k dispozici dostatečný počet starších a velmi dobrých. Měření taková konali zejména Lenz, Becquerel, Arndtsen, Mousson a j. Ve větším rozsahu provedli pozorování zvláště A. Matthiessen a C. Vogt,¹⁹⁾ kteří vyšetřovali vliv teploty na galvanický odpor různých druhů železa a přišli k výsledkům, jež pro nás a práci naši zvláště jsou zajímavé. Matthiessen a Vogt vyšetřovali relativní vodivost galvanickou na základě rovnice quadratické

$$\lambda = 100 - at + bt^2$$

při čemž značí 100 vodivost tvrdého drátu z nejčistšího stříbra

¹⁹⁾ A. Matthiessen a C. Vogt Pogg. Ann. CXVIII. pag. 431. 1863.

při teplotě 0°. Následující tabulka (č. 4.) obsahuje přehledně výsledky, jež obdrželi pro 15 různých druhů železa.

Tabulka 4.

Vodivost různých druhů železa se zřetelem k vlivu teploty.

Druh železa		a	b	λ_0
Elektrotypické železo Čís. 2. a 4. vyžihané ve vodíku respekt. ve vzduchu	č. 1.	0·512	0·00129	(16·810) ²⁰⁾
	" 2.	0·519	134	"
	" 3.	0·514	132	"
	" 4.	0·509	127	"
Tažené dráty Složení provedeno analysou	" 5.	0·473	112	15·712
	" 6.	0·472	112	15·640
	" 7.	0·449	102	14·204
	" 8.	0·453	112	12·132
Dráty železné obsahu- jící různé množství uhlíku	" 9.	0·463	109	14·723
	" 10.	0·418	092	10·666
	" 11.	0·404	092	9·921
	" 12.	0·397	091	9·449
Klavírní drát	" 13.	0·425	092	13·293
Hodinové péro	" 14.	0·340	063	8·568
Prodávný drát železný	" 15.	0·428	090	18·774

Prepočítávání
na způsob
u našich po-
zorování za-
chovávaný.

V té formě, jak zde tyto výsledky jsou uvedeny, nedají se dobře s našimi srovnávat. Prepočítali jsme tudíž především

vodivost na odpor, kladouce specifický odpor $s \frac{cm}{cm^2}$ Mikrohmm

tvrdého drátu z nejčistšího stříbra při teplotě 0°

$$s = 1·574$$

a počítali dále tepelný koeficient α odporu galvanického na základě formule lineární — v soulasu se způsobem zachovávaným u našich pozorování.

²⁰⁾ V originálním pojednání není pro vodivost těchto druhů udáno číslo žádné; vypočítali jsme tudíž sami toto číslo interpolací a to dle tepelného koeficientu na základě grafického znázornění vyloženého níže jest tudíž hodnota tato jen pravděpodobnou, nikoli přímým pozorováním zajištěnou.

Tím obdrželi jsme výsledky obsažené v tabulce následující (5.) seřadivše je dle stoupajících hodnot specifického odporu s . Význam posledního sloupce této tabulky (α interpolované) vyložíme později.

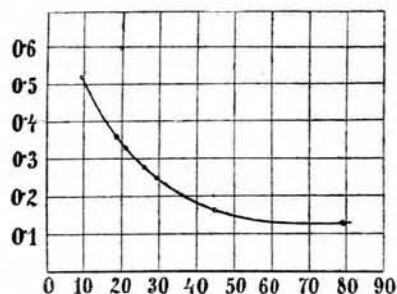
Tabulka 5.

Specifický odpor a tepelný koeficient různých druhů železa.

Druh železa	$s \frac{cm}{cm^2} 0^\circ$ Mikrohmm	α pozorované	α interpolované
čís. 1. až 4.	9·4	0·0052	0·0052
" 5.	10·0	47	50
" 6.	10·1	47	50
" 9.	10·7	46	49
" 7.	11·1	45	48
" 15.	11·4	43	47
" 13.	11·8	42	46
" 8.	13·0	45	44
" 10.	14·8	42	41
" 11.	15·9	40	40
" 12.	16·7	40	37
" 14.	18·4	34	36
ocel vyžihaná	15·9	42	40

3. Přehled výsledků pro železo a ocel.

Výsledků, jež obdrželi Matthiessen a Vogt, použili jsme ve dvojím směru, jednak k doplnění svých vlastních pozorování o oceli vzhledem k železu kujnému, jednak ke kontrole zákona. V prvním směru přijali jsme za nejspolehlivější první z uvedených koeficientů α , poněvadž odpovídá kovu nejčistšímu a jest odvozen ze čtyř na sobě nezávislých pozorování. Majíce tak hodnotu pro čisté železo, připojili jsme ji k hodnotám pro ocel v tabulce 3. sestavených a provedli pak grafické znázornění souvislosti, k jakéž dle všech těchto výsledků mezi veličinami s (abscissa) a α (ordinata) přicházíme. Tak vznikla křivka v obr. 29. znázorněná.



Obr. 29.

Majice pak tuto křivku co obraz oné závislosti, zkoušeli jsme její platnost tím, že jsme z výsledků pro s , jež obdrželi Matthiessen a Vogt, interpolací grafickou hledali ze své křivky hodnotu pro α a tuto pak srovnávali s tou hodnotou, kteráž od jmenovaných badatelů zvláště byla nalezena. Tak vznikl sloupec poslední (α interpolované) tabulky 5. Srovnáme-li oba koeficienty α vespolek, vidíme, že souhlas jest tak dobrý, jak se vůbec při kombinování pozorování tak různých i co do času i co do prostředků a způsobu provedení dá očekávat. Zejména jest také shoda jejich výsledku s našim, pokud se tyče žihané oceli, velmi uspokojivou.

Byly nám k dispozici ještě jiná pozorování ke zkoušení pravosti našeho zákona, totiž pozorování, jež provedl Benoit.²¹⁾ Týž nalezl pro železo:

$$s_t = 0.1272 (1 + 0.00452t + 0.0000058t^2)$$

pro ocel (napuštěnou)

$$s_t = 0.1149 (1 + 0.00498t + 0.0000074t^2)$$

Číslo zde platí pro $Hg = 1, \frac{m}{mm^2}$. Přepočítáme-li je opět na $\frac{cm}{cm^2}$ Mikrohmm a dle rovnice lineární, obdržíme

pro železo: $s = 12.1$ $\alpha = 0.00452$

pro ocel: $s = 10.8$ $\alpha = 0.00498$

²¹⁾ Benoit: Comptes rend. LXXVI. pg. 342. 1873. Wiedemann I. c. pag. 525.

Z našeho diagramu vychází:

pro $s = 12.1$ $\alpha = 0.00457$

$s = 10.8$ $\alpha = 0.00485$

což jest opět shoda velmi dobrá, zejména pro železo; co se oceli tyče jest velmi nápadná malá hodnota, kterouž dostává Benoit pro specif. odpor s oceli napuštěné, hodnota to daleko menší, než pro železo.

4. Železo lité.

O vlivu teploty na elektrickou vodivost železa litého ne- existují dosud práce žádné. Ku prozkoumání našeho zákona bylo však právě chování se litiny přímo rozhodujícím, poněvadž z měření, o nichž v oddílech pozdějších bude jednáno a kteréž jsme k jiným účelům podnikli, vysvitlo, že tento material má odpor specifický ještě zase daleko větší než nejtvrdsí ocel, kterou jsme kdy obdrželi. Je-li tedy zákon, kterýž jsme našli, správným, dle něhož vlivu teploty ubývá, když se stává železo působením uhlíku méně vodivým, musil by tepelný koeficient odporu galvanického při litině, obsahující relativně největší množství uhlíku, býti mnohem menší, než při nejtvrdsí oceli.

Budiž hned zde poznamenáno, že naše měření tento úsudek v plné míře potvrdila.

Měření byla provedena u tří tyček, napřed žihaných, označených: No. 13., 14., 15.; jich délka byla asi 25 cm, jich průřez skoro čtverečný (strana asi 0.65 cm). Vzhledem k tomu, že zde odpor činil ještě daleko méně, než u drátů ocelových, totiž jen několik tisícín Ohm, bylo k zaručení žádoucí správnosti výsledku nutno voliti větší variace teploty, ale i tak ovšem při měření téže pečlivosti šetřiti jako u drátů ocelových. Pracováno bylo dle téže metody Hockin-Matthiessen, jako u drátů ocelových. Při drátech spojovacích užito k zaručení dobrého kontaktu letování. Zahřívání dalo se však nikterak lázni, nýbrž parami. K tomu cíli byly ony tyčinky vloženy jedna po druhé, do skleně-

Význam chování se litiny v této otázce.

Material.

Způsob pozorování.

ných trubíc vhodně korkovými zátkami uzavřených, kterýmiž pak byly proháněny jednak páry methylalkoholu, jednak páry vodní; teplota jejich byla stanovena zvláštním teploměrem do oné skleněné trubice vloženým. Dráty měděné byly izolovány, kde třeba trubičkami skleněnými. K zaručení rovnoměrného rozdělení teploty v oné trubici skleněné byla tato špatnými vodiči tepla — plstí a pod. — všestranně obalena. Více to bylo nutno již k vymytí všelikých proudů thermoelektrických mezi litinou a mědi.

Způsob
počítání.

Výsledek měření podává přehledně tabulka následující. Při pozorované teplotě t stanoven odpor w v Ohmech jisté délky l oněch tyčinek; od obyčejné teploty asi (20°) vycházejíc přešlo

Tabulka 6.

Specifický odpor a tepelný koeficient litiny.

Číslo tyče	Konstanty cm	t C.	w Ohm	t střed	w pozor.	w počít.	Diff.	w_0 Ohm	α	κ Mikrohm
13.	$a = 0.640$ $b = 0.656$ $l = 20.10$		0.00		0.00	0.00		0.00	0.00	
		23.8	3749	23.5	3743	3743	0	3637	124	76.0
		23.2	3733							
		67.2	3938	67.3	3941	3941	0	—	—	—
		67.5	3943							
14.	$a = 0.643$ $b = 0.642$ $l = 20.10$	99.4	4093	99.3	4085	4085	0	—	—	—
		99.3	4077							
		22.8	3839	22.8	3837	3829	8	3712	138	76.2
		22.8	3835							
		67.8	4041	69.5	4051	4068	-17	—	—	—
15.	$a = 0.646$ $b = 0.647$ $l = 20.10$	71.2	4061							
		99.5	4235	99.5	4235	4224	11	—	—	—
		99.5	4235							
		20.0	4095							
		17.8	4095	18.7	4099	4102	-3	4008	126	83.3
		18.3	4108							
		66.0	4347	66.0	4347	4341	6	—	—	—
		66.0	4347							
		100.0	4500							
		100.0	4490	100.0	4509	4513	-4	—	—	—
		100.0	4536							

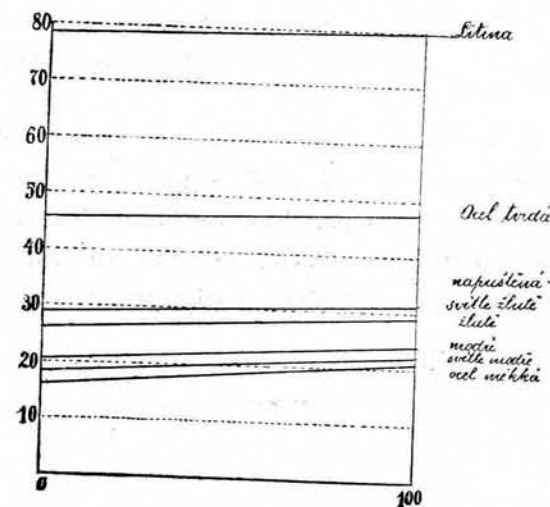
se k teplotě par methylalkoholových (asi 68°) a konečně k teplotě par vodních (asi 100°). Ve všech těchto tepelných polohách bylo měření dva- až třikrát opakováno ke kontrole a počet na základě středních hodnot proveden.

Za základ počtu položena formule lineární; ze všech pozorování počítán koeficient tepelný α a odpor w_0 při teplotě normální; aby pak bylo viděti, jak pozorování mezi sebou souhlasí, počítán z hodnot w_0 a α takto nalezených zpět odpor w pro každou teplotu t ; proto jest v tabulce vedle odporu w pozorovaného připojen ve zvláštním sloupci odpor w počítaný; ze souhlasu mezi hodnotou pozorovanou a počítanou lze souditi jednak na správnost pozorování, jednak na platnost formule lineární až i k teplotě dosti vysoké 100° .

Připojí-li se konečně k diagramu (29. obr.) hodnota α k hodnotě s jak kombinací všech těch výsledků vychází, ukáže se, že se bod tak nalezený pro litinu velmi uspokojivě druzí k bodům, nalezeným pro železo a ocel, tak že průběh křivky pro všechny tyto druhy železa jest úplně pravidelný.

Grafické
znázornění.

Velmi poučně a přehledně ukazuje výsledek úhrnný všech



Obr. 30.

těchto měření digram 30., ze kteréhož viděti, jaké postavení co se týče specifického odporu zaujímá železo, ocel tvrdá, různě kalená a měkká, konečně litina a jak odporu s přibývající teplotou různě přibývá; aby tento přírůstek lépe vynikl, jest nakreslen v rozměru desetkrát větším než odpor sám.

5. Doslov.

Všeobecný
význam
především
výsledků.

Přehližeje již výsledky celého oddílu tohoto poznáváme především, že analogie, kterou jsme tušili mezi ocelí, železem kůjným i litým na jedné a mezi slitinami na druhé straně, pokud se týče otázky vlivu tepla na vodivost elektrickou, úplně se osvědčila. Zdá se, že jest nám zde činiti pouze se speciálním příkladem zákona všeobecnějšího. Jest pravděpodobno, že ve všech případech, kdy základní látka nějaká jistými změnami elektricky méně vodivou se stává, že také vliv tepla na vodivost tuto se umenšuje. Když tedy na př. ke stříbru přidáváme malé množství platiny, zmenšuje se tím vodivost jeho elektrická, ale současně také vliv tepla na tuto vodivost. U oceli jest uhlík takovou látkou, která se s hlavním prvkem, totiž se železem, smíme-li tak říci — slévá, a to v relativním množství větším, neb menším dle toho, zdali ocel kalíme, neb znenáhla napouštíme.

Rozhled do
magnetismu.

Není pochybnosti, že také magnetický koeficient tepelný souvisí se stupněm tvrdosti oceli a to ve způsobu podobné zákonitosti, jaká zde byla nalezena. Soustavných pokusů o této otázce dosud není, doufáme však, že bude nám samým možno také tuto závislost v podobném způsobu zpracovati.

V.

Kalení oceli.

1. Způsob kalení.

Vytkli jsme již v úvodu charakteristickou vlastnost oceli, spočívající v tom, že kalením nabývá velmi značné tvrdosti. Při kalení dlužno ocel přede vším rozžhavití a pak náhle schladiti. Majíce tudíž kaliti dráty ocelové, jež jsme k pokusům, (zejména magnetickým) měli připraveny, musili jsme přemýšleti o nejvýhodnějším způsobu rozžhavení a ochlazení, abychom docílili jednak tvrdosti velmi značné, a jednak — což není tak snadné — tvrdosti po celé délce drátu co možná rovnoměrné.

Důležitost
kalení rovno-
měrného.

Dosavadní praxis užívá k rozžhavení předmětů (nástrojů a pod.) ocelových buď jen plamene lampy alkoholové (u drobných předmětů) aneb výhně opatřené uhlím dřevěným²²⁾ aneb konečně lázni kovových zejména lázně olověné na vysoký žár uvedené; stejnoměrnost v rozžhavení docílí se vždy velice nesnadno, posledním ze způsobů jmenovaných poměrně nejlépe.

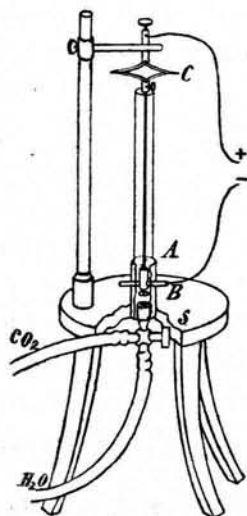
V našem případě, kde se jednalo o kalení drátů, doufali jsme žádoucí rovnoměrnosti v rozžhavení daleko lépe dosíci silným proudem galvanickým. Abychom zabránili oxydaci drátů, nesměli jsme ovšem nechat drát při rozžhavení ve vzduchu; rozhodli jsme se tudíž obklopiti jej suchým kyslíčnickem uhliči-

²²⁾ Uhlí kamenné neb kok nehodí se dobře k účelu tomu, poněvadž snadno tvoří škváry.

tým (CO_2). K schlazení doporučuje se nejlépe voda, zejména svou velikou kapacitou tepelnou; nutno jest však, aby páry vodní, kteréž se utvoří v okamžiku, kdy drát ve svém žáru se setká s vodou, byly rychle odstraněny, aby se neutvořil obal par, kterýžby ochlazení zdržoval; proto doporučuje praxis, aby bylo k chlazení hojně vody po ruce a aby se rozžhavený předmět ocelový nenechával ve vodě v klidu, nýbrž aby se v ní sem tam pohyboval. Takoveto pohybování bylo v našem případě, kde měl drát býti v kyslíčniku uhličitým rozžhaven, ovšem vyloučeno — a proto obrátili jsme věc a rozhodli jsme se vzíti ke schlazení drátu vody silně a prudce proudící. Konečně bylo velice žádoucí, aby drát po kalení zůstal úplně rovným; musil tedy rozžhavený drát býti schlazován nikoli směrem ku jeho délce kolmým, nýbrž směrem ku této délce rovnoběžným; ale nad to hleděli jsme ještě podporovati věc tím, že zůstal drát při rozžhacení i při schlazení stále značně napjat.

Všechny tyto úvahy vedly nás ke konstrukci zvláštního aparátu, jehož uspořádání schematicky obr. 31. vysvětluje.

Do středu dřevěné trojnožky upevněn jest dutý válec *A*



Obr. 31.

z dobrého dřeva zimostrázového vytočený, který se dá shora závěrem bayonetním snadno vyndati a opět vložiti a upevniti. Dole, kde jest vrtání širší — asi 3 cm v průměru — lze zastrčiti velký mosazný kohout, na způsob kohoutu Senguerdova dvojitě vrtaný, sloužící jednak ku přivádění vody, jednak kyslíčniku uhličitého; nahoře pak, kde jest vrtání užší — asi 1.5 cm v průměru — lze vložiti skleněnou trubici, tenkých stěn, a do této přijde ocelový drát, který se má kaliti. Aby pak drát tento byl vepjat do kruhu galvanického, jest onen válec zimostrázový provrtán na přič směrem k ose; zde prostrčí se ocelový prut *B* a to skrze svorku uvnitř válce již připravenou, do níž byl shora drát ocelový již dříve upevněn; pak teprve nastrčí se trubice skleněná a drát se nahoře zachytí svorkou spojenou se silným perem ocelovým *C*, které se dá na zvláštní postranni tyči ocelové nahoru dolů posínovati jakož i tak řídit, aby drát přišel do osy oné skleněné trubice. Elektrický proud, kterýž ocelovou tyčí *B* vstupuje, prochází drátem a jde od ocelového pera *C* k baterii zpět.

Když vše jest sestaveno a drát napjat, zastrčí se ze spoda Manipulace. zimostrázového válce onen velký mosazný kohout spojený silnou trubicí kaučukovou s vodovodem a slabou trubičkou s přístrojem Kippovým na kyslíčnik uhličitý; kohout jest tak vrtán, že jest otevřen pro plyn, je-li zavřen pro vodu, a že se zavře vedení pro plyn jakmile se otočením kohoutu vpustí voda. Nechá se tedy nejprve vcházeti kyslíčnik uhličitý, který znenáhla naplní dutinu válce *A* a skleněnou trubici, v níž jest drát; na to se spojí elektrický proud; drát se rozžhavi do jasně žlutého žáru, zatím co kyslíčnik uhličitý stále a vydatně proudí. Jakmile žár žádoucího stupně dostoupil, přeruší se proud a rychle se otočí kohout, aby rozžhavený drát proudem vody se ochladil.

Pracovali jsme silným tlakem vodním, aby voda do skleněné roury prudce vrazila a rychle proudila. Tím však vznikla nesnázná jiná. Při otočení kohoutu vodního stříkala voda na rozžhavený

drát prvé než byl tento vlastním proudem vodním zasáhnut. Abychom uchránili homogenitu drátu, užili jsme ještě druhého kohoutu přímo k vodovodu připojeného a to tak, že se otočil nejprve kohout mosazný — při čemž voda až ke kohoutu trubici kaučukovou plnicí se nehnula — a pak teprve, jakmile se byl elektrický proud přerušil, hlavní kohout u vodovodu, — načež voda náhle vyrazivší rychlým proudem drát ještě v plném žáru se nalezající schladila.

Prudkost proudu vody, kterou se rozžhavený drát kalí, jest do jisté výnamy velmi velikého. Při prvním styku vody s rozžhaveným drátem utvoří se okamžitě jakoby obal páry vodní, která drát před působením chladicí vody chrání. Že takový obal vodní páry může účinek podobný způsobiti, jest známo z pokusu Leydenfrostova. Pro kalení drátu jest však prudkost ochlazení rozhodující.²³⁾ Je-li však proud vody velmi prudký, jako tomu bylo při pokusech našich, kde byl průřez vodovodních trubíc daleko značnější než průřez skleněné rourky a kde také tlak vodní byl velmi veliký, pak se ona vrstva páry strhne proudem pryč a voda stále se obnovující přichází s drátem ve styk.

Při velikém žáru, ve kterýž přišel ocelový drát, musili jsme ovšem býti na to připraveni, že skleněná rourka při náhlém ochlazení praskne; jakousi ochranou byl nám ostatně kysličník uhličitý sám, mimo to nenechali jsme drát v žáru déle, než bylo třeba; proto však bylo rourek rezervních v zásobě množství dostatečné.

Rozebírání, čištění a vysušování aparátu a jednotlivých jeho částí po zakalení drátu jednoho a opětné sestavování ke kalení drátu následujícího vyžadovalo ovšem dosti času a práce; ale právě tím osvědčil se aparát náš velmi dobře, že ono rozebírání a sestavování mohlo se díti rychle a pohodlně. Dosáhše

²³⁾ Srovnej Jarolimek-Dingler's Jour. CCXXI. pg. 436. 518. 1876.

ponenáhlu cviku a zkušenosti dovedli jsme za hodinu asi 10 drátů se vši péčí kaliti. Rozdělení práce jakož i zachovávání určitých pravidel bylo nám při tom výhodou. Uváží-li se, že jsme průběhem prací svých kolem 200 drátů ocelových kalili, vysvitne iasně, že i sebe menší úspora práce takovouto multiplikací se stává vydatnou.

Zdrojem proudu byla nám batterie 20 až 30 článků Bunse-
nových, kteréž dilem vedle sebe dilem za sebou byly spojovány tak, aby při jistém druhu drátu byla intensita co největší. Při spojování vedle sebe ukázalo se v několika nahodilých případech, jak dlužno toho šetřiti, aby jednotlivé skupiny článků, jež se pak paralelně spojí, byly rovnomocné i co do počtu i co do síly článků; není-li tomu tak, pak vznikne lokální proud v batterii samé jdoucí uvnitř článků směrem od uhlí k zinku, kterým se uhelné elektrody, jež jsou jinak úplně neproměnné, rozpouští v kaši usazující se na dně nádob.

Zdroj
proudu.

2. Výsledky kalení.

Při velikém počtu drátů, jež jsme kalili, měli jsme dosti příležitosti učiniti mnohé zkušenosti, z nichžto některé, ve způsobu velice zajímavém potvrzují výsledky pokusů provedených již před námi také od autorů jiných. Pokusy tyto hledí k otázce, jak souvisí tvrdost kalené oceli s teplotou žáru a s teplotou náhlého ochlazení. V této příčině našli Jarolimek a Ackermann²⁴⁾, že pro účinek kalení daleko více rozhoduje prudkost prvního schlazení se žáru asi při 600° neb 700° na 300° neb 400°, než schlazení dalšího na př. na 0°; jest tedy možno dosíci dosti značného kalení, když se ocel rozžhavená schladí v lázni kovové asi 400° (Zn, Pb), nechá-li se ovšem v této lázni déle,

Zkušenosti
při kalení
učiněné.

Zkušenosti
autorů jiných

²⁴⁾ Jarolimek & Ackermann: Zeitschrift für das chemische Grossgewerbe 1880. Srovnej k tomu: F. Reiser: Das Härten des Stahles in Theorie und Praxis p. 72. 1881.

Význam
prudkého
proudění
vody.

Výhody
aparátu.

pak se napouští, čímž kalení a napouštění následuje bezprostředně za sebou; zahřeje-li se ocel jen na 300° neb 400° a schladí-li se potom na př. na 0°, zůstane měkkou. Ještě dříve vyšetřoval otázku tuto Chernoff²⁵⁾ a nakreslil zvláštní diagramm, z něhož vysvitá, na jak vysokou teplotu nejméně ocel musí býti zahráta, aby schlazením se kalila; ukazuje se, že tato teplota jest asi při tmavorudém žáru.

Zkušenosti
vlastní.

Také naše pokusy potvrdily tyto výsledky ve způsobu velice zajímavém. Měli jsme na př. sestavenou batterii, ve kteréž články nebyly spojeny nejvýhodnějším způsobem — totiž vzhledem ku průřezu drátů ocelových, jež jsme chtěli kaliti; docílili jsme jen žáru tmavorudého; schladivše pak dráty našli jsme u některých exemplářů, že blíže krajů asi do jedné třetiny zůstaly měkkými, uprostřed však že se staly náhle tvrdými. Okem nepozorovali jsme před tím žádného rozdílu v žáru částí krajních a části střední; jest však pochopitelné, že v blízkosti massivních svorek se teplo drátu odvádí a že zde — zvláště není-li žár velmi prudký — teplota jest poněkud nižší. Jindy zase jsme kalili dráty tenčí (0.125 cm v průměru) a — nechávající batterii nezměněnou — začali jsme kaliti dráty silnější (0.145 cm); u těchto jsme však nedocílili než jen žáru velmi slabého a schladivše dráty našli jsme, že vesměs zůstaly měkkými.

Teplota kritická při rozžhnutí oceli.

Můžeme tudíž také z vlastních pokusů souditi, že ocel, má-li kalením se státi tvrdou, musí při předcházejícím rozžhnutí překročiti jistou teplotu kritickou, kteráž jest v blízkosti tmavě rudého žáru asi při 500°, zde pak kalením nastupuje tvrdost náhle. Máme zde tudíž diskontinuitu mezi teplotou žáru na jedné a stupněm tvrdosti kalením docílené na druhé straně.

Dlužno pak dále konstatovati, že tato diskontinuita stejně se jevila nejen mechanicky, jak se totiž drát dal ohýbati, jak se dal pilovati, jaký měl lom atd. — nýbrž vždy též thermoelek-

tricky vzhledem k mohutnosti thermoelektrické a galvanicky vzhledem k elektrické vodivosti.

Aby jasněji vysvitlo, jakých výsledků jsme kalením docílili, pokud se tyto výsledky jeví thermoelektricky a galvanicky, uvedeme napřed, jaké postavení thermoelektrické vzhledem k stříbru má měkké železo a měkká ocel a jaký mají specifický odpor. Provedli jsme měření u tří drátů železných a u tří drátů ocelových žíhaných. Podrobné výsledky těchto měření uvedeme později na svém místě; zde budtež toliko — k rychlému se orientování — vypsány střední hodnoty.

Mohutnost thermoelektrická a_{θ} (Mikrovolt) měkkého železa, resp. měkké oceli vzhledem ku stříbru jest dána rovnici:

$$a_{\theta} = 10.49 - 0.030 \theta$$

$$a_{\theta} = 9.01 - 0.025 \theta$$

a specifický odpor s ($\frac{cm}{cm^2}$ Mikrohm) pro teplotu t , rovnici:

$$s_t = 12.06 + 0.0044 t$$

$$s_t = 15.12 + 0.0041 t$$

Jak měkké železo, tak měkká ocel jsou tudíž ke stříbru thermoelektricky pozitivními, t. j. na místě zahříváném jde proud od stříbra k železu resp. oceli.

Oproti tomu shledali jsme u drátů ocelových kalených, že byly vesměs ku stříbru elektronegativními. Kalením zmenšuje se tedy mohutnost thermoelektrická tou měrou, že nejen že značné hodnoty pozitivní klesne až na 0, nýbrž že i změní znamení a stane se negativní. Očekávali jsme, že tato negativní hodnota bude u všech kalených drátů asi stejnou, poněvadž všechny dráty — dle udání — byly téhož druhu. Avšak toto očekávání se nesplnilo aspoň ne tak, jak jsme myslili. Znázorňující při velikém počtu drátů výsledky graficky, shledali jsme totiž, že vždy jisté množství vespolek souhlasilo, tvoříc jakoby svou zvláštní skupinu — jiné množství drátů seřadilo se zase ve skupinu jinou — a takových skupin bylo lze rozeznati

Postavení
kalené oceli.

²⁵⁾ Chernoff: Ueber die Structur des Stahls 1868.

několik. Někaký vztah mezi těmito skupinami a mezi rozměry drátů — zejména průměrem, nebylo možno konstatovati, také ne nějaký postup časový, odpovídající snad silnějšímu neb slabšímu proudu, jehož by bylo bývalo k rozžhavení užito. Nezbylo tudíž než příčinu tohoto seskupování hledati v drátech samých, totiž v jich složení chemickém. Draty byly objednány v dobách různých. Dle udání byly ovšem téhož druhu. Avšak z oněch výsledků kalení soudili jsme, že předce mezi jednotlivými budou jisté (byť i malé) rozdíly. Není pochybnosti, že největší stupeň tvrdosti, jehož lze docíliti kalením, závisí na druhu oceli, na chemickém její složení, zejména důležitě jest množství uhlíku v oceli obsažené a zajisté přítomnost též látek jiných.

K věci samé vrátíme se ještě jednou v diskussi obšírnější, ještě na jiných pokusech založené.

Největšího stupně tvrdosti dosáhli jsme u dvou druhů, průměru 0·056 cm a 0·073 cm. Thermoelektrická mohutnost a_{θ} pro $\theta = 0$ dosáhla hodnoty až $-2\cdot8$ Mikrovolt, kdežto jest pro ocel měkkou, jak nahoře uvedeno $= +9\cdot1$ Mikrovolt. Máme zde tudíž velice značnou variaci $= 11\cdot9$ Mikrovolt. Specifický odpor pro $t = 0$ dostoupil hodnoty až 44 Mikrohm, u jiného druhu drátů, užitých k pokusům magnetickým tloušťky 0·15 cm, dokonce až 47·5 Mikrohm, kdežto jest pro ocel měkkou, jak nahoře uvedeno $= 15$ Mikrohm; máme zde tudíž variaci až $= 32\cdot5$ Mikrohm, čili relativně přes $\frac{47\cdot5}{15} = 3$, případ to neobvyčejný, že by odpor jedné a téže látky v různém stavu se zvýšil o více než 300 procent. Vidíme také z těchto čísel, jak citlivou měrou pro tvrdost oceli kalením získanou jest právě mohutnost thermoelektrická jakož i neméně vodivost elektrická.

VI.

Napouštění oceli.

Tvrdost, jakéž nabude ocel kalením a kteráž může býti po případě značně větší než tvrdost skla, dá se v míře libovolné umírniti tak zvaným napouštěním. K cíli tomu se ocel kalená zahřívá, je-li při tom leštěnou a děje-li se — jakož z pravidla tak bývá — zahřívání ve vzduchu, utvoří se na povrchu hlazené oceli velmi tenká vrstva oxydu, kteráž ukazuje interferenční barvy. Těchto barev užívá praxis ku posouzení stupně, až k jakému již napouštění pokročilo. Postup barev těchto udává se jak následuje: jasně žlutá, tmavě žlutá, žlutohnědá, purpurová, fialová, jasně modrá, tmavomodrá,²⁶⁾ tmavoseda. Tímto postupem jest též stupeň tvrdosti oceli — ovšem že jen velice povšechně — označen. Volba barvy napouštěcí závisí na tom, jakému účelu má napuštěná ocel sloužiti. Tak na př. napouštějí se na žluto všechny nástroje kovové, které slouží ku zpracovávání železa neb tvrdých nerostů a mají míti tudíž značnou tvrdost, na modro naproti tomu předměty ocelové, u nichž netřeba značné tvrdosti, za to však velké ohebnosti a pružnosti.²⁷⁾

Aby se napouštění dalo s větší jistotou než jest zahřívání plamenem a posuzování barev napouštěcích, předpisuje praxis jisté lázně kovové; z pravidla jsou to slitiny, jež se k účelu tomu dobře hodí, poněvadž lze jich bod tavení dle poměru

²⁶⁾ F. Reiser udává obráceně: tmavomodrá (jako chrpa), jasněmodrá, sedá...

²⁷⁾ Viz o tom obšírněji v díle již citovaném: F. Reiser pag. 78.

zastoupení kovů do jisté míry libovolně měniti; na př. slitiny olova a cínu.

Programu
původní.

V programu práce naší nebylo původně učiniti napouštění oceli předmětem zvláštního bádání; domnívali jsme se, že v oboru tomto praxis veškeré otázky, jež by vzniknouti mohly, dostatečně dovede zodpovídati, tak že by práce v tomto směru nebyly ani žádoucími ani vděčnými. Naproti tomu zamýšleli jsme provésti řadu pokusů o tom, jak jisté otázky magnetické se stupněm tvrdosti oceli souvisí; k tomu cíli rozhodli jsme se — dle předpisů, jež dosavadní praxis dává — napouštětí své dráty v lázni olejové.

1. Výsledky napouštění v lázni olejové.

Manipulace.

V prostranné nádobě ze železného plechu byl olej lněný znenáhla zahřát na teplotu vysokou, kterouž jsme stanovili teploměry do oleje vnořenými.²⁸⁾ Michání lázně mělo při tom za účel udržovati rovnoměrné prohřátí celého množství oleje. Dráty ocelové kladli jsme pak do lázně na podložku z drátěných sítěk připravenou. Když teplota dostoupila výše asi 300° zastavili jsme topení a položili do lázně prvou partii drátů; pak nechali jsme lázeň znenáhla chladnouti, stále michajíce a vkládali jsme vždy novou a novou partii drátů při teplotě 275°, 250°, 200°, 175° až 150° a nechali je až do úplného schladnutí lázně. Po několika dnech pak vyšetřovali jsme dráty všechny i thermoelektricky i galvanicky.

Výsledek všech těchto měření ukazuje přehledně tabulka následující.

²⁸⁾ Užívajíce při tom obyčejných vzduchoprázdných teploměrů do 360° shledali jsme, že se tyto málo osvědčily; téměř u všech trhal se při vysokých teplotách sloupeček rtuťový, následkem velmi malých bublinek vzduchových, jež vždy více neb méně se na stěny trubičky nachytají, při obyčejných teplotách nikterak neškodíce, při vyšších teplotách však svou expansí souvislost sloupce rtuťového rušíce. Dobré služby konaly naproti tomu teploměry dusíkem naplněné.

Tabulka 7.

Mohutnost thermoelektrická a galvanický odpor ocelových drátů v lázni olejové napuštěných.

Teplota na- pouštěcí °C	Číslo drátu 2ρ cm	t °C	T °C	e pozoro- váno Mikrovolt	e po- čítáno Mikrovolt	a Mikro- volt	b Mikro- volt	$\frac{S_t}{cm^2 t}$ Mikrohm	t °C
I. 330°	Nr. 1. $2\rho = 0.0968$	19.3	88.1	441.8	442.9	7.80	—0.0127	18.96	19"
		19.3	74.0	362.2	361.5				
		19.3	63.3	298.2	297.1				
	Nr. 2. $2\rho = 0.0900$	19.3	50.1	212.5	213.1	8.03	—0.0130	18.49	19"
		19.5	89.5	461.9	462.2				
		19.5	76.2	384.9	384.3				
	Nr. 3. $2\rho = 0.0721$	19.5	62.0	296.1	295.9	6.99	—0.0111	20.54	19
		19.5	54.3	245.7	245.8				
		19.6	89.8	405.2	405.0				
	Nr. 4. $2\rho = 0.0568$	19.7	73.3	319.4	319.1	7.78	—0.0118	20.00	19
		19.6	59.1	240.6	241.4				
		19.7	50.1	189.3	188.8				
	Nr. 5. $2\rho = 0.0345$	18.9	87.9	449.7	450.3	8.52	—0.0130	17.64	19
		18.9	70.3	346.8	346.2				
		18.9	57.4	265.7	265.1				
II. 275°	Nr. 6. $2\rho = 0.0903$	18.9	48.3	205.2	205.6	7.24	—0.0135	20.75	20
		19.7	86.7	478.7	478.9				
		19.7	72.1	384.7	384.3				
	Nr. 7. $2\rho = 0.0558$	19.7	59.4	297.5	297.7	6.15	—0.0097	22.74	19
		19.7	50.6	235.3	235.2				
		20.0	89.2	398.7	398.5				
	Nr. 8. $2\rho = 0.0880$	20.0	78.2	343.7	343.6	6.46	—0.0132	23.20	19
		20.0	64.9	273.1	273.3				
		20.0	50.9	194.1	194.0				
III. 250°	Nr. 9. $2\rho = 0.0720$	20.0	90.1	355.3	356.2	6.96	—0.0124	20.47	19
		20.0	71.9	273.7	272.9				
		20.0	59.7	214.1	213.4				
	Nr. 8. $2\rho = 0.0880$	20.0	48.3	152.9	153.3	6.46	—0.0132	23.20	19
		19.9	88.0	342.9	342.7				
		19.9	74.8	286.3	286.0				
Nr. 9. $2\rho = 0.0720$	19.9	61.6	223.7	224.4	6.96	—0.0124	20.47	19	
	19.9	51.9	176.7	176.3					
	20.0	80.5	346.2	345.7					
Nr. 8. $2\rho = 0.0880$	20.0	65.8	269.7	270.1	6.96	—0.0124	20.47	19	
	20.0	55.3	212.4	212.8					
	20.0	49.9	182.7	182.2					

Teplota na- pouštěcí °C	Číslo drátu 2ϱ cm	t °C	T °C	e pozoro- váno Mikrovolt	e po- čítáno Mikrovolt	a Mikro- volt	b Mikro- volt	$\frac{s_t}{cm^2 t}$ Mikrohm	t °C
IV. 225°	Nr. 10. $2\varrho = 0.0720$	20.0	79.9	216.1	215.9	4.67	-0.0007	25.66	19
		20.0	68.4	180.3	180.4				
		20.0	57.3	133.5	134.0				
		20.0	49.0	144.4	114.1				
	Nr. 11. $2\varrho = 0.0565$	20.1	87.1	266.3	267.2	5.15	-0.0109	24.81	19
		20.1	65.9	194.8	193.1				
		20.1	53.9	146.4	146.9				
		20.1	41.8	97.1	97.2				
	Nr. 12. $2\varrho = 0.0548$	20.1	89.4	344.2	343.4	6.40	-0.0131	22.93	19
		20.1	67.9	249.4	250.3				
		20.1	55.3	190.0	190.2				
		20.1	44.8	137.2	136.9				
	Nr. 13. $2\varrho = 0.0337$	20.1	87.4	377.0	376.9	6.89	-0.0121	20.66	19
		20.1	74.0	310.5	310.7				
		20.1	62.4	249.8	249.6				
		20.1	52.0	192.2	192.3				
	Nr. 14. $2\varrho = 0.0900$	19.9	89.2	205.9	206.8	4.06	-0.0098	27.36	20
		19.9	75.6	175.1	173.7				
		19.9	64.4	143.4	143.7				
		19.9	54.9	116.1	116.3				
	Nr. 15. $2\varrho = 0.0558$	20.1	89.5	198.9	198.9	3.85	-0.0090	28.11	19
		20.1	68.8	148.4	148.9				
		20.1	69.1	123.1	122.5				
		20.1	50.1	96.3	96.5				
V. 220°	Nr. 16. $2\varrho = 0.0974$	18.9	89.8	252.4	252.8	4.67	-0.0102	26.70	19
		18.9	74.3	206.3	206.3				
		18.9	61.1	163.1	162.6				
		18.9	51.7	129.4	129.7				
	Nr. 17. $2\varrho = 0.0882$	18.9	82.5	205.6	205.6	4.26	-0.0102	27.93	19
		19.0	68.8	168.1	167.8				
		18.9	59.8	141.4	141.7				
		19.0	51.9	116.6	116.5				
	Nr. 18. $2\varrho = 0.0723$	19.1	78.8	131.4	131.2	2.79	-0.0060	31.32	19
		19.1	68.2	110.9	111.2				
		19.1	57.8	89.9	90.0				
		19.1	48.7	70.6	70.5				
	Nr. 19. $2\varrho = 0.0560$	18.1	82.0	185.9	186.2	3.83	-0.0091	28.68	19
		18.1	62.8	138.7	138.1				
		18.1	47.8	95.4	95.8				
		18.2	39.8	71.4	71.3				

Teplota na- pouštěcí °C	Číslo drátu 2ϱ cm	t °C	T °C	e pozoro- váno Mikrovolt	e po- čítáno Mikrovolt	a Mikro- volt	b Mikro- volt	$\frac{s_t}{cm^2 t}$ Mikrohm	t °C
VI. 175°	Nr. 20. $2\varrho = 0.0336$	18.3	76.8	272.3	271.5	5.45	-0.0086	24.34	19
		18.3	62.3	208.8	209.8				
		18.3	52.9	168.0	167.7				
		18.3	42.1	117.7	117.6				
	Nr. 21. $2\varrho = 0.0908$	18.8	86.4	182.2	180.9	3.76	-0.0103	29.34	19
		18.8	67.1	136.6	138.8				
		18.8	53.8	106.1	105.4				
		18.8	43.3	76.5	76.3				
	Nr. 22. $2\varrho = 0.0571$	18.8	87.2	173.4	172.9	3.41	-0.0083	30.94	19
		18.9	72.4	141.4	141.7				
		18.8	59.7	112.2	112.6				
		18.9	48.8	85.4	85.0				
VII. 150°	Nr. 23. $2\varrho = 0.0335$	18.5	73.7	174.5	174.4	4.24	-0.0117	27.93	19
		18.5	60.4	138.7	139.0				
		18.5	52.1	114.6	114.7				
		18.5	45.4	94.1	93.9				

K snazšímu přehledu výsledků zde docilených sestavme z předcházejících dat měření vedle sebe konstanty a a s uspořádající tabulku dle hodnot a klesajících. Z tabulky té lze pak souditi, jak dalece jsme dosáhli úmyslu svého, obdržeti totiž dráty, jichž tvrdost by postupně byla menší a menší.

Tabulka 8.

Konstanty a a s drátů v oleji namočených.

Číslo drátu	a Mikro- volt	s_{19-20} Mi- krohm	Teplota napouštěcí °C
5.	8.52	17.64	300
2.	8.03	18.49	300
1.	7.80	18.96	300
4.	7.78	20.00	300
6.	7.24	20.75	275
3.	6.99	20.54	300
9.	6.96	20.47	250
13.	6.89	20.66	250
8.	6.46	23.20	250
12.	6.40	22.93	250
7.	6.15	22.74	275
20.	5.45	24.34	200

Číslo drátu	a Mikro- volt	s_{19-20} Mi- krohm	Teplota napouštěcí °C
11.	5.15	24.81	250
16.	4.67	26.70	200
10.	4.67	25.66	250
17.	4.26	27.93	200
23.	4.24	27.93	150
14.	4.06	27.36	225
15.	3.85	28.11	225
19.	3.83	28.68	200
21.	3.76	29.34	175
22.	3.41	30.94	175
18.	2.79	31.32	200

2. O významu, jakýž má doba působení teploty napouštěcí.

Výsledky pokusů předcházejících byly pro nás v jednom směru překvapujícími. Nejnižší teplota lázně, kterou jsme při napouštění užili, byla asi 150°. Touto teplotou byl pak onen drát (čís. 23.) tak značně napuštěn, že nejen přestal být ku stříbru termoelektricky negativním, nýbrž stal se i značně pozitivním; termoelektrická jeho mohutnost jest dána čísly:

$$a_{\theta} = 4.24 - 0.023 \theta.$$

Nebyli bychom nikdy účinku tak značného se nadáli. Věc tato byla nám také překvapením ne právě vítaným z příčiny následující. Jak z tabulky 7. lze vyčísti, měli jsme při stanovení mohutnosti termoelektrické našich drátů pro teplotu T stupeň velmi vysoký (až 90°), užívající totiž vařící vody a to nejen u drátů již napuštěných, nýbrž též u drátů tvrdých, jak jsme je kalením obdrželi. Nyní však seznávající, jaký značný účinek napouštěcí má teplota 150°, tušili jsme, že také teplota 100° bude již mít účinek dokonce ne nepatrný; to však by znamenalo, že ty z drátů kalených, které jsme již termoelektricky vyšetřovali, a při nichž jsme užívali vody vařící, nemajíce ani pomyšlení, že všechny tyto dráty byly jednostranně napuštěny, t. j. že přestaly být homogenními.

Otázka tato jevila se nám tedy neočekávaně ve zvláštním významu; musili jsme ji rozhodnouti a objasnit přede vším jiným, dříve než bychom cokoli dalšího podnikli.

Vybrali jsme tudíž dva tvrdé dráty No. 24. a 25., které jsme již byli termoelektricky vyšetřili a při nichž jsme obdrželi výsledky následující:

Tabulka 9.

Termoelektrická mohutnost drátů kalených.

Číslo drátu	t °C	T °C	e pozorováno Mikrovolt	e počítáno Mikrovolt	a Mikrovolt	b Mikrovolt
No. 24.	12.5	88.1	— 280.9	— 279.3	— 2.83	— 0.0086
	12.5	78.8	— 237.6	— 239.6		
	12.5	58.1	— 157.2	— 156.7		
	12.6	44.1	— 113.9	— 113.9		
No. 25.	12.3	89.0	— 70.7	— 69.7	+ 0.13	— 0.0103
	12.4	80.1	— 55.2	— 55.4		
	12.4	71.2	— 41.5	— 42.8		
	12.4	59.8	— 29.4	— 28.9		

Jak z čísel a vysvitá, jest první z těchto drátů, No. 24., termoelektricky velmi značně negativní, druhý pak málo pozitivní. Zajímalo nás nyní seznati, jaké změny utrpí oba dráty, když se dají na hodinu do 100stupňové vodní páry. K tomu cíli užívali jsme známého aparátu ku stanovení bodu varu teploměrů. Měřice následujícího dne mohutnost termoelektrickou, obdrželi jsme výsledky následující:

Tabulka 10.

Kalené dráty 1^b ve 100°.

Číslo drátu	t °C	T °C	e pozorováno Mikrovolt	e počítáno Mikrovolt	a Mikrovolt	b Mikrovolt
No. 24. ²⁹⁾	16.9	59.4	— 6.9	— 6.9	+ 0.61	— 0.0102
	16.9	50.7	— 2.5	— 2.5		
	16.9	45.2	— 0.5	— 0.5		
	16.9	39.9	+ 0.8	+ 0.8		
No. 25.	16.9	76.1	103.0	102.9	+ 2.75	— 0.0109
	16.9	65.2	89.3	89.0		
	16.9	54.7	75.0	74.6		
	16.9	46.0	59.9	60.0		

²⁹⁾ Neutrální bod: $(T + t) = -\frac{a}{b} = 60^{\circ}2$; $T = 43^{\circ}3$.

Srovnávající čísla -2.83 a $+0.61$, resp. $+0.13$ a $+2.76$ pro mohutnost a seznáváme, jak veliký vliv mělo působení teploty 100° na tvrdost drátů, a to nejen prvního, který byl termoelektricky tak značně negativní, nýbrž neméně i druhého. Tušení naše se tudíž potvrdilo. Teplota 100° má na kalené dráty vliv velice značný, nesmí se tudíž při zkoumání jich postavení termoelektrického dokonce užívatí vody varicí a dráty, při nichž jsme tak učinili, nesmí pro další pokusy býti podrženy, poněvadž se tím pokazila jich homogenita, na niž jsme vždy kladli tak velkou váhu. V skutku jsme byli nuceni takto celou řadu drátů velmi dobrých vyloučiti.

Měli jsme však za to, že nyní, kdy dráty celou hodinu byly v páře 100° , všeliké další působení teploty 100° přestane. Chtějice se však o tom přesvědčiti, vložili jsme dráty ještě na hodinu do 100° páry a vyšetřovali pak znovu. Výsledek měření byl následující:

Tabulka 11.

Kalené dráty 2^h ve 100° .

Číslo drátu	t °C	T °C	e pozorováno Mikrovolt	e počítáno Mikrovolt	a Mikrovolt	b Mikrovolt
No. 24. ³⁰⁾	17.4	73.8	14.2	15.2	1.26	—0.0110
	17.4	64.7	18.4	17.4		
	17.4	56.1	18.3	17.8		
	17.3	49.3	16.2	16.7		
No. 25.	17.3	71.1	125.6	124.9	3.64	—0.0150
	17.3	61.6	109.3	109.2		
	17.4	53.4	91.6	93.2		
	17.4	46.7	79.4	78.7		

³⁰⁾ Maximum při $T = -\frac{1}{2} \frac{a}{b} = 57.8$; pozorováno $y = 18.5$; počítáno $y = 17.8$.

Proti očekávání našemu ukazují výsledky další změnu veličiny a v témže smyslu, změnu sice menší než ponejprv, ale přece velmi značnou. Tím však vystupuje při napouštění nový faktor, jehož dosud nedbáno, totiž vedle teploty napouštěcí ještě také doba, po kterou tato teplota působí. Tímto objevem nastala v plánu našich prací změna; viděli jsme, že jest žádoucí význam tohoto nového faktoru podrobně vyšetřiti; pokračovali jsme tedy především v pokusech s dráty dosavadními, kladouce je ještě na další hodinu do páry 100° , a tak ještě čtyřikrát po sobě. Výsledky měření, jak jsme je postupně prováděli, jsou následující:

Tabulka 12.

Kalené dráty 3^h ve 100° .

Číslo drátu	t °C	T °C	e pozorováno Mikrovolt	e počítáno Mikrovolt	a Mikrovolt	b Mikrovolt
No. 24.	17.5	74.1	32.9	32.7	1.61	—0.0111
	17.5	62.0	31.6	31.8		
	17.5	54.2	29.4	29.4		
	17.5	48.6	27.0	26.9		
No. 25.	17.5	74.3	149.9	149.7	3.55	—0.0100
	17.5	62.7	124.2	124.5		
	17.5	53.8	103.3	103.3		
	17.5	49.2	92.6	92.6		

Tabulka 13.

Kalené dráty 4^h ve 100° .

Číslo drátu	t °C	T °C	e pozorováno Mikrovolt	e počítáno Mikrovolt	a Mikrovolt	b Mikrovolt
Nr. 24.	17.7	86.4	48.4	48.7	1.76	—0.0101
	17.7	77.5	48.0	47.7		
	17.7	66.4	44.4	44.5		
	17.7	54.7	37.9	37.9		
Nr. 25.	17.7	87.4	188.6	188.7	3.77	—0.0102
	17.7	76.1	166.0	164.8		
	17.7	67.7	144.7	145.3		
	17.7	56.5	117.7	118.2		

Tabulka 14.
Kalené dráty 5^h ve 100°.

Číslo drátu	t °C	T °C	e pozorováno Mikrovolt	e počítáno Mikrovolt	a Mikrovolt	b Mikrovolt
Nr. 24.	17·0	71·6	56·0	56·2	1·70	—0·0075
	17·0	58·4	47·7	46·8		
	17·0	44·5	31·6	34·0		
	17·0	34·5	23·3	12·8		
Nr. 25.	17·0	75·0	166·1	166·5	3·90	—0·0111
	17·1	62·1	136·3	135·8		
	17·1	53·6	113·3	113·6		
	17·7	47·0	95·2	95·4		

Tabulka 15.

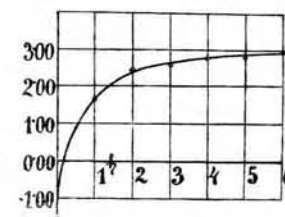
Kalené dráty 6^h ve 100°.

Číslo drátu	t °C	T °C	e pozorováno Mikrovolt	e počítáno Mikrovolt	a Mikrovolt	b Mikrovolt
Nr. 24.	17·5	82·6	63·7	64·1	1·92	—0·0093
	17·5	57·1	48·3	48·3		
	17·5	40·7	31·9	32·9		
	17·5	33·9	23·0	23·6		
Nr. 25.	17·4	72·0	162·8	163·2	4·02	—0·0115
	17·4	48·7	101·8	101·9		
	17·4	36·3	64·8	64·2		
	17·4	27·5	35·1	35·5		

Ku snazšímu přehledu sestavme veličiny a jak postupně účinkem teploty 100° po jistou dobu se jeví:

	0 ^h	1 ^h	2 ^h	3 ^h	4 ^h	5 ^h	6 ^h
Drát číslo 24 . . .	$a = -2·83$	$+0·61$	$1·26$	$1·61$	$1·76$	$1·70$	$1·92$
„ 25 . . .	$a = +0·13$	$2·75$	$3·64$	$3·55$	$3·77$	$3·90$	$4·02$

Aby pak ještě lépe tento postup vynikl, nakresleme dobu působení teploty 100° za úsečku a střed hodnot a pro oba dráty za poradnici, jednotlivé body tak obdržené naznačují průběh křivky jež, z počátku prudce, později vždy více povolně stoupá, tak že konečně k jakési hodnotě krajní asymptoticky blížiti se zdá. (Viz obr. 32.)



Obr. 32.

V postupu hodnot a jeví se sice některé nepravidelnosti, kteréž však se snadno vysvětlí. U drátu Nr. 24. jest hodnota $a = 1·70$ malou, u drátu pak Nr. 25 hodnota $a = 3·64$ velkou; všimněme si však, že také hodnota b jest u týchž drátů současně poněkud malou resp. velkou; jak totiž z tabulek 10—15 vysvitá, mění se hodnota b velmi málo — zůstávajíc asi —0·01; ve vytčených případech dostáváme však —0·0075, tedy hodnotu (číslně) malou, resp. —0·0150 t. j. hodnotu (číslně) velkou. Tím se prozrazuje, že hodnota a počtem nevypadla správně — následkem chyb pozorovacích — že však chyba veličiny a jest kompenzována souhlasnou chybou negativní veličiny b , jejížto vliv — ačkoliv je číselně malou — není nikterak nepatrný, poněvadž přichází násobena velkým číslem ($T + t$). Tím se stává, že veličina e vychází pak přece počtem a pozorováním v dosti dobrém souhlasu. Zmíněné nepravidelnosti nejen že tedy onomu pravidelnému postupu nejsou na závalu, nýbrž naopak jej potvrzují.

Výsledek předběžných těchto pokusů byl nám pohnutkou otázkou napouštění kalené oceli věnovati pozornost zvláštní a pracovati ji systematicky a to nejen vzhledem ku mohutnosti thermoelektrické, nýbrž též ku vodivosti elektrické. Abychom pak zkoušeli, při jaké teplotě již vliv napouštění na tvrdou ocel počíná, ustanovili jsme se na tom začítí teplotou ještě nižší, než mají páry vařící se vody; zvolili jsme páry vařícího se methylalkoholu (66°); vedle toho podrželi jsme páry vařící vody (100°); dále jsme experimentovali s parami vařícího se anilinu (185°) a konečně s lázni olověnou (330°). Pokaždé provedli jsme pokusy na třech drátech různého průměru, různé počáteční tvrdosti, jak se jeví thermoelektricky a galvanicky.

Výsledky všech těchto systematických měření jsou, jak následuje:

3. Výsledky

nabyté napouštěním kalených drátů ocelových
v parách methylalkoholu. (66°).

Ku pokusům užito:

drátu Nr. 28. průměru $2\varrho = 0.0827$ cm

„ „ 29. „ „ $2\varrho = 0.0631$ „

„ „ 30. „ „ $2\varrho = 0.0479$ „

Dráty byly v páře nejprve jednu hodinu, pak opět jednu a konečně ještě jednu, celkem 3 hodiny.

Tabulka 16.

Průběh napouštění při 66° .
(Drát Nr. 28. $2\varrho = 0.0827$ cm.)

	t $^{\circ}\text{C}$	T $^{\circ}\text{C}$	e pozoro- váno Mikrovolt	e po- čítáno Mikrovolt	a Mikro- volt	b Mikro- volt	$\frac{S_t}{cm^2 t}$ Mikrohm	t $^{\circ}\text{C}$
Drát tvrdý	18.7	54.8	—100.3	—99.9	—2.56	—0.0064	42.64	18
	18.7	48.9	—90.7	—90.4				
	18.7	43.4	—72.1	—73.1				
	18.7	35.6	—49.5	—49.2				
1 ^h v páře methyl- alkoholu $t = 66.0^{\circ}$	18.1	58.2	—103.3	—102.7	—1.94	—0.0111	42.55	18
	18.1	52.4	—93.2	—93.7				
	18.1	47.9	—79.2	—79.8				
	18.1	42.0	—62.9	—62.6				
eště 1 ^h v páře me- thylalkoholu $t = 66.0^{\circ}$	18.3	58.5	—96.8	—96.4	—1.81	—0.0107	42.45	19
	18.4	49.4	—78.5	—78.7				
	18.3	42.9	—60.1	—60.8				
	18.4	38.7	—49.7	—49.2				
Ještě 1 ^h v páře me- thylalkoholu $t = 66.0_0$	20.0	60.6	—95.6	—94.7	—1.58	—0.0122	42.55	19
	20.0	51.5	—76.7	—77.4				
	20.0	46.4	—62.5	—63.2				
	20.0	39.4	—45.3	—44.8				

Tabulka 17.

Průběh napouštění při 66° .
(Drát Nr. 29. $2\varrho = 0.0631$ cm.)

	t $^{\circ}\text{C}$	T $^{\circ}\text{C}$	e pozoro- váno Mikrovolt	e po- čítáno Mikrovolt	a Mikro- volt	b Mikro- volt	$\frac{S_t}{cm^2 t}$ Mikrohm	t $^{\circ}\text{C}$
Drát tvrdý	18.7	50.4	—69.6	—69.7	—1.90	—0.0044	42.08	18
	18.8	44.5	—56.4	—55.9				
	18.7	38.8	—42.9	—43.2				
	18.8	34.8	—34.3	—34.2				

	t °C	T °C	e pozoro- váno Mikrovolt	e po- čítáno Mikrovolt	a Mikro- volt	b Mikro- volt	$\frac{s_t}{cm^2 t}$ Mikrohm	t °C
1 ^h v páře methyl- alkoholu $t = 66.0^\circ$	18.2	57.7	— 70.4	— 70.2	— 1.25	— 0.0076	41.70	18
	18.2	51.7	— 57.9	— 58.1				
	18.2	45.8	— 46.7	— 46.7				
	18.2	40.4	— 37.8	— 37.8				
Další 1 ^h v páře me- thylalkoholu $t = 66.0^\circ$	18.5	57.2	— 63.6	— 63.9	— 0.91	— 0.0098	41.52	19
	18.5	49.4	— 48.7	— 48.6				
	18.5	43.9	— 38.5	— 38.7				
	18.5	40.1	— 32.4	— 32.4				
Ještě 1 ^h v páře me- thylalkoholu $t = 66.0^\circ$	19.9	61.4	— 62.4	— 62.0	— 0.70	— 0.0098	41.42	19
	19.9	53.2	— 46.9	— 47.1				
	19.9	45.3	— 33.4	— 34.0				
	19.9	41.1	— 28.0	— 27.5				

Tabulka 18.

Průběh napouštění při 66° .
(Drát No. 30. $2\varrho = 0.00479$ cm.)

	t °C	T °C	e pozoro- váno Mikrovolt	e poči- táno Mikrovolt	a Mikrovolt	b Mikrovolt	$\frac{s_t}{cm^2 t}$ Mikrohm	t °C
drát tvrdý	18.7	54.2	— 33.5	— 32.9	— 0.42	— 0.0071	37.08	18
	18.7	45.3	— 22.3	— 22.9				
	18.7	40.2	— 17.5	— 17.8				
	18.7	34.4	— 12.6	— 12.4				
1 ^h v páře me- thylalkoholu $t = 66.0^\circ$	17.8	56.9	— 20.9	— 20.9	— 0.01	— 0.0070	36.80	18
	20.1	45.1	— 11.7	— 11.7				
ještě 1 ^h v páře methylalko- holu $t = 66.0^\circ$	19.2	59.1	— 10.5	— 10.3	+ 0.30	— 0.0074	36.51	18
	19.2	54.5	— 7.9	— 7.9				
	19.2	49.0	— 5.4	— 5.5				
	19.2	42.6	— 3.1	— 3.2				
	19.2	38.4	— 2.3	— 2.1				
ještě 1 ^h v páře methylalko- holu $t = 66.0^\circ$ ³¹⁾	19.8	54.6	— 0.3	— 0.2	+ 0.47	— 0.0065	36.42	19
	19.9	49.7	+ 0.8	+ 0.8				
	19.8	45.0	1.5	1.4				
	19.9	38.2	1.8	1.8				

³¹⁾ Neutrální bod: $(T = t) = -\frac{a}{b} = 72.5$; $T = 52.7$.

4. Výsledky nabyté napouštěním kalených drátů ocelových v parách vodních 100° .

K pokusu užito:

drátu No. 31. průměru $2\varrho = 0.0839$ cm.,

„ No. 32. „ $2\varrho = 0.0616$ cm.,

„ No. 33. „ $2\varrho = 0.0491$ cm.

Poněvadž se pokusy předběžnými (s dráty No. 24. a 25.) ukázalo, že vliv teploty 100° za 1^h jest již velmi veliký, nechali jsme tyto dráty v páře 100° nejprve jen 10^m, pak dalších 20^m a opět ještě 30^m, potom dále ještě jednu hodinu a konečně ještě jednu hodinu.

Tabulka 19.

Průběh napouštění při 100° .
(Drát No. 31. $2\varrho = 0.0839$.)

	t °C	T °C	e pozoro- váno Mikrovolt	e poči- táno Mikrovolt	a Mikrovolt	b Mikrovolt	$\frac{s_t}{cm^2 t}$ Mikrohm	t °C
Tvrdý drát	22.5	55.2	— 62.1	— 62.4	— 1.20	— 0.0093	40.47	21
	22.5	51.3	— 54.2	— 53.9				
	22.4	44.9	— 41.0	— 40.9				
	22.4	39.6	— 30.3	— 30.4				
10 ^m v páře 100°	19.7	61.0	— 33.5	— 33.2	— 0.08	— 0.0090	39.05	20
	19.7	55.4	— 26.6	— 26.9				
	19.7	48.7	— 20.2	— 20.2				
	19.7	42.9	— 15.0	— 15.0				
20 ^m dalších v páře 100°	18.5	76.0	— 17.7	— 17.0	+ 0.55	— 0.0090	37.64	19
	18.5	65.7	— 9.4	— 9.5				
	18.5	49.4	— 0.9	— 1.8				
	18.5	37.5	+ 0.6	+ 0.9				
30 ^m dalších v páře 100°	18.1	63.5	+ 12.2	+ 12.4	0.86	— 0.0072	36.33	19
	18.1	56.9	12.6	12.5				
	18.1	50.0	11.8	11.8				
	18.1	44.5	10.7	10.7				

	t °C	T °C	e pozor- ováno Mikrovolt	e poči- táno Mikrovolt	a Mikrovolt	b Mikrovolt	$\frac{s_t}{cm^2 t^0}$ Mikrohm	t °C
1 ^h další v páře 100°	18·2	72·4	33·0	32·9	1·55	— 0·0104	35·38	18
	18·2	58·8	30·4	30·4				
	18·3	51·0	27·0	27·1				
	18·3	45·4	24·2	24·1				
1 ^h další v páře 100°	19·2	71·4	45·7	45·5	1·81	— 0·0103	34·72	18
	19·3	61·4	41·0	41·0				
	19·2	55·2	37·1	37·4				
	19·3	47·2	31·4	31·2				

Tabulka 20.

Průběh napouštění při 100°. (Drát No. 32. $2\varrho = 0·0616$ cm.)

	t °C	T °C	e pozor- ováno Mikrovolt	e poči- táno Mikrovolt	a Mikrovolt	b Mikrovolt	$\frac{s_t}{cm^2 t^0}$ Mikrohm	t °C
Drát tvrdý	20·7	50·7	— 65·9	— 65·9	— 1·44	— 0·0106	41·42	21
	20·7	46·0	— 54·5	— 54·4				
	20·7	41·9	— 43·7	— 44·8				
10 ^m v páře 100°	19·2	56·7	— 26·9	— 26·6	— 0·39	— 0·0042	39·53	20
	19·3	53·4	— 23·5	— 23·8				
	19·2	44·7	— 16·8	— 16·8				
	19·3	40·4	— 13·7	— 13·6				
20 ^m dalsích v páře 100° ³²⁾	18·5	70·1	7·5	7·5	0·80	— 0·0075	38·02	19
	18·5	63·6	9·0	8·8				
	18·6	56·0	9·4	9·4				
	18·6	44·8	8·8	8·8				
30 ^m dalsích v páře 100°	18·0	59·1	29·1	29·4	1·39	— 0·0086	36·33	19
	18·0	49·6	26·0	25·3				
	18·0	44·7	22·5	22·5				
	18·0	41·4	20·1	20·3				
1 ^h další v páře 100°	17·7	55·7	51·9	51·9	2·01	— 0·0089	35·19	18
	17·7	49·5	45·1	45·1				
	17·7	41·8	35·7	35·9				
1 ^h další v páře 100	17·7	36·4	28·8	28·7	2·26	— 0·0080	34·34	18
	19·2	67·3	75·4	75·4				
	19·3	58·9	65·0	64·8				
	19·2	52·0	55·6	55·6				
	19·2	45·8	46·3	46·3				

³²⁾ Maximum při $T = -\frac{1}{2} \frac{a}{b} = 53°1$.

Tabulka 21.

Průběh napouštění při 100°.

(Drát No. 33. $2\varrho = 0·00491$ cm.)

	t °C	T °C	e pozor- ováno Mikrovolt	e poči- táno Mikrovolt	a Mikrovolt	b Mikrovolt	$\frac{s_t}{cm^2 t^0}$ Mikrohm	t °C
Drát tvrdý	20·5	57·0	— 37·9	— 38·1	— 0·07	— 0·0122	36·98	21
	20·6	52·3	— 30·7	— 30·6				
	20·6	45·9	— 22·6	— 22·4				
	20·6	41·2	— 17·0	— 17·1				
10 ^m v páře 100°	19·2	58·6	15·1	15·0	0·97	— 0·0076	35·00	20
	19·2	51·7	14·2	14·2				
	19·2	44·4	12·4	12·4				
	19·2	37·8	10·0	10·0				
20 ^m dalsích v páře 100°	18·4	53·2	36·1	36·4	1·50	— 0·0062	33·58	19
	18·4	44·7	29·4	29·0				
	18·4	37·5	22·1	21·8				
	18·4	32·5	16·3	16·6				
30 ^m dalsích v páře 100°	18·0	56·3	63·2	63·4	2·25	— 0·0079	32·26	19
	18·1	47·8	51·7	51·0				
	18·0	41·9	41·8	42·3				
	18·1	32·0	25·6	25·7				
1 ^h další v páře 100°	18·0	66·1	88·1	89·3	2·67	— 0·0097	31·22	18
	18·0	58·6	79·5	78·3				
	18·0	51·4	67·0	66·8				
	18·0	42·1	50·0	50·4				
1 ^h další v páře 100°	19·3	67·3	107·1	107·0	3·00	— 0·0090	30·67	18
	19·3	58·1	89·5	89·7				
	19·3	50·2	73·7	73·7				
	19·3	40·8	52·1	52·1				

5. Výsledky nabyté napouštěním kalených drátů
ocelových v parách anilinu 185°.

K pokusům užito:

drátu No. 34. průměru $2\varrho = 0·0835$ cm.„ No. 35. „ $2\varrho = 0·0627$ „„ No. 36. „ $2\varrho = 0·0481$ „

Plán pokusu byl týž jako při páře vodní 100stupňové.

Tabulka 22.

Průběh napouštění při 185°.

(Drát No. 34. $2\varrho = 0.0835$ cm.)

	t °C	T °C	e pozo- rováno Mikrovolt	e poči- táno Mikrovolt	a Mikrovolt	b Mikrovolt	$\frac{s_t}{cm^2}$ t° Mikrohm	t °C
Tvrký drát	22.1	59.2	— 57.3	— 56.9	— 0.83	— 0.0087	39.34	21
	22.1	51.1	— 42.2	— 42.5				
	22.1	44.2	— 31.3	— 31.3				
	22.0	39.5	— 23.9	— 23.8				
10 ^m v parách anilinu 185°	19.5	71.0	141.4	142.3	3.59	— 0.0090	29.25	20
	19.5	62.8	123.5	122.8				
	19.5	52.8	98.1	97.5				
	19.5	43.6	72.2	72.6				
20 ^m dalších v parách ani- linu 185°	18.7	77.5	269.4	270.0	4.10	— 0.0116	28.02	19
	18.7	59.8	132.1	131.2				
	18.7	49.7	102.5	102.7				
	18.7	42.9	81.7	82.0				
30 ^m dalších v parách ani- linu 185°	18.2	71.0	171.7	172.1	4.33	— 0.0121	27.17	19
	18.2	65.1	156.8	156.2				
	18.2	56.9	132.5	132.7				
	18.2	45.9	98.6	98.6				
1 ^h další v pa- rách anilinu 185°	18.2	76.9	205.4	205.2	4.61	— 0.0118	26.32	18
	18.2	68.2	189.5	189.9				
	18.2	61.1	157.9	158.1				
	18.2	52.5	129.8	129.7				
1 ^h další v pa- rách anilinu 185°	19.3	88.5	245.3	245.4	4.84	— 0.0121	25.85	18
	19.3	74.3	204.3	204.5				
	19.3	65.9	178.2	177.9				
	19.3	58.4	152.6	152.8				

Tabulka 23.

Průběh napouštění při 185°.

(Drát No. 35. $2\varrho = 0.0627$ cm.)

	t °C	T °C	e pozo- rováno Mikrovolt	e poči- táno Mikrovolt	a Mikrovolt	b Mikrovolt	$\frac{s_t}{cm^2}$ t° Mikrohm	t °C
Tvrký drát	22.1	56.5	— 84.7	— 84.6	— 1.97	— 0.0059	42.45	21
	22.2	50.4	— 68.0	— 68.4				
	22.1	44.4	— 53.8	— 53.4				
	22.1	39.1	— 40.2	— 40.2				
10 ^m v parách anilinu při 185°	19.8	65.0	153.1	153.2	4.22	— 0.0097	28.58	20
	19.9	57.0	129.2	129.7				
	19.9	49.2	103.2	103.8				
	19.9	42.6	82.1	81.9				
20 ^m dalších v parách ani- linu 185°	18.5	75.6	207.8	208.1	4.75	— 0.0118	27.26	19
	18.5	66.6	181.2	180.8				
	18.6	56.2	145.3	145.5				
	18.6	45.7	108.2	107.8				
30 ^m dalších v parách ani- linu 185°	18.1	72.7	218.9	218.9	5.18	— 0.0128	26.04	19
	18.1	63.2	186.1	186.3				
	18.1	56.0	160.4	160.4				
	18.1	48.0	129.4	129.4				
1 ^h další v pa- rách anilinu 185°	18.3	69.4	222.6	222.3	5.42	— 0.0122	25.29	18
	18.3	62.6	196.2	196.4				
	18.3	55.4	168.2	168.6				
	18.3	45.3	125.6	125.4				
1 ^h další v pa- rách anilinu 185°	19.2	73.5	245.2	245.0	5.64	— 0.0122	24.72	18
	19.3	66.2	215.5	215.8				
	19.2	57.6	180.6	180.7				
	19.3	48.7	141.5	141.4				

Tabulka 24.

Průběh napouštění při 185°

(Drát No. 36. $2\varrho = 0.0481$ cm.)

	t °C	T °C	e pozoro- váno Mikrovolt	e po- čítáno Mikrovolt	a Mikro- volt	b Mikro- volt	$\frac{s_t}{cm^2 t}$ Mikrohm	t °C
Drát tvrdý	20.3	51.2	— 27.9	— 27.9	— 0.05	— 0.0121	37.17	21
	20.4	46.6	— 22.2	— 22.2				
	20.3	41.8	— 17.1	— 17.0				
	20.4	38.6	— 13.7	— 13.8				
10 ^m v parách ani- linu 185°	19.2	71.8	206.9	207.1	4.76	— 0.0091	25.85	20
	19.2	63.7	179.3	178.7				
	19.2	57.4	155.2	155.5				
	19.2	49.4	125.1	125.0				
20 ^m dalsích v pa- rách anilinu 185°	18.5	78.5	248.5	248.3	5.26	— 0.0115	24.91	19
	18.5	64.3	196.8	197.1				
	18.5	54.9	160.9	160.5				
	18.5	45.2	120.7	120.8				
30 ^m dalsích v pa- rách anilinu 185°	17.8	78.8	260.5	260.3	5.50	— 0.0125	24.15	19
	17.9	65.2	211.5	210.8				
	17.9	55.5	172.6	172.0				
	17.9	44.7	125.9	126.2				
1 ^h dalsí v parách anilinu 185°	17.9	72.0	244.7	246.1	5.50	— 0.0106	23.58	18
	17.9	64.7	217.8	216.3				
	17.9	53.8	170.3	169.6				
	17.9	46.5	137.4	137.1				
1 ^h dalsí v parách anilinu 185°	19.2	68.3	232.7	232.5	5.74	— 0.0114	23.12	18
	19.3	58.0	188.0	187.6				
	19.2	52.6	163.2	164.1				
	19.3	44.7	127.3	126.9				

6. Výsledky nabyté napouštěním kalených drátů ocelových v lázni olověné 330°.

K pokusům užito:

drátu Nr. 37. průměru $2\varrho = 0.0820$ cm." " 38. " $2\varrho = 0.0616$ cm." " 39. " $2\varrho = 0.0483$ cm.

Poněvadž se dle pokusů předcházejících dalo očekávat, že zde, při teplotě tak vysoké, napouštění již v prvních málo minutách bude velmi účinné, nechali jsme dráty v lázni nejprve jen 1^m pak dalsích 30^m a konečně ještě 1 hodinu.

Tabulka 25.

Průběh napouštění při 330°.

Drát Nr. 37. $2\varrho = 0.0820$ cm.

	t °C	T °C	e pozoro- váno Mikrovolt	e po- čítáno Mikrovolt	a Mikro- volt	b Mikro- volt	$\frac{s_t}{cm^2 t}$ Mikrohm	t °C
Tvrdý drát	18.7	56.1	— 24.8	— 24.8	0.00	— 0.0089	36.51	18
	18.8	52.7	— 21.5	— 21.5				
	18.8	51.8	— 20.6	— 20.6				
1 ^m v lázni olověné 330°	17.8	77.5	389.8	389.8	7.74	— 0.0126	18.96	18
	17.8	67.5	330.8	330.8				
	17.8	59.2	280.0	279.9				
	17.8	46.9	201.2	201.2				
30 ^m dalsích v lázni olověné 330°	18.5	86.7	449.1	449.1	7.77	— 0.0113	18.78	19
	18.5	75.2	380.6	380.8				
	18.5	62.3	300.3	300.5				
	18.5	50.7	225.2	225.1				
1 ^h dalsí v lázni olověné 330°	18.9	69.0	347.1	345.8	7.71	— 0.0098	18.78	19
	18.9	57.2	266.7	268.5				
	18.9	47.6	204.5	203.8				
	18.9	39.4	147.2	147.0				

Tabulka 26.

Průběh napouštění při 330°.
(Drát Nr. 38. $2\varrho = 0.0616$ cm.)

	t °C	T °C	e pozoro- váno Mikrovolt	e po- čítáno Mikrovolt	a Mikro- volt	b Mikro- volt	$\frac{s_t}{cm^2 t}$ Mikrohm	t °C
Tvrď drát	18.8	50.2	— 57.7	— 57.3				
	18.8	44.8	— 45.9	— 46.1				
	18.8	39.6	— 35.7	— 36.0	— 1.19	— 0.0093	40.38	18
	18.8	34.8	— 27.1	— 26.9				
1 ^m v lázni olověné 330°	17.6	67.6	401.5	401.5				
	17.7	61.3	353.2	353.1				
	17.7	53.1	299.8	299.8	8.96	— 0.0111	17.55	18
	17.6	42.7	208.3	208.4				
30 ^m dalších v lázni olověné 330°	18.8	87.8	547.0	547.0				
	18.9	73.4	441.3	441.7				
	18.9	63.7	379.4	378.4	9.24	— 0.0124	17.36	19
	18.9	50.3	263.1	263.3				
1 ^h další v lázni olověné 330°	19.1	84.4	520.4	520.1				
	19.1	63.3	364.9	364.9				
	19.1	50.1	261.0	261.5	9.39	— 0.0138	17.27	19
	19.1	41.7	193.6	193.2				

Tabulka 27.

Průběh napouštění při 330°.
(Drát Nr. 39. $2\varrho = 0.0483$ cm.)

	t °C	T °C	e pozoro- váno Mikrovolt	e po- čítáno Mikrovolt	a Mikro- volt	b Mikro- volt	$\frac{s_t}{cm^2 t}$ Mikrohm	t °C
Tvrď drát	18.0	53.8	— 25.4	— 25.4				
	18.1	50.7	— 22.1	— 22.1	0.08	— 0.0110	36.04	18
	18.1	48.1	— 19.5	— 19.4				

	t °C	T °C	e pozoro- váno Mikrovolt	e po- čítáno Mikrovolt	a Mikro- volt	b Mikro- volt	$\frac{s_t}{cm^2 t}$ Mikrohm	t °C
1 ^m v lázni olověné 330°	17.5	56.6	264.7	264.6				
	17.5	51.7	233.5	233.4				
	17.5	45.8	194.3	194.8	7.61	— 0.0114	18.30	18
	17.5	39.6	154.0	153.7				
30 ^m dalších v lázni olověné 330°	19.1	85.6	437.2	437.2				
	19.1	72.9	361.0	361.5				
	19.1	61.9	293.7	292.9	7.76	— 0.0113	18.11	19
	19.1	50.4	218.0	218.2				
1 ^h další v lázni olověné 330°	19.0	82.5	421.8	421.7				
	19.0	66.7	325.5	325.4				
	19.0	57.8	268.7	268.7	7.80	— 0.0115	18.02	19
	19.0	49.5	214.2	214.2				

7. Všeobecný rozbor výsledků napouštěním do- cilených.

Na základě pokusů v předcházejících oddílech popsanych, můžeme nyní již přikročit bližší k otázkám napouštění kalene oceli se týkajícím. Abychom především výsledky pokusů předcházejících jasněji přehledli, spojme jednotlivé hodnoty veličiny thermoelektrické a , jak jsme je vždy pro tři dráty obdrželi, v jedinou hodnotu střední a nakresleme pak diagram, nanášejíce dobu působení jednotlivých teplot za úsečku a hodnotu thermoelektrické konstanty a za pořadnici. (Obr. 33.) Počítáním hodnot středních vyloučíme aneb aspoň umenšíme chyby pozorovací, grafickým pak znázorněním obdržíme přehledný obraz průběhu napouštění při jednotlivých teplotách. Počet vede k výsledkům následujícím:

Přehled
výsledků

Tabulka 28.

Výsledky střední.

I. Při napouštění v parách methyalkoholu (66°).

Doba působení	0 ^h	1 ^h	2 ^h	3 ^h
$\alpha =$	-1.62	-1.07	-0.80	-0.60

II. Při napouštění v parách vodních (100°).

Doba působení	0 ^h	$\frac{1}{6}$ h	$\frac{1}{2}$ h	1 ^h	2 ^h	3 ^h
$\alpha =$	-0.91	-0.17	-0.95	1.50	2.08	2.36

III. Při napouštění v parách anilinu (185°).

Doba působení	0 ^h	$\frac{1}{6}$ h	$\frac{1}{2}$ h	1 ^h	2 ^h	3 ^h
$\alpha =$	-0.95	4.19	4.71	5.00	5.18	5.40

IV. Při napouštění v lázni olověné (330°).

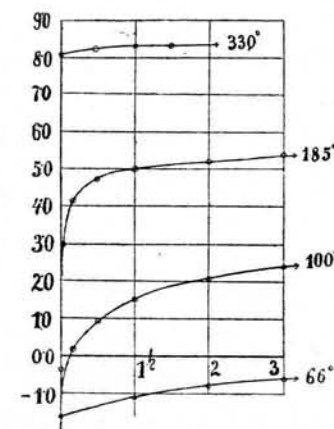
Doba působení	0 ^h	$\frac{1}{60}$ h	$\frac{1}{2}$ h	$\frac{2}{3}$ h
$\alpha =$	-0.37	8.11	8.26	8.30

Na základě těchto středních hodnot nakreslen pak obr. 33 (Viz str. 89.)

Z výsledků těchto soudíme, jak následuje:

Stupeň tvrdosti, kteréhož docílíme, napouštějící kalenou ocel při určité teplotě, závisí netoliko na výši této teploty, nýbrž též na době, po jakou tato teplota působí. Vliv této doby jeví se zvláště při napouštěcích teplotách nižších a umenšuje se znenáhla, když volíme napouštěcí teploty vyšší, tak že u velmi vysokých teplot již ustupuje v pozadí. Jinak klesá působením

každé teploty tvrdost kalené oceli z počátku rychle — tím rychleji, čím jest tato teplota vyšší — při teplotách velmi vysokých ($> 200^\circ$) prudce a náhle — v dalším však trvání volněji a volněji, tak totiž, že při napouštění dostatečně dlouhém ustálí se tvrdost oceli na jisté hodnotě krajní, jež jest pro onu teplotu význačnou. Čím vyšší jest teplota napouštěcí, tím dříve dosáhne se této hodnoty krajní. Lze tudíž v tomto smyslu mluvit o krajní (maximální) hodnotě permanentní tvrdosti při teplotě t , kteréhožto výrazu pro krátkost v následujícím častěji budem užívat.



Obr. 33.

Pozoruhodno jest zvláště, jak silně lze kalenou ocel napouštět i při teplotě poměrně málo vysoké, jestliže jen tato teplota dosti dlouho na ocel působí. Patrně není zde bez vlivu i teplota, kteráž jest ještě značně nižší, než jest nejnižší teplota (66°) při pokusech předcházejících užitá.

Jest pravdě podobno, že snad dolejší mezi jest teplota, při níž ocel byla kalena. Každou vyšší teplotou, působí-li dostatečně dlouho, nastává již změna molekulární rovnováhy, jakáž náhlým schlazením rozžhavené oceli byla způsobena.

Vliv teplot
nižších.

8. Účinek nižších a vyšších teplot na ocel napuštěnou při teplotě dané.

Seznávše, jak citlivou jest kalená ocel i vůči teplotám, jež jsou jen málo vyšší než teplota, při níž ocel byla kalena, uvažovali jsme, jaký asi vliv má jistá teplota t_1 na ocel, jež byla při jiné určité teplotě t_2 napuštěna. Otázka tato dělí se přirozeně ve dvě, dle toho, je-li $t_1 > t_2$ neb $t_1 < t_2$.

a) Budiž $t_1 < t_2$. Zde tedy jedná se o to, je-li dán ocelový drát, napuštěný při teplotě vyšší, jaký vliv má na jeho tvrdost teplota nižší. Měli jsme drát No. 26. průměru 0·085 cm. napuštěný v lázni olejové při teplotě 250°; stanovili jsme jeho mohutnost thermoelektrickou, na to dali jsme drát tento na celou hodinu do vodní páry stoupňové a stanovili jsme opět jeho mohutnost thermoelektrickou. Srovnávajíc pak pozorování, jak byla před zahrátím na 100° a jak byla po něm, neshledali jsme nijakých rozdílů.

Srovnávání toto provedli jsme graficky. Teplota t byla totiž při obou měřeních thermoelektrických téměř stejnou. V tomto případě lze elektromotorickou sílu e považovati za funkci difference $T - t$ obou temperatur; neboť jest:

$$e = \left(a + 2b \frac{T+t}{2} \right) (T-t),$$

čili

$$e = [(a + 2bt) + b(T-t)](T-t)$$

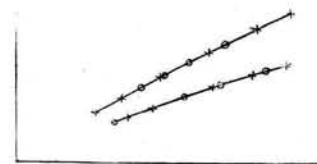
t. j.

$$e = A(T-t) + b(T-t)^2, \text{ kdež jest: } A = a + 2bt.$$

Také tehda, kdy v teplotě t vzniknou malé variace, lze e za quadratickou funkci veličiny $T - t$ považovati, poněvadž jest koeficient b proti a značně menší. Nanášíme-li tudíž $T - t$ za úsečku, e za pořadnici, obdržíme křivku, která jest velmi blízce parabolou.

V našem případě provedli jsme při drátu v oleji (250°) napouštěném především šest pozorování thermoelektrické síly e ; tím zjednáno graficky šest bodů, jimiž lze průběh oné paraboly

velmi dobře a jistě nakresliti. (Obr. 34.) Nechavše potom drát po celou hodinu ve vodní páře provedli jsme další čtyři pozorování thermoelektrické síly e pro jisté difference $T - t$; hledavše pak z křivky dřívější k těmto difference hodnoty e , našli jsme právě takové, jako byly hodnoty pozorované. Ten význam má tedy kolumna „ e graficky interpolováno“ v tab. 29., ve kteréž jsou výsledky obou měření obsaženy. Výkres, z něhož se graficky interpoluje, musí ovšem býti ve větším rozměru nakreslen.



Obr. 34.

Tabulka 29.

Ocel napouštěná při 250° a zahrívána pak hodinu při 100°.

Drát No. 26. $2\phi = 0\cdot085$ cm.

Před zahrátím na 100°			Po zahrátí na 100°			
t °C	T °C	e Mikrovolt	t °C	T °C	e pozorováno Mikrovolt	e graf. interpol. Mikrovolt
16·1	89·1	405	16·9	73·2	317	322
16·1	80·7	362	16·9	63·2	269	272
16·2	68·1	299	16·9	56·5	232	235
16·2	54·6	229	17·0	50·2	198	199
16·2	44·5	172				
16·2	37·9	134				

Provedli jsme pak ještě jiný pokus kontrolní s drátem tvrdším.

Drát No. 27. průměru 0·085 cm., napuštěný v lázni olejové při teplotě 200° byl rovněž jako drát předcházející dán na hodinu do vodní páry 100stupňové a vyšetřován thermoelektricky před tím i po tom. Grafickým srovnáváním (obr. 34.) neshledali jsme rovněž jako v případě předešlém rozdílu žádných. Číselné výsledky jsou obsaženy v tabulce následující:

Tabulka 30.

Ocel napuštěná při 200° a zahřívána pak hodinu na 100°.

Drát No. 27. $2q = 0·085$ cm.

Před zahřátím na 100°			Po zahřátí na 100°			
t °C	T °C	e Mikrovolt	t °C	T °C	e pozorováno Mikrovolt	e graf. interpol. Mikrovolt
16·3	88·5	262	17·0	84·2	245	245
16·4	80·5	238	17·0	71·7	208	208
16·4	70·0	206	17·1	62·3	176	177
16·4	61·6	177	17·2	43·4	109	109
16·4	53·1	148				
16·4	46·4	122				

Pokusy tyto vedou ku výsledkům, jež rozšiřující vyjádříme ve způsobu následujícím:

Ocel napuštěná při jisté teplotě jest vůči působení teploty nižší tím necitlivější, čím jest tato teplota nižší, čímž menší jest doba jejího působení a čím více jest ocel blízka onomu maximálnímu stupni tvrdosti, jenž odpovídá teplotě napouštěcí; jest pravdě velice podobno, že ocel maximální tvrdosti permanentní, odpovídající jisté teplotě napouštěcí, jest vůči působení i sebe delšímu každé nižší teploty úplně necitlivou.

b) Budiž dále $t_1 > t_2$. Zde tedy jde o to, zkouseti, jaký význam má zahřívání oceli při jisté teplotě t_2 , jestliže pak tato ocel ještě při vyšší teplotě t_1 se napuští. Odpovídá-li každé teplotě napouštěcí jistá maximální tvrdost permanentní, kteráž se

docílí při dostatečně dlouhém působení této teploty napouštěcí, a je-li tato tvrdost závislá jenom na teplotě napouštěcí, pak musilo by býti jednotejno, zda-li již před tím se ocel při nižší teplotě napouštěla čili nic.

Otázka tato jest nesnadnější než předcházející. Patrně jest nutno míti ku srovnávání dva dráty ocelové úplně totožné, z nichž jeden by se napouštěl teplotou toliko t_1 , druhý pak teplotou t_2 a potom též t_1 ; u jediného drátu věc rozhodnouti není ovšem možno; míti však dva dráty úplně identické, jest ne méně nemožno; my však, chtějice jiti cestou co možná jistou, rozřešili jsme tuto obtíž tím, že jsme vzali jeden a týž drát, zkoušeli jeho homogenitu, a shledavše jej dostatečně homogenním, rozlomili jej ve dvě polovice, z nichž jednu jsme napouštěli jen teplotou t_1 , druhou však teplotou t_2 a pak t_1 .

Tabulka 31.

Ocel napouštěná jednak parou vodní i anilinovou, jednak jen parou anilinovou.

Drát No.	Průměr $2q = \text{cm}$	Kalený	v páře vodní 40 m i v anilinové 10 m	jedině v páře anilinové 10 m
			$s \frac{\text{cm}}{\text{cm}^2} t = 14^\circ \text{ Mikrohms}$	
40.	0·085	41·3	31·0	
		40·6	...	30·6
41.	0·064	43·0	30·0	
		42·9	...	29·8
42.	0·049	36·4	26·0	
		36·5	...	26·0
Střed		40·2	29·0	
		40·0	...	28·8

Zkoumání tvrdosti nemohli jsme ovšem prováděti thermoelektricky — poněvadž ony polovice drátů byly krátké — volili

jsme tudíž raději jednodušší způsob zkoumání odporem galvanickým a to dle nejpřesnější metody Hockin-Matthiessenovy.

Provedli jsme dvě řady pokusů.

Při první řadě byly tři dráty No. 40., 41. a 42. různého průměru zkoumány především tak, jak byly po kalení každá polovice zvlášť; na to dala se u každého drátu jedna polovice na 40 minut do páry vodní 100° a potom na 10 minut do páry anilinové 185°, kdežto druhá polovice každého drátu jenom na 10 minut do páry anilinové se vložila. Výsledek měření ukazuje tabulka 31.

Tabulka 32.

Ocel napouštěná jednak parou aethylalkoholu a parou vodní, jednak jen parou vodní.

Drát No.	Průměr $2\varrho = \text{cm}$	Kalený	v páře aethyl- alkoholu 40 m i vodní 6 h.	jedině v páře vodní 6 hod.
		$s \frac{\text{cm}}{\text{cm}^2} t = 10^\circ \text{ Mikrohms}$		
43.	0.085	40.2	31.9	31.8
		40.6	...	
44.	0.066	40.5	29.4	29.8
		41.2	...	
45.	0.049	35.5	27.5	27.9
		35.8	...	
Střed:		38.7	29.8	29.7
		39.2	...	

Druhá řada měření byla podobným způsobem provedena s dráty No. 43., 44. a 45., z nichž jednotlivé byly téhož průměru jako dráty v pokusech předcházejících jim odpovídající. Každá polovice jednotlivých drátů byla zkoumána tak jak byla po kalení; na to byly první polovice dány na 40 minut do páry aethylalkoholu (78°) a pak na 6 hodin do par vodních 100°

kdežto polovice druhé byly toliko do vodních par 100° na týž čas, 6 hodin, vloženy. Výsledek měření ukazuje tabulka 32.

Obě řady pozorování souhlasí vespolek velmi dobře. Konečný stav jest u obou polovic každého z oněch šesti drátů týž, předchozí napouštění při teplotě nižší ustupuje úplně před účinkem napouštění při teplotě vyšší a při dostatečné době působení této teploty. Výsledek tento jest dojista pozoruhodný, tak pozoruhodný, že nechceme zde ještě poslední slovo říci a na těchto pokusech přestat. Otázka zasluhuje pokusů podrobnějších, jimiž by se postup napouštění v jednom i druhém způsobu podrobněji sledoval, pokusů, jež sobě pro budoucnost vyhražujeme.

9. Výsledky u měkké oceli.

Při dosavadních měřeních mohutnosti termoelektrické a specifického odporu galvanického oceli vyšli jsme od oceli kalené, tedy nejtvrďší, a postupovali jsme pak k oceli vždy silněji napuštěné, tedy vždy měkčí. Postup tento vede tudíž přirozeně k oceli co nejvíce, to jest největším žářem napuštěné, k oceli žíhané, jež však nechladne náhle neb rychle, nýbrž jen co možná zvolna; ocel tato jest nejměkčí a zakončuje tudíž onu řadu rozmanitých stupňů tvrdosti, jež od oceli kalené vycházejí. Avšak nejen pro zakončení našich měření zkoušeli jsme mohutnost termoelektrickou a vodivost galvanickou oceli měkké, nýbrž ještě také z důvodu zvláštního. Při měřeních termoelektrických užívali jsme totiž za látku jakoby základní čistého, elektrolytického, měkkého stříbra. Při pokusech oceli se týkajících jest však látka tato patrně cizí, sem nepatřící, jež jen výpomocná; dojista bylo by jednodušším a vhodnějším, vztahovati mohutnost termoelektrickou oceli, jakkoli tvrdé neb měkké, opět na ocel, ovšem na ocel zcela určitého stupně tvrdosti — a tu patrně by se hodila nejlépe ocel nejměkčí. Bylo by to při pokusech termoelektrických východiště přirozené, přímo názorné, od něhož by

Ocel měkká
zakončuje
škálu
tvrdosti.

Ocel měkká
co přirozené
východiště
při měře
termoelek-
trické.

se ocel thermoelektricky tím více vzdalovala, čím by byla tvrdší — konstanta thermoelektrická a byla by pak nejvhodnější měrou pro stupeň tvrdosti. Ale tato myšlenka, voliti ocel měkkou za základ při pozorováních thermoelektrických, předpokládá ovšem, že ocel měkká má posici thermoelektrickou zcela určitou, jež by nesměla na př. na nějakých příměsích oceli záviseti. Bylo zajímavé otázkou tuto přímo zkoušeti; avšak zkouška ukázala, že tato supposice není nikterak správnou.

Měření po-
stavení ther-
moelektric-
kého měkké
oceli.

K měření voleny byly dráty No. 46., 47. a 48. různých průměrů. Tyto byly dány do roury železné, kdež byly nasypány okuje, jak při žihání železa co magnetový oxid železa pod kladivem odskakuji. Roura byla pak obalena silnou vrstvou hlíny a konečně tenkým plechem železným. Vše to bylo dáno do výhnně a žiháno v prudkém žáru delší čas, načež se to obalilo popelem a nechalo velmi volně schladnouti.

Měření, jež potom na těchto žiháných drátech ocelových bylo provedeno, vedlo k výsledkům následujícím:

Tabulka 33.
Ocel žihaná.

cm	t °C	T °C	e pozor- ováno Mikrovolt	e poči- táno Mikrovolt	a Mikrovolt	b Mikrovolt	$\frac{s_1}{cm^2} t^0$ Mikrohm	t °C
Nr. 46. $2\varrho = 0.0843$	18.7	87.7	486.3	486.2	8.33	— 0.0121	17.08	19
	18.7	67.3	354.8	354.5				
	18.7	54.2	264.0	264.6				
	18.7	45.5	202.8	202.6				
Nr. 47. $2\varrho = 0.0625$	23.0	85.7	543.5	544.8	10.17	— 0.0137	15.09	19
	22.7	68.1	406.9	405.5				
	22.6	51.7	266.9	266.4				
	22.4	40.6	169.0	169.3				
Nr. 48. $2\varrho = 0.0485$	19.0	84.0	474.7	472.5	8.52	— 0.0121	16.41	19
	19.0	64.3	338.4	340.1				
	19.0	50.8	242.6	243.9				
	19.0	37.9	148.9	148.0				

Ku srovnání provedli jsme též měření u tří drátů železných různého průměru a obdrželi výsledky následující.

Tabulka 34.
Železo kujné.

cm	t °C	T °C	e pozor- ováno Mikrovolt	e poči- táno Mikrovolt	a Mikrovolt	b Mikrovolt	$\frac{s_1}{cm^2} t^0$ Mikrohm	t °C
Nr. I. $2\varrho = 0.0966$	18.7	79.6	581.3	582.0	11.25	— 0.0174	13.02	19
	18.8	66.3	465.4	464.9				
	18.7	54.3	356.3	355.8				
	18.8	44.9	264.7	265.0				
Nr. II. $2\varrho = 0.0630$	18.6	78.0	550.2	549.5	10.56	— 0.0135	12.74	19
	18.6	64.2	430.1	430.3				
	18.6	53.4	332.6	333.6				
	18.6	43.4	241.6	241.1				
Nr. III. $2\varrho = 0.0312$	18.5	86.9	560.2	560.0	9.66	— 0.0140	13.87	19
	18.5	68.1	418.0	419.1				
	18.5	54.3	310.3	309.3				
	18.5	40.1	190.7	190.9				

Z výsledků těchto měření vysvitá především, jak blízko jest ocel žihaná i thermoelektricky i galvanicky železu kujnému. Vysvitá však též, že ocel měkká nemá ani co do mohutnosti thermoelektrické ani co do vodivosti galvanické postavení tak určitého, jak by se snad očekávalo. Rozdily mezi oněmi třemi dráty ocelovými i v konstantě a i v konstantě b jsou větší, než jsme se nadáli. Pokládáme za pravdě podobno, že se zde v těchto differencech jeví vliv cizích příměšenin (S , P , Si etc.)

Podobného něco máme totiž u slitin. Vliv příměšenin — ovšem v malém množství se nalézajících — jest na př. u slitiny stříbra a zlata velmi nepatrný — naproti tomu u čistého kovu buď u zlata neb u stříbra prozrazují se příměšky i v množství velice skrovném nad míru citlivě. Ocel však má mnohé

Posice ther-
moelektrická
měkké oce
není určitou

Vliv přimi-
šenin.

Analogie u
slitin.

vlastnosti takové, jakoby byla slitinou železa a uhlíka, tak že by uhlík v oceli tvrdší byl ve větším množství v té slitině zastoupen, než v oceli měkké, kde by byl jen přimíšen. Na tomto místě nechceme se o této analogii širě rozhovíti, nechávajíc to na místo jiné. Tolik však jest jisto, že ocel měkká nehodí se za ono východiště pro mohutnost thermoelektrickou, jak jsme je minili zavést a že tudíž jiné východiště hledati dlužno.

10. O vztazích mezi mohutností thermoelektrickou a specifickým odporem galvanickým.

Mohutnost thermoelektrická a specifický odpor mění se současně. Četná měření oddílů předcházejících ukazují jasně, že se napouštěním oceli současně mění jak mohutnost thermoelektrická, tak odpor galvanický. Naskytá se tudíž sama sebou otázka, jakého způsobu jest tato současná změna obou těchto veličin a v jaké jsou vespole závislosti.

Otázka jejich vzájemné závislosti. Ke studiu této závislosti vzájemné podávají pozorování dosavadní materiál velmi hojný; máme tu celkem 86 podvojných hodnot mohutnosti thermoelektrické a odporu specifického, jak pro dráty rozmanitých stupňů tvrdosti byly stanoveny. K těmto hodnotám druží se ještě následující 4 hodnoty podvojně, jež jsme obdrželi u 4 drátů, kteréž k účeli zvláštnímu po 6 hodin v páře vodní byly napouštěny.

Drát	2ϱ	a	s_t	t
	cm	Mikrovolt	$\frac{\text{cm}}{\text{cm}^2} t$ Mikroh	°C
Nr. 49.	0·0574	1·90	35·75	19
„ 50.	0·0554	4·08	29·34	19
„ 51.	0·0531	4·06	27·08	19
„ 52.	0·0344	3·90	28·68	19

Máme tudíž k dispozici celkem 90 hodnot podvojných.

Poněvadž pak konstanta a udává mohutnost thermoelektrickou a_θ pro střední teplotu

$$\theta = \frac{1}{2} (T + t) = 0,$$

jest též nutno i odpor specifický s_t stanovený při teplotě t , přepočísti na tutéž teplotu 0° dle rovnice

$$s_t = s (1 + \alpha t)$$

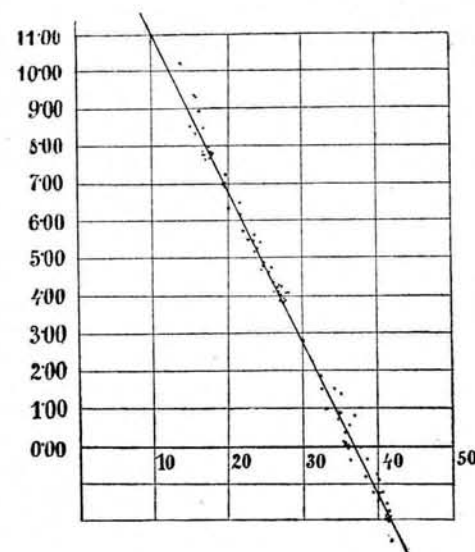
kdež jest α tepelný koeficient odporu galvanického.

Tak obdržíme číselný materiál sestavený v tabulce 35.

Na základě tohoto číselného materiálu provedme grafické znázornění, nanášejíc specifický odpor s za úsečku x a mo-

Redukce na tutéž základní teplotu 0° .

Grafické znázornění.



Obr. 35.

hutnost thermoelektrickou a za pořadnici y' ; každá dvojice hodnot y' a x dává nám určitý bod; majíce 90 takových dvojic obdržíme 90 bodů, jež ve své posloupnosti mají označiti průběh jisté křivky. Jaký průběh tento jest, ukazuje obr. 35.; jednotlivé body nedruží se k sobě v posloupnosti pravidelné, nýbrž tvoří ve svém úhrnu pásmo, místy širší neb užší, jež však v celém svém průběhu jest velmi blízce lineární.

*

Tabulka 35.

Specifický odpor galvanický $\frac{cm}{cm^2}$ 0° Mikrohm.

Nr.	s_t	t	$\alpha \cdot 10^3$	s
1	18.96	19	3.4	17.81
2	18.49	19	3.5	17.34
3	20.54	19	3.1	19.40
4	20.00	19	3.3	18.22
5	17.64	19	3.6	16.51
6	20.75	20	3.2	19.51
7	22.74	19	2.9	21.55
8	23.20	19	2.9	21.99
9	20.47	19	3.2	19.30
10	25.67	19	2.6	24.46
11	24.81	19	2.7	23.60
12	22.93	19	2.9	21.73
13	20.66	19	3.2	19.48
14	27.36	20	2.5	26.06
15	28.11	19	2.4	26.88
16	26.70	19	2.5	25.49
17	27.93	19	2.4	26.71
18	31.32	19	2.2	30.06
19	28.68	19	2.4	27.43
20	24.34	19	2.8	23.11
21	29.34	19	2.3	28.11
22	30.94	19	2.2	29.70
23	27.93	19	2.4	26.71
28	42.64	18	1.6	41.45
28	42.55	18	1.6	41.36
28	42.45	19	1.6	41.20
28	42.55	19	1.6	41.30
29	42.08	17	1.6	40.95
29	41.70	18	1.6	40.53
29	41.52	19	1.7	40.12
29	41.32	19	1.7	40.03
30	37.08	18	1.8	35.92
30	36.80	18	1.9	35.58
30	36.51	18	1.9	35.30
30	36.42	19	1.9	35.15
31	40.47	21	1.7	39.08
31	39.05	20	1.8	37.70
31	37.64	19	1.8	36.40

Nr.	s_t	t	$\alpha \cdot 10^3$	s
31	36.33	19	1.9	35.06
31	35.38	18	1.9	34.21
31	34.72	18	2.0	33.50
32	41.42	21	1.7	39.99
32	39.53	20	1.7	38.23
32	38.02	19	1.8	36.76
32	36.33	19	1.9	35.06
32	35.19	18	1.9	34.03
32	34.34	18	2.0	33.14
33	36.98	21	1.8	35.64
33	35.00	20	1.9	33.72
33	33.58	19	2.0	32.35
33	32.26	19	2.1	31.02
33	31.22	18	2.2	30.03
33	30.67	18	2.2	29.49
34	39.34	21	1.7	37.98
34	29.25	20	2.3	27.96
34	28.02	19	2.4	26.80
34	27.17	19	2.5	25.94
34	26.32	18	2.6	25.14
34	25.85	18	2.6	24.69
35	42.45	21	1.6	41.07
35	28.58	20	2.4	27.27
35	27.26	19	2.5	26.03
35	26.04	19	2.6	24.81
35	25.29	18	2.7	24.11
35	24.72	18	2.7	23.57
36	37.17	21	1.8	35.82
36	25.85	20	2.6	24.58
36	24.91	19	2.7	23.69
36	24.15	19	2.8	22.93
36	23.58	18	2.9	22.41
36	23.12	18	2.9	21.97
37	36.51	18	1.9	35.30
37	18.96	18	3.4	17.87
37	18.78	19	3.4	17.64
37	18.78	19	3.4	17.64
38	40.38	18	1.7	39.17

Nr.	s_t	t	$\alpha \cdot 10^3$	s
38	17.55	18	3.6	16.48
38	17.36	19	3.6	16.25
38	17.25	19	3.6	16.16
39	36.04	18	1.9	34.85
39	18.30	18	3.5	17.22
39	18.11	19	3.5	16.98
39	18.02	19	3.5	16.89

Nr.	s_t	t	$\alpha \cdot 10^3$	s
46	17.08	19	3.6	15.98
47	15.09	19	3.9	14.05
48	16.41	19	3.7	15.34
49	35.75	19	1.9	34.51
50	29.34	19	2.3	28.11
51	27.08	19	2.5	25.85
52	28.68	19	2.4	27.43

Přijmeme-li tudíž lineární závislost

$$y' = m - n x$$

za pravdě podobnou, můžeme konstanty m a n z daného číselného materialu dle metody nejmenších čtverců počítati. Základní rovnice jsou tu následující:

$$P = m A - n B$$

$$Q = m B - n C$$

a při tom jest:

$$A = \sum x^0 = 90$$

$$B = \sum x = 2536.55$$

$$C = \sum x^2 = 773.21$$

$$P = \sum y = 319.91$$

$$Q = \sum xy = 6612.1$$

Řešice pak rovnice foregoing obdržíme:

$$m = 15.176$$

$$n = 0.4123$$

Konstanta m má tu význam podřízený, jsouc závislou na volbě kovu — v našem případě čistého měkkého stříbra — na kterýž postavení thermoelektrické vztahujeme. Naproti tomu jest difference $m - y'$ na této volbě nezávislou. Jeví se tudíž býti výhodným, zavést tuto diferencii za novou proměnnou $m - y' = y$, čímž obdržíme jednoduše:

$$y = n x$$

Závislost
lineární.
Konstanty

Různý vý-
znam obou
konstant.

Se stanoviska geometrického jest m konstantou, kterouž se určuje speciální volba osnovy souřadnic; se stanoviska fysikálního pak jest m mohutnosť thermoelektrická, na čisté měkké stříbro vztahovaná, oceli takové, jejížto specifický odpor by se zmenšil až na 0.

Tvrdość
thermoelek-
trická.

Určí se tudíž číslem y tvrdość oceli thermoelektricky a to vzhledem k této oceli nekonečně malého odporu galvanického; my zoveme y „tvrdością thermoelektrickou“.

Analogie.

Zavedení této nové proměnné y spočívá na úvaze podobné, jako zavedení absolutní teploty. Její význam jest v první řadě čistě formální a spočívá v zjednodušení jistého zákona; to co jest při ní absolutního, jest jen její východiště, tak zvaný absolutní nulový bod; zdali onomu východišti přísluší vedle onoho formálního významu ještě konkrétní význam fysikální, jest pak otázkou další (Thomson). Tak náleží i naší proměnné y jenom potud význam absolutní, že má zvláštní východiště, třeba ne skutečně existující, nýbrž jen počtem stanovené.

Zavedením této nové proměnné docílíme však mnohých výhod; cizí látka — elektrolytické stříbro — jest pak vymýtěna; veličina y roste, když roste tvrdość; odpadáva změna znamení, jakáž byla při veličině y' ; neboť y zůstává pak vždy pozitivní, jak vzhledem k oceli tak i železu kujnému a litému.

Aby bylo možno posouditi, jak dalece rovnice

$$y = m - y' = nx$$

souhlasí se skutečným pozorováním, když pro konstanty m a n přijmeme hodnoty methodou nejmenších čtverců vypočítané, jest v tabulce následující ke každé pozorované hodnotě $y = m - y'$ připojena hodnota počítaná $= nx$ jakož i rozdíl obou, kterýž jest počítán na dvě decimály, ačkoli pouze prvá decimála má skutečný význam.

Tabulka 36.

Tvrdość thermoelektrická a specifický odpor.

No.	y	nx	Difference	No.	y	nx	Difference
47	5.01	5.79	— 0.78	8	8.72	9.07	— 0.35
38	5.79	6.66	— 0.87	12	8.78	8.96	— 0.18
38	5.94	6.70	— 0.76	7	9.03	8.88	0.15
38	6.22	6.79	— 0.57	36	9.44	9.06	0.38
5	6.66	6.81	— 0.15	35	9.54	9.72	— 0.18
48	6.66	6.32	0.34	36	9.68	9.45	0.23
46	6.85	6.59	0.26	36	9.68	9.24	0.44
2	7.15	7.15	0.00	20	9.73	9.53	0.20
39	7.38	6.97	0.41	35	9.76	9.94	— 0.18
1	7.38	7.34	0.04	36	9.92	9.77	0.15
4	7.40	7.76	— 0.36	35	10.00	10.23	— 0.23
37	7.41	7.27	0.14	11	10.03	9.73	0.30
39	7.42	7.00	0.42	34	10.34	10.18	0.16
37	7.44	7.37	0.07	36	10.42	10.13	0.29
37	7.47	7.27	0.20	35	10.43	10.73	— 0.30
39	7.57	7.10	0.47	10	10.51	10.08	0.43
6	7.94	8.04	— 0.10	16	10.51	10.51	0.00
3	8.19	8.00	0.19	34	10.57	10.37	0.20
9	8.22	7.96	0.26	34	10.85	10.69	0.16
13	8.29	8.03	0.26	17	10.92	11.01	— 0.09
23	10.94	11.01	— 0.07	32	14.38	15.16	— 0.78
35	10.96	11.24	— 0.28	31	14.63	15.01	— 0.38
34	11.08	11.05	0.03	30	14.71	14.49	0.22
50	11.10	11.59	— 0.49	30	14.88	14.56	0.32
51	11.12	10.66	0.46	39	15.10	14.37	0.73
14	11.12	10.74	0.38	37	15.18	14.56	0.62
52	11.28	11.31	— 0.03	30	15.19	14.67	0.52
15	11.33	11.08	0.25	36	15.23	14.77	0.46
19	11.35	11.31	0.04	33	15.25	14.69	0.56
21	11.42	11.59	— 0.17	31	15.26	15.54	— 0.28
34	11.59	11.53	0.06	32	15.57	15.76	— 0.19
22	11.77	12.25	— 0.48	30	15.60	14.81	0.79
33	12.18	12.16	0.02	29	15.88	16.50	— 0.62
18	12.39	12.39	0.00	34	16.01	15.66	0.35
33	12.51	12.38	0.13	29	16.09	16.54	— 0.45
32	12.92	13.66	— 0.74	38	16.37	16.15	0.22
33	12.93	12.79	0.14	31	16.38	16.11	0.27
32	13.17	14.03	— 0.86	29	16.43	16.71	— 0.28
49	13.28	14.23	— 0.95	32	16.62	16.49	0.13
31	13.37	13.82	— 0.45	28	16.76	17.03	— 0.27
31	13.63	14.10	— 0.47	28	16.99	16.99	0.00
33	13.68	13.34	0.34	29	17.08	16.89	0.19
32	13.79	14.45	— 0.66	28	17.12	17.05	0.07
33	14.21	13.90	0.31	35	17.15	16.93	0.22
31	14.32	14.45	— 0.13	28	17.74	17.09	0.65

Kritika.

Přehlížíme-li kriticky zbývající chyby $y - nx$, setkáváme se hned z počátku u drátů měkkých se značnějšími chybami negativními; tato okolnost zdála by se nasvědčovat tomu, že by průběh funkce $y = f(x)$ z počátku t. j. při malých hodnotách x , nebyl lineární, že by však v dalším postupu, při větších hodnotách x rychle v lineární přecházel, v skutku neukazují chyby další žádný chod, nýbrž chyby pozitivní střídají se nepravidelně s negativními a zůstávají též v mezích dosti úzkých. Toliko u drátů v parách methyllalkoholu napouštěných prozrazuje se v chybách zbývajících jistý chod, jakož ukazuje tabulka následující:

No. 28.	7	1	0	—3
„ 29.	2	—3	—5	—6
„ 30.	8	5	3	2

Podobný, ač ne tak značný chod ukazuje se v chybách zbývajících u drátů napouštěných v parách vodních. Souvisí tudíž věc patrně s tím, že teplota napouštěcí byla nízkou, že síla napouštěcí byla slabou; jest nesnadno o podrobnostech těchto pronést konečný úsudek; otázka musí stát se předmětem bádání zvláštního.

Kritika method i způsobů pozorování.

Zdroje chyb.

Vůbec vyskytují se mezi chybami zbývajících některé větší, než by se očekávalo. Tato okolnost nabádá ke kritice method i způsobů pozorování, jímž byly stanoveny hodnoty, jak pro mohutnost thermoelektrickou, tak pro specifický odpor. Vzniká otázka, kde dlužno hledati zdroje oněch značnějších chyb. Otázka tato jest vůbec jak pro výsledek důležitá, tak pro pozorovatele velice poučná; ona chrání ho na jedné straně před sebeklamem v příčině docílené přesnosti a na druhé straně nabádá ho k ostražitosti v tom neb onom směru při pozorováních budoucích.

Chyby při stanovení mohutnosti thermoelektrické.

Co se týče stanovení mohutnosti thermoelektrické jsou tu zdroje chyb — beřeme-li v úvahu všechny vůbec možné — ve velmi četných směrech zastoupeny. Sem náleží: změna redukčního faktoru galvanometru, jež zase vzniká ze změny teploty a hori-

zonální intenzity zemského magnetismu; dále změna elektromotorické síly článku Daniellova, jehož jsme užili jako článku kompensujícího; dále vliv cizích thermoelektrických sil a konečně nejistota ve stanovení teplot, zejména vyšších. Pokud se týče prvního a druhého zdroje, tu lze častým opakováním, jak stanovení redukčního faktoru, tak stanovení elektromotorické síly článku Daniellova chybám těm předejiti. Jak jsme vliv cizích thermoelektrických sil hleděli vymýtiti, bylo na svém místě obšírně vyloženo; vliv těchto cizích sil jest zejména velmi značný tam, kde thermoelektrické síly pozorované jsou rovněž velmi malé, t. j., kde y' jest velmi blízko $= 0$. V skutku vychází z tabulky dřívější, že právě v této poloze zbývající chyby jsou značnější.

Jest však ještě jedna okolnost, kteráž přesné stanovení veličiny y' velice znesnadňuje, zejména při drátech tvrdých. Mohutnost thermoelektrická a_θ jest totiž lineární funkcí střední teploty $\frac{1}{2}(T+t) = \theta$; máme tu:

$$a_\theta = a + 2b\theta$$

Má-li býti tudíž pro jisté θ přesně stanoveno a musí nejen a_θ , nýbrž též koeficient b býti přesně určen; neboť, ačkoliv jest tento koeficient značně menší než a , tož zvýší se jeho vliv tím, že v hořejší rovnici přichází násoben součtem teplot $T+t=2\theta$, tak že pak součin $2b\theta$ jest téhož řádu jako a . Aby však koeficient b byl přesně stanoven, musila by (při jisté teplotě t) parabola:

$$e = [a + 2bt](T-t) + b(T-t)^2$$

vzhledem ku proměnné T býti dána ve větvi co možná rozsáhlé t. j. musilo by pozorování jíti k teplotám T co možná značným; avšak právě u drátů ocelových tvrdších nesmí býti užito vyšších teplot T , aby se drát jednostranně nenapustil. Z toho jest patrné, že nelze konstantu $a=y'$ tak přesně určit, jak by si bylo přáti a že chyba, kterou zůstává tato veličina stížena, povahou věci samé jest vždy značnější; neboť z průběhu malé větve parabolické máme souditi na průběh celé paraboly.

Chyby při
stanovení
specifického
odporu.

Ne menší jsou obtíže, jež jsou spojeny s přesným stanovením specifického odporu drátu. I když jsme užili metody nejpřesnější, Hockin-Matthiessenovy, kterou jsou eliminovány odpory přechodní, vznikající způsobem, jak jest drát do vedení zapjat, musili jsme doznati, že sice odpor co takový byl určen asi na 0.1% přesně, nikoli však odpor specifický, k jehož vypočtení bylo vedle délky drátu nutno též znáti jeho průřez; uváží-li se, že průměr drátu byl až jen $\frac{1}{2}$ millimetru, byl by musil tento průměr stanoven býti přesně až na $\frac{1}{400}$ mm, aby průřez byl správný jen na jedno procento; a to ne průměr na jistém místě drátu, nýbrž průměr střední. Požadavku tomuto nelze však vyhověti ani stanovením průměru mikrometrickým, ani gravimetrickým.

Vliv
materiálu.

Ke všem těmto zdrojům přicházejí konečně takové, jež v materialu samém mají svůj původ; zejména dlužno tu vytknouti vliv přimíšenin oceli na mohutnost thermoelektrickou i odpor specifický, kterýžto vliv jest sice sekundární, avšak do jista značnější, než chyby pozorovací.

11. Doslov.

Hlavní
výsledky.

Zakončujice již řadu pozorování, jež provedli jsme k řešení otázek týkajících se napouštění oceli, ohlédneme se ještě zpět a vytkneme hlavní výsledky, jichž jsme při této práci docílili. Výsledky tyto jsou v mnohém ohledu pozoruhodnými a důležitými. Při napouštění oceli rozhoduje netoliko teplota, kterou se ocel napouští, nýbrž též doba, po jakou tato teplota působí; je-li tato doba dostatečně dlouhá, docílí se napouštěním jistého maximálního stupně tvrdosti, kterýž jest pro tuto teplotu charakteristickým; je-li této krajní hodnoty dosaženo, jest teplota nižší na ocel bez všelikého vlivu.

Vady dosa-
vádní praxis.

Z těchto hlavních výsledků vysvitá jasně, že užívání lázní kovových k účelu napouštění oceli, jak jich dle návrhu Parke-

rova³³⁾ v mnohých případech užívá dosavadní praxis, nikterak žádoucího výsledku nezaručuje; neboť dosud přihlíží se pouze k výši teploty, k bodu tavení oněch kovů — z pravidla slitin — nepřihlíží se však k době působení těchto teplot. I když se tedy abstrahuje od toho, že nelze takovou lázeň kovovou delší čas na konstantní výši tepelné udržeti, jest patrné, že výsledek dle toho různě vypadne, jak dlouho jistý předmět ocelový v lázni takové se nechává.

Jest tudíž nutno přihlížeti k oběma rozhodujícím zde činitelům a dle součinnosti obou posuzovati výsledek. K ilustraci této součinnosti, jakož i k poučení praktiků sestavi A. Jarolimek³⁴⁾ na základě našich pozorování tabulku, kteráž zde ku zakončení úvah těchto budiž též uvedena. V tabulce rozeznává se 10 stupňů tvrdosti — dle konvencionálního označení praktiků, vedle těchto stupňů jest udána též barva napouštěcí.

Tabulka 37.

Návod k napouštění oceli.

Stupně napou- štění	odpovídající barvě	Lze docíliti následujícími teplotami, když jich působení trvá:				
		1 ^m	10 ^m	1 ^h	3 ^h	10 ^h
0	—	54	54	54	54	54
1	—	142	91	75	67	62
2	—	175	112	93	79	71
3	—	200	130	108	93	83
4	žluté	225	150	125	110	100
5	hnědé	247	173	147	130	122
6	červené	266	200	176	158	149
7	fialové	286	232	212	196	185
8	modré	310	270	258	250	240
9	šedé	340	331	325	320	310
10	—	400	400	400	400	400

³³⁾ F. Reiser l. c. pag. 82.

³⁴⁾ A. Jarolimek Dingler's polyt. Journ. 1885. Bd. 255 p. 12.

Výhody napouštění teplotou nižší.

A. Jarolimek podrobil též výsledky naše zkoušky a shledal na př. zavěsiv tvrdé ocelové dráty různé tloušťky do parního kotle a nechav je v parách vodních teploty asi 150° po 8 neděl, že dráty tyto výtečně byly napuštěny; i dává metodě napouštění oceli při nižších teplotách po delší dobu rozhodně přednost před metodami, kteréž užívají vyšších teplot po krátkou dobu, poněvadž napouštění při teplotách nižších lépe lze regulovati. K tomu dodáváme, že napouštění při nižších teplotách ale při velmi dlouhé době působení jejich, také ještě tu má výhodu, že silnější, massivnější části předmětů ocelových se rovnoměrně se slabšími napustí, tak že nevznikne obava, aby povrchně — jak se to v praxi dosavadní často stává — byly jinak napuštěny tlusté části předmětů ocelových než ve svém nitru.

Tvrdost a pevnost oceli.

Napuštění oceli má vliv na její tvrdost a současně na její pevnost. Oba tyto pojmy dlužno však přesně od sebe rozlišovati. Napouštěním klesá tvrdost; není však tím řečeno³⁵⁾, že klesá vždy i pevnost; jak obě tyto vlastnosti k sobě se mají o tom hodláme další pokusy prováděti, jisto jest však, že změna obou vlastností nikterak není paralelní i může se státi, že jednou zvýšení teploty (zahřátím drátu) jest pevnosti na ujmu, jindy na prospěch dle toho, v jakém stupni tvrdosti se ocel již nalezá. Jest pravdě podobno, že pevnost bude míti při jistém stupni tvrdosti své maximum. Že pak tvrdost i pevnost, kteréž lze docíleti teplem, přísně dlužno rozeznávati od tvrdosti a pevnosti, kteréž lze docíleti mechanicky, tlakem, napjetím a pod., bylo již v úvodu důrazně vytčeno.

VII.

Vliv magnetisace na vodivost elektrickou a mohutnost thermoelektrickou železa a oceli.

Výsledky četných pozorování oddilu předcházejícího svědčí o souvislosti, jakáž jest mezi stupněm tvrdosti oceli na jedné a mezi jeho odporem specifickým, jakož i mohutností thermoelektrickou na druhé straně, tak že jest možno, z těchto posledních vlastností zpět souditi na stupeň tvrdosti a užívati jich za míru tvrdosti samé. Tento úsudek však předpokládá, že vlastnosti, jichž za míru tvrdosti užíváme, žádným jiným vlivem se nemění než právě tvrdostí samou; kdyby tomu tak nebylo, kdyby existoval ještě jiný faktor, kterým by se rovněž tak jako kalením neb napouštěním měnil specifický odpor neb thermoelektrická mohutnost oceli, pak by ovšem zpětný závěrek ze změny těchto vlastností na změnu tvrdosti byl ohrožen.

Avšak vliv takový existuje v skutku, jest to magnetisace. Literatura o této otázce jest již sama sebou dosti obsáhlou. Otázka byla v různých dobách a od různých autorů zodpovídána nikoliv souhlasně; to souvisí s tím, že vliv, o kterýž se jedná, jest jen velice nepatrný. Že však v skutku vliv takovýto existuje, o tom nelze nyní pochybovati.

Všeobecná otázka dělí se v několik otázek zvláštních. Jednak dlužno rozeznávati vliv magnetisace na vodivost elektrickou oceli neb železa, jednak na mohutnost thermoelektrickou. Na druhé straně dlužno též činiti rozdíl mezi magnetisací příčnou (transversální) a podélnou (longitudinální).

Východiště úvah.

Vliv magnetisace.

Specialisace problému všeobecného

³⁵⁾ A. Jarolimek l. c. p. 2.

1. O vlivu magnetisace na vodivost' elektrickou železa a oceli.

Pozorování
starší.

Otázka tato byla předmětem četných pozorování, kteráž však nevedla vždy k výsledkům souhlasným. Sem náleží pokusy, jež provedli Edlund³⁶⁾ Mousson³⁷⁾ a Wartmann³⁸⁾, kteří vlivu takového nenalezli. Naproti tomu shledal W. Thomson³⁹⁾, že se galvanický odpor železa dočasnou jeho magnetisací zvyšuje a to ve směru osy magnetické — ať jest magnetisace příčná neb podélná — asi o 0·03 procenta. Již z tohoto určitějšího čísla jest patrné, že se zde jedná o vliv velice nepatrný, při němž také možnost rušivých, sekundárních vlivů (mechanické napjetí a pod.) není vyloučeno. W. Beetz⁴⁰⁾ nalezl uspořádáním pokusu velmi citlivým, že se odpor dočasně magnetisovaných drátů železných zvyšuje — asi o 0·03 až 0·06 procenta — ale jen magnetisací podélnou, naproti tomu že magnetisací příčnou nenastává změna, jež by přesahovala asi 0·0005 procenta. Pokusy tyto byly dále potvrzeny a doplněny jinými, jež provedl Auerbach⁴¹⁾; z těchto vychází, že odpor tvrdého drátu ocelového ubývá s rostoucí magnetisací podélnou, naproti tomu přibývá odporu oceli měkké a železa měkkého s magnetisací, tak že jest tento odpor minimum, když jsou ve stavu magnetickém. Pracemi těmito jest otázka hořejší, trváme, rozhodnuta tak dalece definitivně⁴²⁾ jak pro železo tak i pro ocel, že změna odporu, o niž se zde jedná, jest vskutku velice nepatrnou. Tato nepatrnost vynikne zejména, když se uváží, že při oceli obou krajních stupňů tvrdosti jest variace odporu

³⁶⁾ Edlund Pogg. Ann. 93 p. 315. 1854.

³⁷⁾ Mousson Schweiz Druckschr. 14. p. 81. 1855.

³⁸⁾ Wartmann Archiv de Genève 13. p. 35. 1850.

³⁹⁾ W. Thomson Phil. Trans. 3. p. 737. 1856.

⁴⁰⁾ W. Beetz, Pogg. Ann. 128. p. 202. 1866.

⁴¹⁾ Auerbach, Wied. Ann. V. p. 289. 1878.

⁴²⁾ V příčině podrobností jakož i jiných pokusů v tomto směru viz na př. G. Wiedmann: Elektrizität III. p. 719. 1883.

300 procent; stojí zde tudíž číslo 3 až 6 proti 30.000. Vzhledem k tomu, že zde tedy již pokusy kvantitativně s výsledkem uvedeným byly provedeny, nechtěli jsme otázku tuto novým ještě a dalším zkouškám podrobiti, přestávající na tom, že variace odporu železa i oceli vznikající magnetisací jsou ještě vůči variacím, jež různou tvrdostí vznikají, tak nepatrnými, že neohrožují nikterak užívání specifického odporu za míru tvrdosti.

2. O vlivu magnetisace na mohutnost thermo-elektrickou železa a oceli.

Vliv magnetisace na thermoelektrické postavení železa ^{První objevy.} objevil a studoval prvně Sir. W. Thomson⁴³⁾ z pokusů jeho vychází, že drát železný, longitudinálně magnetisovaný, jest vzhledem k nemagnetickému elektropositivním, naproti tomu pruh železný, transversálně magnetisovaný, že jest vzhledem k nemagnetickému elektronegativním; na místě zahrátém jde tudíž proud od nemagnetického železa, k longitudinálně magnetickému, resp. od transversálně magnetického k nemagnetickému.

Výsledky tyto jsou v mnohém ohledu zajímavé. Již to, že ^{Rozbor.} se transversální magnetisace účinkem thermoelektrickým jeví, kdežto se nějaký účinek v příčině vodivosti elektrické dokázati nedá (W. Beetz), jest pozoruhodno. Dle mínění našeho nelze ovšem z toho souditi více než, že jest účinek thermoelektrický citlivější reakcí, neboť že by na jedné straně transversální magnetisace měla jakýsi účinek a na druhé nikoliv, nezdá se býti, zejména vzhledem k podobné souvislosti při magnetisaci podélné, pravděpodobno. Ale právě vzhledem k této zde předpokládané souvislosti obou účinků lze za to míti, že také účinek thermoelektrický, ačkoliv se citlivěji jeví, bude asi velmi

⁴³⁾ Thomson. Phil. Trans. III. p. 722. 1856.

nepatrný. Na základě pokusů Thomsonových nelze v té příčině ničeho říci, poněvadž Thomson experimentoval čistě jen kvalitativně, bez všelikého, třeba i jen aproximativního měření. Vzhledem však k této nepatrnosti velmi pravděpodobné tohoto účinku transversální magnetisace, jakož i vzhledem k tomu, že transversální magnetisace nebyla předmětem badání našich, nechtěli jsme ani zde podnikati vlastních pokusů, přestávající opět na tom, že účinek její na mohutnost thermoelektrickou železa i oceli dle největší pravděpodobnosti jest velice nepatrný.

Takovýmto úvahami vedeni soustředili jsme konečně pozornost svou na thermoelektrický účinek magnetisace longitudinální oceli a železa. Zde již z předu jedna okolnost jeví se býti velice pozoruhodnou. Dle pokusů Beetzo-vých stane se železo longitudinální magnetisací méně vodivým a dle pokusů Thomsonových stane se thermoelektrický pozitivnější. Zde tedy podélnou magnetisací roste specifický odpor s a roste zároveň thermoelektrická konstanta a ; tedy právě naopak než při rozdílech tvrdosti vznikajících, kde s klesá, když roste a . Vedle toho stojí ovšem pokusy Auerbachovy, dle kterých při tvrdé oceli podélnou magnetisací specifický odpor s klesá, uváží-li se však, jak měkka ocel ve svých vlastnostech thermoelektrických a galvanických se velice blíží železu, pak přece onen hořejší zásadní rozdíl, jest velice význačný. Tento rozdíl můžeme také následovně vyjádřiti: Při rozdílech v tvrdosti jde thermoelektrický proud místem zahříváným od kovu elektricky méně vodivého k vodivějšímu; naproti tomu při rozdílech v podélné magnetisaci od kovu elektricky vodivějšího k méně vodivému.

Vzhledem k tomu, že bylo v úmyslu našem podrobiti magnetisací longitudinální oceli zvláštnímu, novému propracování, dále vzhledem k tomu, že se zde tak význačný rozdíl uka-

zuje mezi vlivem tvrdosti a magnetisace a konečně zvláště vzhledem k tomu, že pokusy Thomsonovy také zde jsou čistě kvalitativní, kdežto se nám právě o kvantitativní stanovení jednalo, abychom mohli číselně vliv magnetisace na thermoelektrickou konstantu posouditi, rozhodli jsme se o této otázce vykonati pokusy nové a to kvantitativní.

3. Pokusy vlastní.

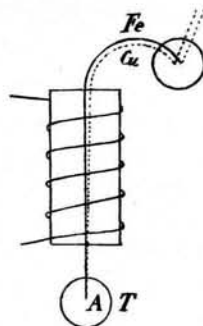
a) Uspořádání.

Plán pokusu byl tedy následující: Stanoviti mohutnost thermoelektrickou železa vzhledem ke kovu jakémukoliv, — tedy nejjednodušeji vzhledem k mědi — a to jednou, je-li železo nemagnetické, po druhé, když by železo se podélně zmagnetisovalo. Volba železa — a nikoliv oceli — doporučovala se ze dvou příčin: jednak lze železo zmagnetisovati silněji, čímž také očekávaný účinek thermoelektrický se zvýší, jednak jest tento magnetismus jen dočasný a mizí ihned, když magnetisující síla přestává; právě tím jest však dána možnost opětovati měření a tím provést kontrolu. Z obou pak měření, jednou při železe nemagnetickém, po druhé při železe magnetickém, lze onen cizí kov (měď) vymýtiti a stanoviti přímo thermoelektrickou mohutnost kombinace: železo nemagnetické a železo magnetické.

Uspořádání a celé sestavení pokusu, jakož i metoda pozorovací byla úplně tatáž, jak bylo vyličeeno v části I., toliko uspořádání thermoelementu musilo býti poněkud pozměněno, aby bylo možno drát železný zmagnetisovati. Drát tento 0.08 cm silný a asi 40 cm dlouhý, byl napřed proudem elektrickým ve vodíku vyžhán, pak na jednom konci A i na druhém B (obr. 36.) k drátům měděným téže tloušťky svorkami připojen. Aby se mohl zmagnetisovati, byl prostrčen skrze magnetisující cívku a upevněn v její ose. Konec A byl udržován na teplotě vysoké

Sestavení.

T , konec B na teplotě obyčejné t . Cívkou magnetisační byl veden silný proud stroje dynamoelektrického Siemensova. Aby cívka magnetisační, když ni procházel proud, neměla přímý vliv na velmi citlivý galvanometr Sauerwaldův, jehož jsme k posouzení kompensace thermoelementu užívali, byla jednak cívka postavena vertikálně, jednak do velmi značné vzdálenosti — do síně, jež od síně pracovní byla asi 30 metrů vzdálena — od thermoelementu šlo pak vedení jednotného drátu měděného nepřetržitě až ke galvanometru, tak že na této dlouhé cestě nějaké rušivé thermoelektrické síly vzniknouti nemohly; eventuální jiné rušivé



Obr. 36.

síly thermoelektrické byly methodou samou vymýšleny, jakož jsme na svém místě obšírně popsali. Konstatovali jsme ostatně direktně, že cívkou magnetisační i při velmi silném proudu, jehož jsme užívali, nevznikla žádná úchylka galvanometru.

Konec A drátu železného nemohl ovšem býti uvnitř cívky, nýbrž vně, poněvadž musil býti dáván do lázně vysoké teploty. Bylo tudíž důležité počtem konstatovati, jak silné bylo ještě magnetické pole v té vzdálenosti od cívky, ve které se konec A železného drátu fakticky nalezal.

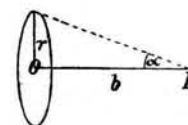
b) Magnetické pole cívky magnetisační.

Intensitou pole magnetického zoveme, jak známo, sílu, jaká magnetického pole působí na magnetický pol $\mu = 1$; tak pravíme, že jest intensita

magnetického pole $\left(\frac{g^{1/2}}{cm^{1/2} sec}\right)$ naší země rovna asi $= 0.5$ (totální) neb 0.2 (horizontální), čímž jest řečeno, že magnetický pol $= 1$ $\left(\frac{cm^{3/2} g^{1/2}}{sec}\right)$ podléhá síle $= 0.5$ resp. 0.2 dyny $\left(\frac{cm g}{sec^2}\right)$

Jako v tomto známém příkladě, tak i v následujícím budeme užívat pro jednotlivé zde přicházející veličiny jedniček absolutní osnovy měr soustavy cm, g, sec , tudíž:

pro intensitu magnetického pole jedničky
rozměru $\frac{g^{1/2}}{cm^{1/2} sec}$
pro intensitu galvanického proudu . . . $\frac{cm^{1/2} g^{1/2}}{sec} = 10$ Ampère
a ovšem pro délku jedničky cm
pro sílu jedničky dyny rozměru $\frac{cm g}{sec^2}$



Obr. 37.

Při jediném kruhovém proudu poloměru r a intensity J , jest, jak známo, intensita X_b magnetického pole v bodě B , (obr. 37.), jenž jest na ose onoho kruhového proudu ve vzdálenosti $OB = b$ od jeho středu, dána výrazem:

$$X_b = \frac{2 \pi r^2 J}{(r^2 + b^2)^{3/2}}$$

čili:

$$X_b = \frac{2 \pi r J}{r^2 + b^2} \sin \alpha$$

Mějmež celou soustavu takovýchto kruhových proudů (solenoid), jichž středy leží na ose délky $AA' = 2a$ (obr. 38.) a jichž roviny jsou k této ose kolmo; je-li n počet těchto kruhových proudů (= počet závitů solenoidu), jest intensita X_b magnetického pole v bodě B , jenž leží na ose ve vzdálenosti $OB = b$ od středu osy O , dána výrazem⁴⁴⁾:

*

$$X_b = \frac{\pi n J}{a} \left[\frac{a+b}{\sqrt{(a+b)^2 + r^2}} + \frac{a-b}{\sqrt{(a-b)^2 + r^2}} \right]$$

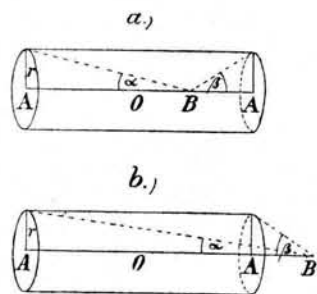
čili ve formě jednodušší:

$$X_b = \frac{\pi n J}{a} (\cos \alpha \pm \cos \beta)$$

dle toho, je-li

$$b \leq a \text{ (obr. 38., a); } b))$$

Cívka magnetisační, kteréž jsme my užívali, měla délku $2a = 22.3 \text{ cm}$ a obsahovala 10 vrstev závitů drátu měděného 0.3 cm silného, v každé vrstvě okrouhle $n = 55$ závitů. Střední



Obr. 38.

poloměry jednotlivých poloh byly stanoveny při vinutí cívky a to v tom způsobu, že byl určen obvod vnitřní a vnější každé vrstvy⁴⁵⁾ a z toho byla počítána hodnota střední $= 2\pi r$. Výsledky tohoto měření, jakož i přesnější data pro číslo n v jednotlivých polohách ukazuje tabulka následující (38.).

⁴⁴⁾ Viz v té příčině: Händenkamp, Pogg. Ann. 78, pag. 95, 1849. W. Weber, Elektrodyn. Massbestimmungen p. 547.

⁴⁵⁾ Provádí se velmi vhodně a jednoduše tak, že se přes každou vrstvu navinutého drátu na několika aequidistantních místech ovine proužek papírový, aby jeho konce šly přes sebe a tyto konce se pak propichnou jehlou; na to se proužek odvine a vzdálenost bodů jehlou způsobených se změří. Měření musí se provést na několika místech aequidistantních při každé vrstvě proto, aby se obdržely spolehlivější hodnoty střední.

Tabulka 38.

Konstanty cívky magnetisační.

Vrstva	n	$2\pi r$	r_{cm}	r^2
I.	56.5	13.26	2.11	4.45
II.	55.5	15.52	2.47	6.10
III.	56.3	17.68	2.81	7.92
IV.	55.9	19.76	3.15	9.89
V.	55.4	21.92	3.49	12.17
VI.	54.9	24.17	3.85	14.80
VII.	55.0	26.39	4.20	17.64
VIII.	54.2	28.54	4.54	20.63
IX.	54.3	30.73	4.89	23.92
X.	53.6	30.01	5.25	27.59

Abychom mohli posouditi, jak se mění intensita magnetického pole naší cívky magnetisační a to po její ose, v různých od středu cívky vzdálenostech b , počítali jsme výraz

$$\frac{\pi n}{a} \left[\frac{a+b}{\sqrt{(a+b)^2 + r^2}} + \frac{a-b}{\sqrt{(a-b)^2 + r^2}} \right]$$

kterýž udává intensitu pole, je-li $J = 1 \frac{cm^{1/2} g^{1/2}}{sec} = 10 \text{ Ampère}$

a sice propočítali jsme výraz ten vzhledem ke každé z daných deseti vrstev pro vzdálenosti b následující:

$$b = 0, 5, 10, 15, 20, 25 \text{ cm.}$$

Výsledek tohoto počtu, jak pro jednotlivé vrstvy, tak pro vrstvy veškeré dohromady t. j. pro celou cívku magnetisační, obsahuje přehledně tabulka 39.

Z těchto čísel jest viděti lépe než z formule dříve uvedené, jak intensita magnetického pole v blízkosti středu cívky velmi málo jest proměnnou, tak že zde pole to asi do vzdálenosti 5 cm. od středu na obě strany (tedy po délce 10 cm.) téměř za homogenní považovati možno, jak naproti tomu intensita se umenšuje, když se blížíme ke kraji cívky a jak zejména rapidně klesá, když z cívky vystoupíme ven. Zajímavě jest všimnouti si

Průběh
intensity pole
lokální po
ose cívky.

vlivu poloměru r jednotlivých vrstev. Při menším poloměru jest intensita pole uvnitř cívky větší, avšak na venek menší, než při poloměru větším; vrstvy širší zmírňují tudíž poněkud onen prudký spád intensity pole magnetického při vystoupení z cívky na venek.⁴⁶⁾

Tabulka 39.

Intensita X_b magnetického pole vzhledem ke každé vrstvě cívky magnetisační délky 22 cm. podél její osy v různých vzdálenostech b od středu cívky.

Počet závitů	vrstva	Intensita X_b pro vzdálenost b (cm) =					
		0	5	10	15	20	25
56·5	I.	31·28	30·85	23·24	1·90	0·40	0·15
55·5	II.	30·54	29·97	22·08	2·33	0·51	0·20
56·3	III.	30·78	30·06	21·65	2·96	0·68	0·27
55·9	IV.	30·30	29·47	20·90	3·40	0·82	0·33
55·4	V.	29·79	28·84	20·15	3·90	0·99	0·40
54·9	VI.	29·24	28·16	19·55	4·32	1·15	0·47
55·0	VII.	29·01	27·80	19·17	4·83	1·36	0·56
54·2	VIII.	28·21	26·98	18·58	5·14	1·52	0·64
54·3	IX.	28·02	26·62	18·30	5·58	1·72	0·73
53·6	X.	27·33	25·85	17·81	5·88	1·91	0·82
		294·50	284·60	201·43	40·24	11·06	4·57

Grafické znázornění.

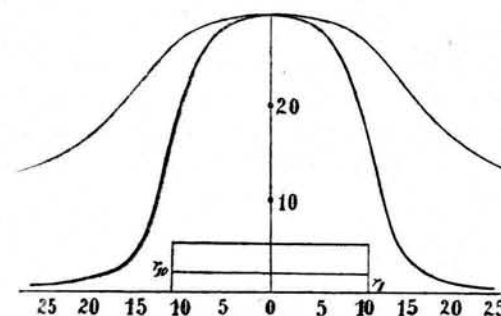
Summací obdržíme konečně průběh intensity X_b ve vzdálenosti b pro cívku co celek, chtějící pak tento průběh lépe přehlédnouti, provedeme výkres (39.) nanášejíce b za úsečku a X_b za pořadnici; k tomu připojíme též rozměry cívky magnetisační, abychom měli na očích vztah veličiny X_b k poloze místa b v cívice samé. Křivka, kterouž si takto zjednáme, zobrazuje jediným pohledem magnetické pole — v kterémkoli bodě cívky

⁴⁶⁾ Pravidelné difference v tabulce přícházeti nemohou, poněvadž jest počet závitů v jednotlivých vrstvách poněkud měnlivý.

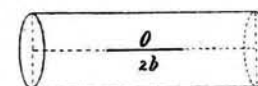
magnetisační. Zejména onen prudký spád intensity tohoto pole při krajích cívky znázorňuje se v diagramu způsobem velice poučným.

Důležitější však význam, než tato intensita pole magnetického pro určitý bod osy magnetisační cívky má pro magnetisaci střední hodnota této intensity pro jistou délku na ose počítanou; je-li $2b$ tato délka počítaná od středu O souměrně

Střední
intensity pole
pro jistou
délku.



Obr. 39.



Obr. 40.

na jednu i druhou stranu o délku b (obr. 40.), jest patrně tato průměrná hodnota X dána výrazem:

$$X = \frac{1}{2b} \int_{-b}^{+b} X_b db$$

což vede ke vzorci:

$$X = \frac{\pi n J}{ab} \left[\sqrt{(a+b)^2 + r^2} - \sqrt{(a-b)^2 + r^2} \right]$$

Tento výraz můžeme považovati za střední sílu magnetisační pro určitou délku $2b$ (tenkého) drátu položeného souměrně v ose cívky.

Také tento výraz propočítali jsme u naší cívky pro každou vrstvu drátu, když by byl proud $J = 1$ a to pro délky

$$2b = 10, 20, 30, 40, 50 \text{ cm.}$$

Výsledek tohoto počtu jak pro vrstvy jednotlivé, tak pro úhrn všech vrstev, t. j. pro celou cívku magnetisační ukazuje přehledně tabulka následující.

Tabulka 40.

Průměrná síla magnetisační X vzhledem ke každé vrstvě cívky magnetisační (délky 22 cm.) po její ose pro různé délky $2b$ tenkého drátu souměrně v ose cívky položeného.

Počet závitů	Vrstva	Intensita X pro délky $2b(\text{cm}) =$					
		0	10	20	30	40	50
56·5	I.	31·28	31·17	30·02	23·19	17·62	14·14
55·5	II.	30·54	30·37	29·05	22·61	17·25	13·87
56·3	III.	30·78	30·55	29·03	22·77	17·44	14·05
55·9	IV.	30·30	30·05	28·39	22·43	17·26	13·92
55·4	V.	29·79	29·50	27·72	22·05	17·05	13·76
54·9	VI.	29·24	28·89	27·05	21·65	16·82	13·60
55·0	VII.	29·01	28·61	26·67	21·48	16·77	13·59
54·2	VIII.	28·21	27·86	25·89	20·96	16·44	13·35
54·3	IX.	28·02	27·57	25·54	20·79	16·39	13·34
53·6	X.	27·33	26·85	24·79	20·30	16·09	13·13
		294·50	291·42	274·15	218·23	169·13	136·75

Grafické znázornění

Jakož jest přirozeno, nejeví se v těchto číslech X tak prudký spád, jako v číslech X_0 ; pro cívku co celek obdržíme průběh veličiny X summací, v obr. 39. jest též tento průběh graficky znázorněn.

c) Číselné výsledky pokusů.

Otázka sy-
osti magne-
tické.

Výsledky předcházejících počtů dovolují především odpovéditi na otázku, zdali při uspořádání pokusu našeho dříve

vyličeném, železný drát v míře největší byl zmagnetisován, čili zda byl magneticky nasycen. Proud dynamoelektrického stroje Siemensova, jehož jsme užili, byl měřen zvláštní boussolou tangentovou o jediném kruhu průměru značného a nalezeno pro jeho intensitu:

$$J = 3 \cdot 12 \frac{\text{cm}^{1/2} \text{ g}^{1/2}}{\text{sec}}$$

$$\text{čili } J = 31 \cdot 2 \text{ Ampère}$$

Délka drátu železného byla $2b = 40$ cm. Z tabulek 39. a 40. plyne tudíž pro $b = 20$

$$\Sigma X_{20} = 11 \cdot 06 \times 3 \cdot 12 = 34 \cdot 5$$

$$\Sigma X = 169 \cdot 13 \times 3 \cdot 12 = 527 \cdot 7$$

Srovnáme-li tato čísla s těmi, jakáž vycházejí pro vnitřek cívky, pro $b = 0$ totiž

$$\Sigma X_0 = 294 \cdot 5 \times 3 \cdot 12 = 918 \cdot 9$$

$$\Sigma X = 294 \cdot 5 \times 3 \cdot 12 = 918 \cdot 9$$

tu vidíme, že lokální intensita magnetického pole v konečném bodě železného drátu, tam kde byl přiletován ke drátu měděnému, byla ovšem značně menší než u prostřed cívky, ale proto přece ještě dosti velká; naproti tomu střední síla magnetisující pro drát co celek byla velmi značná. To vysvitne nejlépe, když přirovnáme tyto intensity těm, jakýchž užili jini badatelé v oboru tomto. Tak na př. užíval Ch. Ruths ⁴⁷⁾ při drátech železných k vyšetřování indukovaného magnetismu ne větších sil magnetisujících, než asi ⁴⁸⁾

$$\Sigma X = 40$$

Zde naproti tomu máme $\Sigma X = 528$

Můžeme tudíž plným právem předpokládati, že drát železný byl při pokusu zmagnetisován do sytosti.

Zahřívání a chlazení obou konců A a B (obr. 36.) železného drátu dalo se v lázni petrolejové. Elektromotorická síla e

Proveden
pokusu

⁴⁷⁾ Ch. Ruths. Ueber den Magnetismus weicher Eisencylinder 1876.

⁴⁸⁾ l. c. pg. 18.

(Mikrovolt) thermoelementu $Fe - Cu$ byla stanovena ve způsobu dříve (oddíl I.) obšírně popsáném. Provedeno nejprve pět pozorování bez magnetisujícího proudu, (tedy železo magnetické — měď) konečně ke kontrole zase pět pozorování bez magnetisujícího proudu. Pro první a třetí řadu počítána mohutnost thermo-elektrická:

$$a_{\theta} = a + 2b\theta$$

methodou nejmenších čtverců na základě rovnice:

$$e = [a + b(T + t)](T - t)$$

Obě řady souhlasí vespolek velmi dobře; řada první dává:

$$a_{\theta} = 11.860 - 0.0426\theta$$

řada třetí pak

$$a_{\theta} = 11.863 - 0.0422\theta$$

Tabulka 41.

Thermoelektrická mohutnost železa nemagnetického i magnetického vzhledem k mědi.

	t °C	T °C	e pozorováno Mikrovolt	e počítáno Mikrovolt	Diff.	
I.	15.5	71.9	544.1	564.0	+ 0.1	$a = 11.860$ $b = -0.0213$
Železo nemagnetické	15.4	60.1	456.9	458.3	- 1.4	
	15.3	50.0	364.7	363.3	+ 1.4	
	15.3	39.7	261.7	260.8	+ 0.9	
	15.2	31.0	171.3	171.9	- 0.6	
II.	15.1	83.6	674.2	(669.3)	+ 4.9	
Železo magnetické	15.0	72.5	578.8	(575.5)	+ 3.3	
	15.0	58.2	448.9	(445.5)	+ 3.4	
	15.0	46.2	332.5	(329.6)	+ 2.9	
	14.9	35.9	229.5	(226.5)	+ 3.0	
III.	14.8	90.8	733.8	732.3	+ 1.5	$a = 11.863$ $b = -0.0211$
Železo nemagnetické	14.8	79.3	635.9	637.2	- 1.3	
	14.8	67.8	536.2	536.3	- 0.1	
	14.7	54.0	408.8	409.2	- 0.4	
	14.7	45.0	325.7	325.2	+ 0.5	

Abý nyní vynikl účinek magnetisace při řadě druhé, počítány dle těchto rovnic elektromotorické síly e pro dané teploty t a T řady druhé a tyto počítané síly postaveny pak po bok (do závorek) silám v skutku pozorovaným. Číselné výsledky ukazuje tabulka 41.

Jediný pohled na difference při řadě druhé mezi hodnotami e pozorovanými a počítanými ukazuje, že jest vzhledem k mědi železo longitudinálně magnetické vskutku více elektro-positivním než železo nemagnetické. Pokus náš jest tudíž potvrzením kvantitativním pokusu Thomsonova.

Avšak difference tyto jsou velmi malé, jdouce již první decimálou do míst, jež jsou stížena chybami pozorovacími. Proto nestačil by tento pokus ke spolehlivému vypočítání mohutnosti thermoelektrické železa magnetického vzhledem k železu nemagnetickému. Příčinou toho jest okolnost, že užito teplot T jen mírných, nepřesahujících 90°. Proto provedli jsme pokus nový, při kterém užito teplot vysokých, totiž teplot: varu vody, varu anilinu a tavení olova. Při každé z těchto teplot pozorována střídavě pětkrát elektromotorická síla e při uzavřeném a přerušeném proudu magnetisačním. Pokaždé, když byl při přerušeném proudu magnetisačním thermoelement kompensován a velmi citlivý galvanometr Sauerwaldův neukazoval úchyly žádné, objevila se úchylna (trvalá) ihned, jakmile proud magnetisující byl uzavřen. Vzhledem k tomu, že teploty T a t byly při každé řadě jednotlivých pozorování velmi konstantní a že každá řada obsahovala pět jednotlivých měření, bylo možno obdržeti spolehlivé hodnoty střední.

Výsledky číselné a to jen zmíněné hodnoty střední, jsou obsaženy v tabulce 42. (pag. 124.)

Thermoelektrická mohutnost a_{θ} železa magnetického vzhledem k nemagnetickému jest tudíž dána rovnicí:

$$a_{\theta} = 0.035 + 0.00028\theta$$

Výsledek prvního pokusu.

Pokus druhý při větších rozdílech teplot.

Výsledek kvantitativní druhého pokusu.

Tabulka 42.

Thermoelektrická mohutnost železa nemagnetického i magnetického vzhledem k mědi. Thermoelektrická mohutnost železa magnetického k nemagnetickému.

	t °C	T °C	e pozorováno Mikrovolt	e počítáno Mikrovolt	Diff.	
Železo nemagnetické	16·5	99·3	785	787	— 2	$a = 12·49$
	15·4	184·2	1256	1251	+ 5	$b = - 0·0240$
	17	328	1173	1178	— 5	
Železo magnetické	16·5	99·2	788	790	— 2	$a = 12·43$
	15·4	184·2	1267	1261	+ 6	$b = - 0·0248$
	17	328	1199	1204	— 5	
	16·5	99·2	4·0	4·2	— 0·2	$a = + 0·035$
	15·4	184·0	11·3	10·5	+ 0·8	$b = + 0·00014$
	17	328	25·4	25·8	— 0·4	

Srovnáme-li s konstantou

$$a = 0·035$$

tohoto výrazu konstantu (okrouhle až)

$$a = 13$$

platící pro tvrdou ocel vzhledem k měkké, vidíme, že zde variace thermoelektrického postavení železa vznikající magnetisací, jest velmi nepatrná proti variaci thermoelektrického postavení oceli vznikající kalením; první činí jen $\frac{1}{4}\%$ druhé. I kdyby tudíž ocel ukazovala magnetisaci tutéž změnu konstanty a jako železo, tedy by to přece nebylo nikterak na újmu charakterisování tvrdosti právě touto konstantou a . Jest však jisto, že u oceli bude tato změna menší, zejména když jde o magnetisaci permanentní. Pro praxis možno tudíž přijmouti výsledek, že se ocel magnetická od nemagnetické svým postavením thermoelektrickým skorem pranic neliší.⁴⁹⁾

⁴⁹⁾ Konstanta a vychází při pokusu druhém značně (o 50%) větší než při pokusu prvním, ale také negativní konstanta b vychází při druhém pokusu souhlasně větší než při prvním; máme zde:

Jest zajímavé, že změna thermoelektrického postavení oceli, způsobená magnetisací, jest téhož smyslu, jako změna, kteráž nastává, když se měkká ocel tahem skrze otvory železné průvlačky stává tvrdou, neboť ocel, jejíž tvrdost takto mechanicky se zvýší, jest rovněž thermoelektricky pozitivní vzhledem k měkké oceli.⁵⁰⁾ Jest to znamením, že napjetí v obou případech jde ve stejném smyslu, totiž axiálně; naproti tomu při oceli kalené vzniká napjetí ve směru radiálním; a proto také opačný účinek thermoelektrický.

$$a = 11·86 \quad \text{proti} \quad 12·49$$

$$\text{ale též} \quad b = - 0·0212 \quad \text{»} \quad - 0·0248$$

a právě tím jest ona variace konstanty a kompensována. Jest viděti na tomto příkladě velmi dobře, co jsme při kritice výsledků thermoelektrických pověděli na str. 105, jak jest totiž nesnadno z malé větve paraboly methodou nejmenších čtverců vypočísti hodnoty konstant a a b , jež by byly správnými alespoň na 1 neb 2 procenta a jak ani tehdá není dána záruka přesnosti, když hodnoty pozorované dobře souhlasí s počítanými, poněvadž malá variace v konstantě a vždy může býti kompensována v mezích chyb pozorovacích přiměřenou variací konstanty b .

⁵⁰⁾ Magnus. Pogg. Ann. 83. pag. 469. 1851.

VIII.

Závislost permanentní magnetisace oceli na její tvrdosti.

1. Rozhled všeobecný.

Výhodisté
práce.

Četné a rozmanité zkušenosti, jež jsme učinili při pracích svých vyličených podrobně v oddílech předcházejících, zkušenosti, kterýmiž zejména výhodný poznán byl způsob, jak lze měřiti tvrdost oceli i v odstínech velmi jemných, byly nám průpravou i podnětem, abychom obrátili se též k otázkám magnetickým, jež při oceli nad jiné jsou zajímavé a důležité. Tyto otázky magnetické hledí především k dvojímu hlavnímu cíli; buď se týkají magnetismu *temporárního* (dočasného), kterýž se vzbudí v oceli, pokud jistá síla magnetisující působí; aneb se týkají magnetismu *permanentního* (trvalého), kterýž v oceli zůstává i když ona síla magnetisující působiti přestala.⁵¹⁾ Tato síla magnetisující má z pravidla svůj původ v galvanickém proudu, který prochází solenoidem. Působením proudu tohoto

Magnetismus
temporární a
permanentní.

⁵¹⁾ V příčině označení temporární a permanentní shledáváme v literatuře některé odchylky. Tak užívá Ch. Ruths označení »magnetismus indukovaný« ve smyslu temporární; dále »magnetismus remanentní« ve smyslu permanentní, a pro ten magnetismus, kterýž mizí, když síla magnetisující působiti přestala, (tedy difference temporární-permanentní) užívá názvu »temporární« magnetismus. Ačkoliv se upřítí nedá, že by názvy tyto, jichž také někteří jiní autorové užívají jako na př. L. Kulp — měly některé důvody pro sebe, přece není radno je zaváděti vzhledem k tomu, že názvy »temporární« a »permanentní« v tom smyslu, jak my jich užíváme, jsou již tak ustáleny, že by každá novota jenom zmatek způsobovala. Srovnej G. Wiedemann Beiblätter I. pg. 67. 1877.

vzniká magnetické pole, jehožto intensita lokální se ovšem mění; změna tato jest však velmi malá uvnitř cívky po její ose, nevzdálíme-li se od jejího středu příliš daleko, jakož v oddílu VII. číselně i graficky bylo vyličen; zde tedy máme pole magnetické téměř úplně homogenní, jehožto měrou jest vzhledem k možným velmi malým variacím nejlépe průměrná intensita X pro rozměry daného magnetu počítaná. Proto jest výhodno, aby tento magnet měl rozměry takové, jež by nevybočovaly z pole homogenního. Z pravidla bývají magnety v tomto oboru, kde se jedná o účely theoretické a ne praktické, tvaru lineárního s konstantním průřezem; obyčejně bývá průřez ten kruhem, jehožto poloměr jest malý proti poloměru závitů magnetisující cívky; konstanty magnetu jsou pak jeho délka $= L \text{ cm}$ a jeho poloměr $= \rho \text{ cm}$. I máme pak na jedné straně magnetický moment M tohoto magnetu, na druhé straně průměrnou intensitu X magnetického pole co silu magnetisující; i jedná se o závislost obou těchto veličin a to ve dvojím tom směru, jež jsme naznačili, je-li buď M moment temporární, aneb je-li M moment permanentní.

Přesné a podrobné prozkoumání této závislosti jest však problemem rovněž tak velice rozsáhlým jako nad míru nesnadným. Příčinou toho jest, že se ve funkci, o kterouž zde jde, nalezájí velmi četné arbitrární konstanty, mající na průběh funkce rozhodný vliv. Tak již qualita oceli jest faktorem velmi důležitým; ne menší má význam tvar magnetu a i když určitý tvar jakýsi předpokládáme, jako jsme učinili předpokládajice tvar cylindrický i potom záleží mnoho na rozměrech magnetu, na jeho délce a průměru; zvláště však rozhoduje tvrdost oceli, způsob kalení i napouštění, tak totiž, že při určitém daném magnetu, určitého druhu oceli, určitého tvaru a určitých rozměrů, může průběh oné funkce býti velmi různý, ne snad jen pro různé tvrdosti vůbec, nýbrž též pro tvrdost, kteráž se obyčejně za určitou pokládá, na př. takovou, jakéž kalením do-

Problém všeobecný.

cílíme; dle toho totiž, jak se kali, mění se výsledek, jakož jsme se často přesvědčili, způsobem v skutku překvapujícím. Jest to důkazem, že struktura oceli kalené i napouštěné daleko není tak jednoduchou, jak se obyčejně za to má⁵²⁾ a že také není dosud tak prozkoumána, aby její vliv na výsledek byl jasným a přehledným. Ke všemu tomu přistupuje ještě vliv teploty, ba i vliv faktorů takových, jichž působnost by se ani neočekávala, jako jest na př. rychlost, s jakou magnetisující síla X na určitou výši vystoupí a j.

Rozsah problému všeobecného.

Magnetismus permanentní, maximální.

Z vyličení tohoto vysvítá jasně, že otázky magnetické u oceli jsou velice rozmanité a že jich uspokojivé řešení je spojeno, zejména vzhledem ke zvláštní povaze materialu s obtížemi velkými. Na otázkách těchto pracovali velmi četní badatelé se zdarem větším neb menším, tak že literatura tohoto předmětu jest již nyní velice bohatá a rozsáhlá. Z rozmanitých těchto otázek jsou však zejména ty důležité a zajímavé, jež hledí k magnetismu oceli permanentnímu; a tu zase jest to hlavně otázka, čím jest podmíněn permanentní moment magnetu, kterýž jest magneticky nasycen. Ukazuje se totiž, že permanentní moment jistého určitého, daného magnetu stoupá s intenzitou síly magnetisující, ale tak, že toto stoupání jest čím dál tím mírnější, tak že konečně dostoupí moment magnetu při velmi veliké síle magnetisující jisté hodnoty krajní, přes kterou výše uveden býti nemůže; pravíme pak, že jest magnet ve stavu magnetické sytosti, že jest magneticky nasycen. Vzniká tudíž otázka speciální, čím jest podmíněn tento největší moment, jehož jest daný magnet schopen, za jakých poměrů jest větší, za jakých menší.

⁵²⁾ Proto jest na př. stanovení momentu setrvačnosti magnetu tvaru pravidelného počtem, dle daných formulí, velice nespolehlivé, poněvadž se při nich předpokládá homogenita materialu, a poněvadž také stanovení momentu pokusem jest velice nesnadné, proto náleží moment setrvačnosti magnetu k veličinám, jež se žádoucí přesností ani stanovit nelze.

Tento problém jest oproti problému všeobecnému tak dalece speciálním, že z něho síla magnetisující co veličina magnetický moment podmiňující jest vymýtlena; ovšem že se vyžaduje, aby byla dostatečně velikou, tak aby magnet do stavu sytosti byl přiveden; jak velikou však jest, na tom zde nezáleží. Tímto způsobem odpadá tedy jedna ze základních proměnných, jimiž, jak jsme dříve vyložili, magnetický moment magnetu jest podmíněn; ostatní však proměnné zůstávají i v tomto problému speciálním, tedy zejména tvar magnetu, kvalita oceli a stupeň její tvrdosti; a proto jest i řešení tohoto problému zvláštního ne málo obtížné. Předpokládá-li se konečně cylindrický tvar, jak již nahoře naznačeno, a jistý určitý druh oceli, pak specializuje se problém ještě více v té míře, že se jedná toliko o závislost maximálního⁵³⁾ momentu magnetického na stupni tvrdosti oceli, ve kteréžto funkci pak rozměry magnetu, jeho délka L a jeho průměr $2a$ co arbitrární konstanty zůstávají.

Naznačili jsme z počátku oddílu tohoto, jakého druhu zkušenosti vedly nás k problémům magnetickým, byly to zkušenosti týkající se posouzení a měření stupňů tvrdosti, jak jich kalením a napouštěním v odstínech velmi jemných lze nabýti; proto musila pozornost naše právě k tomu problému speciálnímu se obracet, při kterém tato tvrdost jest hlavní, základní proměnnou. Thema této naší práce jest tím přesně vyznačeno; klademe sobě otázku, jak souvisí s tvrdostí maximální moment permanentní magnetů cylindrických určité quality materialu.

Dosavadní práce⁵⁴⁾ o této otázce jsou velmi hojné a zvláště novější velmi cenné. Práce starší vedly k výsledkům sporným.

Literatura. Výsledky prací dosavadních.

⁵³⁾ Slova »maximální« jest zde užito ve významu volnějším, tedy jen v tom smyslu, že moment maximální jistého magnetu jest v ů b e c největší moment jakýž magnet ten magnetisující silou co největší může obdržeti; nemíní se zde tudíž maximum ve smyslu mathematickém.

⁵⁴⁾ Vedle prací, k nimž níže zvláště je poukázáno, buďtež zde uvedeny následující:

Tak našli J. Müller, ⁵⁵⁾ Plücker ⁵⁶⁾ a G. Wiedemann, ⁵⁷⁾ že se ocel měkká méně silně dá zmagnetisovati, než ocel tvrdá. Právě naopak shledali Hansteen ⁵⁸⁾ a Lamont, ⁵⁹⁾ že se ocel měkká silněji dá zmagnetisovati než ocel tvrdá. Spor tento — jen zdánlivý — vysvětlili Ch. Ruths ⁶⁰⁾ a Fromme. ⁶¹⁾ Ve funkci, o níž zde jde, jsou, jak nahoře řečeno, jisté arbitrární konstanty: jest to délka L a průměr $2q$ cylindrického magnetu. Jedná-li se o moment M úhrnný t. j. o moment magnetu co celek, pak ovšem má vliv každá z obou těchto konstant jednotlivě. K charakterisování magnetisace slouží však daleko lépe moment, vztahovaný na jedničku hmoty, t. j. podíl z momentu úhrnného M a jeho hmoty („váhy“) $= \mu$. Tento podíl $\frac{M}{\mu} = m$ zavádí se co specifický magnetismus, a v tomto rozhoduje již jen poměr obou dimensí L a $2q$ co jediná arbitrární konstanta,

Coulomb; Biot, *Traité de physique* 3. p. 108. 1816.

Barlow, *Phil. Trans.* 1822, p. 117.

v. Waltenhofen, *Dingl. Journ.* 170. p. 346. 1863.

Dingl. Journ. 217. p. 357. 1876.

Dingl. Journ. 232. p. 141. 1879.

J. M. Gauguain, *Compt. rend.* 82. p. 144. 1876.

Trève a Durassier, *Compt. rend.* 82. p. 27. 1876.

Thomas Gray, *Phil. Mag.* 6. p. 321. 1878.

A. Righi, *Mem. d. Acc. di Bologna* 1, 1880.

W. Metcalf, *Trans. Amer. Inst. Min. Engin. Philadelphia* 1881.

A. Pictet, *Arch. de Gen.* (3.) 6. p. 113. et seq. 1881.

John G. Gemmel, *Proc. Roy. Soc.* 39. p. 374—386. 1886.

K. Zickler, *Centralbl. f. Electrotechn.* 4. p. 522—533. 1886.

L. Külpe, *Exner Rep.* 14. p. 1—7. 1888.

⁵⁵⁾ J. Müller, *Pogg. Ann.* 85. pag. 157. 1852.

⁵⁶⁾ Plücker, *Pogg. Ann.* 94. pag. 28. 1855.

⁵⁷⁾ G. Wiedemann, *Pogg. Ann.* 106. pag. 169. 1859.

⁵⁸⁾ Hansteen, *Pogg. Ann.* 3. pag. 236. 1825.

⁵⁹⁾ Lamont, *Handb. des Magnet.* pag. 223, 250 a seq.

⁶⁰⁾ Ch. Ruths: *Ueber die Beziehung zwischen Härte und Magnetismus des Stahles.* Inaug. Diss. Würzburg 1874.

Ueber den Magnetismus weicher Eisencylinder und verschieden harter Stahlsorten. Dortmund 1876.

⁶¹⁾ Fromme *Göttinger Nachr.* 1876, pag. 157.

kterýžto poměr $\alpha = \frac{L}{2q}$ se označuje co poměr rozměrový; Význam poměru rozměrového.

tímto poměrem mění se pak — dle výsledků badání dosavadních — průběh funkce: specif. magnetismus $= f$ (tvrdost) a to ve smyslu následujícím: Je-li α veliké ($>$ asi 30), jsou-li tedy magnety táhlé, pak se dají měkké magnety silněji permanentně zmagnetisovati než tvrdé, naproti tomu je-li α malé ($<$ asi 30) jsou-li tedy magnety krátké, pak lze naopak magnety tvrdé silněji permanentně zmagnetisovati než měkké. Jak dalece přechodní hodnota $\alpha = 30$ souvisí s kvalitou materialu, zůstává dosud nerozhodnuto.

Z vylíčení tohoto vychází, že jest problém, o němž zde jde, dosud sotva jen v hlavních rysech řešen. Pomyslíme-li při problému tomto na jeho grafické znázornění, myslíme-li sobě maximální moment permanentní jistého magnetu za poradnici, jeho tvrdost za úsečku, tedy jsou pro křivku, kteráž by graficky závislost momentu na tvrdosti znázorňovala, některé body určeny, jimiž jest průběh křivky z hruba naznačen. Že v skutku průběh tento jen v hrubém rysu jest dán, vysvitá již z toho, že pro tvrdost, tedy pro základní proměnnou, nebylo dosud žádné míry spolehlivé; tvrdost tato, jak se měnila napouštěním, byla jen dle barev napouštěcích přibližně odhadnuta; o nějakém měření této tvrdosti nemůže ovšem býti při tomto způsobu ani řeči, poněvadž dle barev lze tvrdost na nejvýše přibližně posouditi. Jest však ještě jiný důvod, proč nemůžeme práce dosavadní za definitivní pokládati. Při pracech těch byl každý stupeň tvrdosti repraesentován jiným magnetem, ovšem že stejných rozměrů. Tak na př. měl Ch. Ruths pro jisté poměry rozměrové $\frac{L}{2q}$ vždy tři exempláry magnetů, každý z nich byl kalen, potom jeden zůstal co repraesentant oceli nejtvrdsí, druhý byl napuštěn na žluto, třetí na modro, každý z nich byl pak do sytosti zmagnetisován a výslední moment srovnáván. To předpokládá, že by se magnet

prvý, kalený, kdyby byl napuštěn na žluto, právě tak choval, jako magnet druhý a kdyby byl napuštěn na modro, že by se choval právě tak, jako magnet třetí. Dle zkušeností našich nelze však něco takového proto předpokládati, poněvadž každý magnet, dle toho, jak jest kalen, zcela individuálně se chová, tak že při magnetisaci různých magnetů kalených rozměrů úplně stejných, výslední moment velmi rozdílně se jeví. Příklady toho budou později čteně uvedeny. Ještě závažnější námitky lze však činiti vůči jiné věci. Poměr rozměrový $\frac{L}{2\varrho} = \alpha$, jenž jest zde arbitrární konstantou, má býti v jistých mezích měněn; to pak pokud nám známo, všichni pozorovatelé činí tak, že mění buď jen průměr 2ϱ , aneb délku L a průměr 2ϱ zároveň. Tak užíval u př. Ch. R u t h s, aby měl repraesentanty různých poměrů α , magnety téže délky $L = 120$ mm. ale různých průměrů 1·7 až 5·9 mm. anebo zase téže délky $L = 60$ mm. a průměrů 1·0—3·8 mm. To předpokládá, že jest pro výsledek jednostejno, jak měníme poměr $\frac{L}{2\varrho}$, zda-li buď jen čitatelem, anebo jen jmenovatelem

Věta Thomsonova nepatří pro ocel.
 aneb oběma zároveň; a na důkaz toho se uvádí věta W. Thomsonova⁶²⁾ o magnetismu magnetů tvarů sobě podobných (a podobně ovinutých). Dle věty této byl by moment magnetů cylindrických n násobné délky a n -násobného průměru větší v poměru n^3 , tak že by magnetismus specifický, t. j. magnetismus jedničky hmoty, byl týž. Věta tato platí však o železe⁶³⁾, neplatí však jistě o oceli, snad ještě o oceli měkké, do jisté věci však o oceli napuštěné, neb dokonce o oceli kalené.⁶⁴⁾ Proto nelze výsledky nabyté u magnetů různé tloušťky dokonce vespolek srovnávat,

⁶²⁾ W. Thomson. Phil. Trans. I. p. 287. 1856.

⁶³⁾ jakož dokázal Ch. R u t h s l. c. p. 11.

⁶⁴⁾ Větu tuto, jak jsme ji při první publikaci svých výsledků vyslovili, (1882) potvrdil později H. M e y e r, kterýž v práci své: Ueber die Magnetisirungsfunktion von Stahl und Nickel. Wied. Ann. 18. p. 248. 1883 dochází závěrku, že věta Thomsonova neplatí ani o oceli tvrdé, ba ani ne o oceli měkké.

souhlas nějaký mohl by býti jen nahodilý. Na nejvýše lze tudíž výsledky nalezené pro magnety téže tloušťky stavěti vedle sebe a srovnávat; jak dalece však i zde dlužno si počínati obezřele, ukážeme ještě později.

2. Rozvaha k pokusům vlastním.

Všechny tyto velmi závažné důvody vedly nás k tomu podniknouti nové pokusy, jimiž by závislost maximální permanentní magnetisace oceli na její tvrdosti byla objasněna, a to pro týž material, který jsme vzhledem ke kalení a napouštění již podrobně prozkoumali. První řadu pokusů provedli jsme pro dráty průměru 0·084 cm.; když pokusy tyto byly již ukončeny a když osvojili jsme sobě mnohé velmi cenné a nové zkušenosti, podnikli jsme pak ještě jednu řadu pokusů s dráty průměru 0·15 cm. tato druhá řada pokusů jest proto formálně dokonalejší, poněvadž stanovení celého plánu se dalo již na základě pokusů řady první. Způsobem dříve již obšírně popsáním byly tyto dráty obou druhů kaleny, jich homogenita zkoušena a pak nejlepší z nich pro tyto pokusy magnetické vybrány.

Začínajíc pokusy tyto stáli jsme na stanovisku posledními větami oddílu III. naznačeném. Byli jsme přesvědčeni, že výsledky nabyté pro magnety různých průměrů, nelze vespolek nikterak srovnávat; domnívali jsme se však, že aspoň při stejném průřezu lze docíliti výsledků souhlasných. Majíce tudíž dráty určitého průměru, totiž 0·084 cm, očekávali jsme, že obdržíme pro magnety z různých exemplářů drátů připravené avšak stejné délky, výsledky zcela souhlasné, pro různé délky pak že budou výsledky v jakési spojitě závislosti na této délce. Očekávání toto zdálo se býti oprávněno, poněvadž byly dráty téhož druhu a týmž způsobem kaleny. Avšak očekávání toto se dokonce nesplnilo.

Tak daleko jde individualnost kalené oceli, že jen magnety z téhož drátu lze vespolek srovnávat.

Material ku práci nové.

Individualnost každého jednotlivého kaleného drátu.

možno klásti vedle sebe, ale nikterak magnety z jednoho drátu vedle magnetů z drátu druhého, i kdyby tento druhý drát byl téhož druhu, téhož průměru a stejně kalený. Příčina toho jest ovšem jen v kalení samém. Tam, kde minime, že stejně kalíme, tam zůstávají předce větší nebo menší rozdíly. Kalení není operace, kterouž by mohl experimentátor naprosto ovládati. Přesvědčili jsme se v postupu prací svých, že i jeden a týž magnet několikrát po sobě kalený dával permanentní moment dosti různý. Příklady toho udají se v dalším postupu těchto výkladů. Jest tudíž nad míru důležitě zaujmouti při všech pokusech o magnetismus oceli toto stanovisko zcela nové a dříve ani netušené, že jen magnety z téhož co možná rovnoměrně kaleného kusu oceli zhotovené lze vespolek srovnávat.⁶⁵⁾

Při tom klademe důraz též na rovnoměrnost kalení. Tuto rovnoměrnost bylo by lze právě magneticky zkoušeti velmi citlivě; kdyby se z jednoho kaleného drátu připravilo několik stejně dlouhých magnetů a kdyby se každý z nich do sytosti zmagnetisoval, ukázalo by se ihned, zda-li by byl drát homogenní čili nic, způsobem velmi citlivým.⁶⁶⁾ Q našem případě, kde se má právě naopak magnetismus magnetů různé délky srovnávat, jest ošem nutno tuto žádoucí homogenitu napřed jiným způsobem zkoumati; prováděli jsme to galvanickým odporem, jakož bylo dříve obšírně popsáno a způsob tento se osvědčil velmi dobře.

Bylo dříve řečeno, že pokusy řady druhé jsou formálně do-

⁶⁵⁾ Také Hugo Meyer došel po nás přesvědčení, že jen magnety téhož průměru vespolek lze srovnávat (Wied. Ann. 18. p. 248.) My však jdeme ještě dále tvrdíce, že ani to nestačí, nýbrž že i takové magnety musí býti z téhož kusu najednou co celek rovnoměrně kaleného zhotoveny.

⁶⁶⁾ Myšlenku zkoušení tvrdosti oceli (různého druhu) cestou elektromagnetickou pojal A. v. Waltenhofen již r. 1863. ukázav v práci své: »Ueber die Coercitivkraft verschiedener Stahlsorten« Pogg. Ann. 121. p. 431—458. na četných příkladech, jak lze myšlenku tuto prakticky prováděti. — Srovnej též: »Ueber das elektromagnetische Verhalten des Stahles«, Sitzungsber. d. Akad. d. W. Wien, 48 Bd. pag. 1—30.

konalejší než řady první; můžeme ihned připojiti, že jsou též meritorně v jistém směru dokonalejší, totiž právě vzhledem k otázce rovnoměrnosti kalených drátů. Vyšetřováním homogenity drátů tenčích (0·084 cm. ukázalo se, že zde dráty homogenní jsou velkou vzácností: naproti tomu osvědčily se dráty tlustší (0·15 cm.) v té příčině daleko lépe. Kdežto u oněch zůstávaly i u nejlepších drátů rozdíly o více než jednom procentu, byly zde u nejlepších drátů rozdíly tyto jediné v desetinách procenta, jakož později číselně bude objasněno. Tato okolnost souvisí patrně s tím, že nelze drát tenčí uvést při rozžhavení proudem do žáru tak rovnoměrného jako drát tlustší.

3. Magnetisování.

Magnetisování drátů dalo se cívkou magnetisační podrobně v díle VII. popsanou. Intensita X_b magnetického pole vzbuze-
proudem $= 1 \frac{cm^{\frac{1}{2}} g^{\frac{1}{2}}}{sec} = 10$ Ampère po ose cívky ve vzdálenostech b od středu byla iak tam uvedeno:

pro $b =$	0	5	10	51	20	25
$\Sigma X_b =$	294·5	284·6	201·4	40·2	11·1	4·6

Z našich magnetů byly nejdelší pouze 10 cm. dlouhé. Největší variace intensity X_b byla tudíž toliko:

$$\frac{294·5 - 284·6}{290} = 3·4\%$$

Většina magnetů byla však délky značně menší. Pro tyto bylo pole magnetické velmi blízce homogenní, jakož ukazují hodnoty X_b počítané pro menší vzdálenosti b od středu osy; vychází totiž:

pro $b =$	0	1	2	3	4	5
$\Sigma X =$	294·5	293·9	293·0	291·5	288·8	284·6

Ještě příznivěji vychází homogenita magnetického pole, když se berou v počet střední hodnoty X pro jisté délky $2b$; jak v díle VII. bylo uvedeno, jest:

pro $2b =$	0	10	20	30	40	
$\Sigma X =$	294.5	291.4	274.2	218.2	169.1	136.8

Pro nejdelší z našich magnetů ($2b = 10$) činí tudíž variace pouze:

$$\frac{294.5 - 291.4}{293} = 1.6\%$$

Pro většinu těchto magnetů jest však variace ještě menší, jakož zase dokazuje počet provedený pro menší délky $2b$; vychází totiž:

pro $2b =$	0	2	4	6	8	10
$\Sigma X =$	294.5	294.3	294.0	293.5	292.6	291.4

Lze tudíž říci, že se při magnetisaci nalezali magnety v poli magnetickém, jež bylo velmi blízce homogenním. Silu tohoto pole obdržíme, když uvedena čísla ΣX_b i ΣX počítaná pro $J = 1$ násobíme intenzitou proudu při magnetisaci užitého. Byl nám k dispozici dynamoelektrický stroj Hefner-Alteneckův; intenzita proudu při (krátkém) spojení cívky magnetisační byla stanovena okrouhle na

$$J = 30 \frac{cm^{\frac{1}{2}} g^{\frac{1}{2}}}{sec} = 30 \text{ Ampère.}$$

Byla tudíž největší intenzita magnetického pole

$$= 294.5 \times 30 = 883.5 \frac{g^{\frac{1}{2}}}{cm^{\frac{1}{2}} sec}$$

Tato intenzita jest velmi značná⁶⁷⁾ tak že nelze o tom pochybovati, že jsme při svých magnetech dosáhli největší magnetisace, kteréž magnety byly schopny tím spíše, poněvadž byly magnety velmi tenké (na nejvýše 0.15 cm. tloušťky.)⁶⁸⁾

Při magnetisování galvanickým proudem vzniká vždy otázka, jakým způsobem dlužno magnet v působnost proudu uvést

⁶⁷⁾ Největší intenzita, již užil na p.ř. Ch. Ruths při magnetisaci magnetů ocelových, byla 147.

⁶⁸⁾ Přesvědčili jsme se často opětným magnetisováním, že se magnetický moment nezvýšil aneb jen o tak málo, že bylo zvýšení menší než jedno procento.

a zase z této působnosti vyvésti. Někteří badatelé jako na p.ř. G. Wiedemann a C. Fromme majíce vyšetřovati magnetismus železných neb ocelových tyčí, vkládali je do cívky magnetisační teprve, když již před tím byl proud uzavřen; a naopak vyndávali je dříve než byl proud přerušen. Tento způsob odůvodňují pak tím, že by jinak, kdyby tyč byla v cílce před uzavřením proudu i po jeho přerušení, magnetičnosť tyče mohla býti proměněna působením proudů indukovaných, jež se vzbudí nejen uzavřením a přerušením proudu (elektroindukcí) nýbrž též vznikáním a zanikáním magnetismu tyče (magnetoidukcí). Jiní badatelé, jako Holz⁶⁹⁾ a Ruths⁷⁰⁾ nechávají naopak tyče takové stále v cílce uzavírajíce proud, když již tyč do cívky byla vložena, a přerušující je dříve než tyč z cívky se vytáhne. K odůvodnění toho pak uvádějí, že se magnetismus tyče vytažením z cívky, kterou ještě proud prochází, může změnit a že výhoda homogenního pole magnetického se takovýmto vytažením úplně ztrácí. Již v. Waltenhofen⁷¹⁾ ukázal, že náhlým přerušením proudu permanentní moment se umění, ba že se může i smysl magnetisace změnit, tak že permanentní moment jest opácného znamení proti temporárnímu (magnetisace anomální). Naopak při náhlém uzavření proudu může vzniknouti temporární moment silnější než by jinak z dané intenzity proudu vycházel. Výjevy tyto mají zejména pro theorii otáčivých magnetů molekulárních svůj zvláštní význam. Působením proudu uvedou se do nových rovnovážných poloh; při náhlém uzavření proudu jest impuls prudký a magnety přejdou přes novou rovnovážnou polohu dále a oscilující kolem ní přecházejí odporem, kterýž jich pohyb dusí, konečně v klid — moment temporární jest tedy větší; naopak při náhlém přerušení proudu, přeskočí při zpětném pohybu přes tu rovnovážnou polohu, jež by jinak byly zaujaly, po případě pře-

⁶⁹⁾ Holz. Pogg. Ann. svazek doplňující VIII. p. 353. 1878.

⁷⁰⁾ I. c. Dortmund. 1876.

⁷¹⁾ v. Waltenhofen Pogg. Ann. 120. p. 650. 1863.

skočí i v opačný smysl, čímž ona anomální magnetisace může vzniknouti. Jak viděti, má způsob manipulace při magnetisování význam jak pro magnetismus temporární tak i pro permanentní. Náhlé uzavření proudu zvyšuje moment temporární, náhlé přerušeni zmenšuje moment permanentní.⁷²⁾ V našem případě jednalo se nám o permanentní moment maximální; musilo tedy vše býti vymýšleno, co by tento moment mohlo dodatečně zmenšiti. Náhlé přerušeni proudu bylo tedy vyloučeno. Ale také pro vytážení drátů před přerušením proudu nemohli jsme se odhodlati, majíce za to, že by v skutku moment permanentní vytážením magnetů z homogenního magnetického pole mohl býti umenšen, zejména, když se uváží, že intensita magnetického pole klesá prudce, když z vnitřku cívky vyjdeme na venek, jakož v dílu VII. graficky bylo znázorněno. Rozhodli jsme se tudíž vyhnouti se všem těmto obtížím pokud možná tím, že jsme nechali dráty v cívce, ale nepřerušili jsme proud náhle, nýbrž jen ponenáhlu, tak že jeho intensita pozvolna z největší výše klesala na nulla. Při užití dynamoelektrického stroje dá se tento způsob velmi dobře provésti. Plynový motor se nejprve rozežene, co zatím stroj dynamoelektrický jest vypjat; když pak motor plnou rychlostí běží, vepne se přešnutím řemene dynamoelektrický stroj, čímž intensita proudu vystoupí sice rychle, ale předce nikoliv náhle na plnou výši; pak se nechá proud jistý čas působiti a potom se přešine řemen na prázdný kotouč transmise, tak že rychlost otáčení stroje dynamoelektrického neuменší se zprudka a náhle, nýbrž ponenáhla, jak totiž stroj rozebraný sám sebou přijde v klid. Proud nenechávali jsme působiti déle než asi 15 sekund, aby proudem velmi silným nenastalo značnější zahřátí cívky. Obvyčejně jsme tuto magnetisaci ještě jednou — po uplynutí asi 1 minuty opakovali. Domníváme se, že se takovýmto způsobem

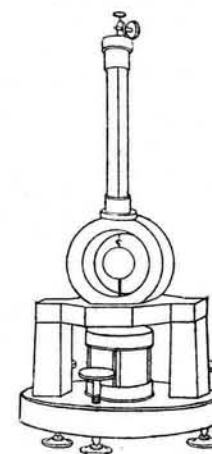
⁷²⁾ O těchto otázkách podnikl obšírnou práci C. Fromme: »Magnetische-Experimentaluntersuchungen. Wied. Ann. 5. p. 345–388. 1878.

permanentní moment magnetů v skutku co možná nejméně se slabil, tak že za maximální mohl býti pokládán.⁷³⁾

4. Stanovení magnetického momentu.

Stanovení momentu jednotlivých magnetů dalo se methodou úchylek. Magnetem uchýleným bylo kulaté ocelové zrcátko Sauerwaldovo zavěšené v magnetometru F. Kohlrauschově (obr. 41.) na vlákně kokonovém; magnety uchylující, jichž moment se

Methoda
úchylek.



Obr. 41.

vyšetřoval, byly postaveny do první neb druhé hlavní polohy Gaussovy (obr. 42.)

Úchylka φ , jakouž způsobil magnet uchylující momentu M ve vzdálenosti r , byla stanovena dalekohledem a škálou ve vzdále-

⁷³⁾ Námitka, kterou činí G. Wiedemann: Elektrizität, III. p. 561, že se intensita proudu u strojů dynamoelektrických stále mění, čímž vzniká jakési oscilování intensity kolem jisté hodnoty průměrné a následkem toho také stálé stáčení molekulárních magnetů, má svou závažnost pro magnetismus temporární, který se pak tím ovšem též stále mění, avšak nikoliv pro permanentní moment maximální, kterýž zůstává, když již proud působiti přestal a kterýž se onou oscilací molekulárních magnetů kolem jisté rovnovážné polohy po dobu působení proudu spíše sesílí; při práci naší měli jsme pak jenom tento moment permanentní na zřeteli.

nosti R od zrcadla upevněnou; z pošinutí n dílců v dalekohledu pozorovaného při otočení magnetu uchylujícího o 180° vypočítal se úhel φ dle:

$$2 \tan 2\varphi = \frac{n}{R}$$

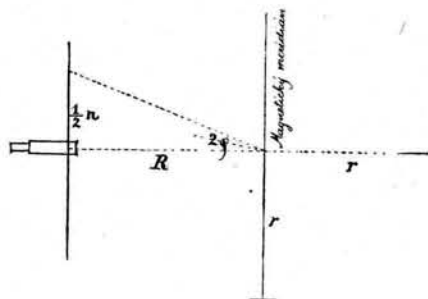
a z toho pak moment M dle rovnic

$$M = \frac{1}{2} \frac{r^3 H \tan \varphi}{1 + \frac{1}{2} \frac{r^2}{R^2}}$$

aneb

$$M = \frac{r^3 H \tan \varphi}{1 - \frac{3}{8} \frac{r^2}{R^2}}$$

dle toho, zdali bylo pozorováno v první neb druhé hlavní poloze. V rovnicích těchto znamená H střední horizontální intensitu



Obr. 42.

zemského magnetismu pro místo, na němž stál magnetometr; l jest vzdálenost polů magnetu uchylujícího; tato byla počítána z celé délky L magnetu uchylujícího dle rovnice:

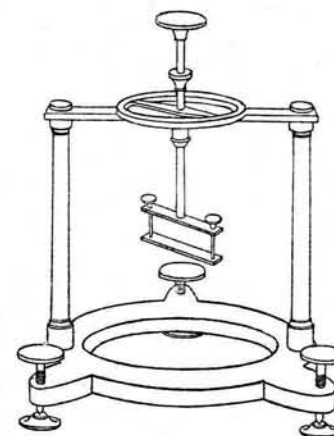
$$l = 0.85 L$$

kteráž pro účel náš úplně stačila.⁷⁴⁾

Pozornost naše byla při stanovení momentu M obrácena hlavně k tomu, aby zabezpečeny byly změny momentů M co nejjistěji; neboť při práci naší jednalo se ne tak o absolutní

⁷⁴⁾ Viz v této příčině: F. Kohlrausch, Ueber den Polabstand etc. eines Magnets, Wied. Ann. 22. p. 411. 1884.

hodnoty momentů M jako hlavně o hodnoty relativní. Proto byl dalekohled pozorovací se škálou jednou pro vždy do vhodné vzdálenosti od zrcadla postaven a zůstal v tom postavení po celý čas, dokud jedna řada pozorování nebyla zakončena; proto byl též magnet uchylující staven vždy do téže vzdálenosti od magnetometru, při čemž bylo zvláštní opatření učiněno, aby byla zabezpečena neproměnnost této vzdálenosti, kteráž ve formuli ve třetí mocnosti přichází, tak že její eventuální změny mají na výsledek vliv veliký. K tomu cíli byl do vhodné vzdálenosti od



Obr. 43.

magnetometru postaven zvláštní přístroj F. Kohlrauschův (obr. 43.), do něhož se magnet uchylující horizontálně vepínal a jímž se v rovině horizontální dal otáčet. Na masivním kruhu mosazném, stavěcími šrouby opatřeném, spočívá na dvou kolmých sloupcích kruh mosazný na stupně rozdělený. Alhidade kruhu tohoto, otáčející se v ložisku konickém u prostřed kruhu má na obou koncích nonie, uprostřed pak vertikální tyč otáčivou i ve výšce pošinutelnou, do které na jejím konci dolejším lze magnet vhodně upevniti. Tímto způsobem přišel magnet, který byl vyšetřován, vždy do téže výšky a téže vzdálenosti od magnetometru, při čemž malé změny, jež by snad různým

upevněním magnetu nastaly, byly ještě tím eliminovány, že se magnet o 180° otočil; vzdálenost r byla pak dána vzdáleností osy tohoto otáčivého aparátu od kokonového vlákna, na němž viselo ocelové zrcátko magnetometru.

Vlivy
sekundární.

Teplota sině, ve kteréž pozorování byla konána, měnila se v mezích úzkých od 18° asi do 21°; vliv těchto malých změn na moment magnetický jest řádu druhého a nebyl proto brán v počet, což ostatně ani nebylo možno, poněvadž koeficient teploturní nemohl býti určen z příčin, jež v dílu následujícím budou vyloženy. Také variace horizontální intensity jsou řádu druhého a nebyly rovněž zvláště stanoveny. Koeficient torse u magnetometru byl nalezen = 0·00032, byl tedy tak nepatrný, že rovněž nebylo třeba jeho vlivu si všimati.

Číselné hodnoty konstant, jež v hořejších rovnicích přicházejí, budou udány později na svém místě. Také rozměry a váha jednotlivých magnetů, jež byly vyšetřovány, budou níže udány; z momentu M a váhy μ jednotlivých magnetů počítán pak poměr $\frac{M}{\mu} = m$ co magnetismus specifický, totiž moment na jedničku hmoty přicházející; právě tato veličina jest pro magnetisaci charakteristickou.

5. Stanovení stupně tvrdosti.

Specifický
odpor měrou
tvrdosti.

Vzhledem k tomu, že pozornost naše zde hlavně k vlastnostem magnetickým byla obrácena, volili jsme ke stanovení tvrdosti metodu jednodušší, tedy nikoliv stanovit tvrdost dle mohutnosti thermoelektrické, nýbrž dle galvanického odporu.⁷⁵⁾ Vztah obou veličin vzájemný byl z prací předcházejících beztoho znám. Také zde bylo hlavně k tomu přihlíženo, aby relativní hodnoty odporu specifického co možná jistě byly zabezpečeny; methodou Hockin-Matthiessen dříve již obsírně popsanou, dosáhlo se požadavku tohoto co nejdokonaleji.

⁷⁵⁾ Také již proto, že magnety byly příliš krátké, než aby mohly být kvantitativně thermoelektricky vyšetřovány.

V následujícím jest udáván nikoliv odpor drátu té délky, jak byl ve proud zapjat, nýbrž ku snazšímu srovnávání odpor W délky 100 cm. v Ohmech, již také proto, aby byla dána ke srovnávání čísla přehlednější na místě čísel velmi malých, jež jsme obdrželi pro délky drátu jen několik málo cm. obnášející. Průměr drátu byl určen z několika aequidistantních pozorování drobnohledem opatřeným škálou okulární; z odporu W a průřezu středního πq^2 počítán pak odpor specifický $s_1 \frac{cm}{cm^2} t^0$ Mikrohmm; tento pak byl konečně dle známého koeficientu přepočítán na teplotu 0°, tím zjednána veličina $s \frac{cm}{cm^2} 0^0$ Mikrohmm, kterouž jsme v následujícím co miru tvrdosti důsledně podrželi.

6. Průběh napouštění magnetů.

Tabulka 43.

Postup napouštění drátů tenčího druhu.

$$2q = 0\cdot084 \text{ cm.}$$

Postup napouštění	Odpor specifický $s \frac{cm}{cm^2} 0^0$ Mikrohmm	
	Drát I.	Drát II.
Dráty kalené	38·5	37·3
Dráty napouštěné: 1 hod. ve vodních parách 100°	36·3	34·7
3 hod. ve vodních parách 100°	34·8	33·0
6 hod. ve vodních parách 100°	33·9	32·2
10 hod. ve vodních parách 100°	33·4	31·6
20 min. v parách anilinových 185°	29·5	27·4
1 hod. v parách anilinových 185°	28·4	26·3
3 hod. v parách anilinových 185°	27·1	24·9
7 hod. v parách anilinových 185°	25·9	23·7
13 hod. v parách anilinových 185°	25·0	22·8
1 min. v lázni olověné 330°	20·4	18·9
1 hod. v lázni olověné 330°	18·8	17·4
Dráty vyžíhané	15·7	14·5

Východištěm pokusů byla tvrdost největší, jakéž kalením drátů dosaženo. Stupeň této tvrdosti byl úmyslně volen u jednotlivých drátů nikoliv souhlasný, nýbrž dosti značně rozdílný; dráty tenčí měly odpor specifický značně menší, než dráty silnější, jakož z číselného materiálu dále uvedeného vysvitá.

K napouštění užito pak par vodních (teploty 100°), par anilinových (185°), lázni cínových (240°), olověných (330°) a zinkových (430°) a to po dobu vhodně volenou.

Konečně byly magnety v rouře železné, vyplněné okujemi a obalené v hlinu žihány ve výhni v prudkém žáru, načež v popelu nechány přes noc, aby co možná pozvolna chladly.

Tabulka 44.

Postup napouštění drátů silnějšího druhu

$$2\varrho = 0.15 \text{ cm.}$$

Postup napouštění	Odpor specifický $s \frac{\text{cm}}{\text{cm}^2} 0^\circ$ Mikrohm			
	Drát IX.	Drát X.	Drát XI.	Drát XII.
Dráty kalené	47.2	46.8	43.8	43.5
Dráty napuštěné:				
1 hod. ve vodních parách 100°	42.0	41.7	38.6	38.4
3 hod. ve vodních parách 100°	39.5	39.3	36.5	36.2
6 hod. ve vodních parách 100°	38.2	38.0	35.1	34.9
10 hod. ve vodních parách 100°	37.4	37.1	34.3	34.0
20 min. v parách anilinových 185°	31.5	31.4	29.0	28.7
1 hod. v parách anilinových 185°	29.7	29.6	27.5	27.3
3 hod. v parách anilinových 185°	27.9	27.7	25.6	25.5
7 hod. v parách anilinových 185°	26.2	26.0	24.2	23.9
13 hod. v parách anilinových 185°	24.8	24.6	22.9	22.7
10 min. v lázni cínové 240°	24.0	23.8	22.2	22.0
1 min. v lázni olověné 330°	20.3	20.1	19.0	18.7
1 hod. v lázni cínové 420°	17.5	17.2	16.2	16.0
Dráty vyžihané	15.7	15.6	14.9	14.9

Z tenčího druhu ocelových drátů pro prvou řadu pokusů byly vybrány dráty dva, označeny I. a II.; pro prvou řadu pokusů vybrány pak dráty čtyři, označeny IX., X., XI., XII. Postup napouštění ukazují tabulky 43. a 44.

7. Prvá řada pozorování. Magnety průměru menšího.

Prvá řada našich pozorování obsahuje magnety zhotovené z drátů I. a II. Z drátů I. jsou magnety No. 1, 2, 3 a 4 délky (okrouhle) 2 cm., 4 cm., 6 cm., 8 cm.; z drátu II. magnety No. 6., 9., 10. délky (okrouhle) 3 cm., 10 cm., 12 cm. Délky tyto nevypadly ovšem zcela tak, jak bylo míněno; neboť jest velice nesnadno tvrdý drát ocelový přelomiti na určitém místě; proto jsou délky skutečné uvedených magnetů poněkud od oněch délek projektovaných rozdílny. Jak viděti, měl drát II. doplňovati drát I.; byl totiž plán pokusu, míti magnety délek 2, 3, 4, 6, 8, 10 a 12 cm., netušili jsme začínající své pokusy, že by výsledky s magnety drátu I. nebylo lze postavit po bok výsledkům drátu II., teprve postupem práce ukázalo se, že dlužno přísně magnety různých drátů od sebe rozeznávat a toliko magnety z jednoho a téhož drátu vedle sebe stavěti a srovnávat. Proto byly také vyloučeny dodatečně magnety délek 5 cm., 7 cm., 9 cm., 11 cm., které k doplnění číselné řady byly zhotoveny z drátů ještě jiných (téhož průměru), tak že jsme pouze magnety drátů I. a II. dále zkoušeli. V průběhu pokusu stalo se, že magnet No. 10. se přelomil neopatrným přitážením svorky na 3 kusy; tím vznikly magnety délek (okrouhle) 1.6 cm., 4.7 cm. a 5.7 cm., kteréžto délky se do celého plánu nehodí; avšak nehoda tato měla zase tu dobrou stránku, že tím magnety drátu druhého byly rozmnoženy o několik menší délky, čímž pak magnety tohoto drátu činily pro sebe celek jako magnety drátu prvního; proto bylo i číslování oněch magnetů přiměřeně k jich délkám dodatečně upraveno.

Počet a rozměry magnetů.

Následující tabulka udává konstanty magnetů No. 1. až 10. Jich rozměry byly stanoveny původně pro magnety tvrdé, byly však průběhem kalení kontrolovány; změny bylo lze zřetelně konstatovati, v tabulce jsou udány hodnoty střední. Také specifická váha $\triangle$ jest z rozměrů počítána, více jen ke kontrole měření, poněvadž výsledek počtu může býti správný jen asi na 1%, protože průřez drátu nelze přesněji obdržeti; jest však zajímavě tuto veličinu aspoň tak přesně též spolu určovati poněvadž, jak jest velmi pravdě podobno, má na vlastnosti magnetické též jistý vliv.

Tabulka 45.

Konstanty magnetů průměru menšího.

Drát 2ϱ cm., $\triangle$	Magnet No.	Hmota μ g	Délka L cm.	Poměr rozměrový $\alpha = \frac{L}{2\varrho}$
I. $2\varrho = 0.0838$ cm. $\triangle = 7.70$	1.	0.086	2.00	23.9
	2.	172	4.05	48.4
	3.	249	5.85	69.8
	4.	336	7.90	94.3
II. $2\varrho = 0.0831$ cm. $\triangle = 7.69$	5.	068	1.63	19.6
	6.	126	3.03	36.5
	7.	197	4.72	56.8
	8.	236	5.66	68.1
	9.	413	9.92	119.5
	10.	502	12.06	145.1

Homogenitu drátů I. a II. lze posouditi z odporu W (1 m. Ohm) jednotlivých magnetů, jež z drátů těchto byly zhotoveny; u některých nemohl ovšem tento odpor býti stanoven, poněvadž byly příliš krátké; jsou to magnety No. 1., 5. a 6., jichž délka byla jen 2 cm., 1.6 cm. a 3 cm.; odpor těchto magnetů byl zjednáán (pro úplnost) interpolací, což jest v následujících tabulkách bodem před číslo položeným vyznačeno.

Stanovení magnetického momentu M dalo se v druhé hlavní poloze Gaussově. Číselné hodnoty konstant v rovnicích:

$$m = \frac{M}{\mu} \quad M = \frac{r^3 H \tan \varphi}{1 - \frac{3}{8} \frac{l^2}{r^2}} \quad 2 \tan \varphi = \frac{n}{R}$$

byly jak následuje:

$$H = 0.196 \frac{g^{\frac{1}{2}}}{\text{cm}^{\frac{1}{2}} \text{sec}} \quad r = 26.34 \text{ cm} \quad R = 207.4 \text{ cm.}$$

8. Výsledky pozorování řady první.

Číselné výsledky této první řady pozorování jsou obsaženy v tabulce následující:

Tabulka 46.

Vztah mezi maximálním magnetismem permanentním a tvrdostí magnetů.

Drát	Magnet No.	$\frac{L}{2\varrho} = \alpha$	W 1 m Ohm	t °C	$s \frac{\text{cm}}{\text{cm}^2} O^0$ Mikrohm	n cm	$\frac{M}{\text{cm}^{\frac{5}{2}} \text{g}^{\frac{1}{2}} \text{sec}}$	$\frac{m}{\text{cm}^{\frac{5}{2}} \text{g}^{\frac{1}{2}} \text{sec}}$
1. Magnety kalené.								
I.	1.	24	0.726	18.2	38.5	1.34	2.89	37.7
	2.	48	0.734	17.6	38.8	3.46	7.41	43.0
	3.	70	0.727	18.3	38.6	5.28	11.20	45.0
	4.	94	0.716	18.7	38.1	7.68	16.06	47.9
II.	6.	36	0.719	18.5	37.3	2.58	5.54	43.9
	9.	120	0.723	18.5	37.5	10.77	22.11	53.5
	10.	145	0.714	18.5	37.1	13.78	27.65	55.1
2. Magnety napouštěné 1 hod ve vodní páře.								
I.	1.	24	0.687	18.4	36.3	1.33	2.85	33.3
	2.	48	0.695	18.2	36.7	3.38	7.23	42.0
	3.	70	0.688	18.4	36.4	5.19	11.01	44.3
	4.	94	0.679	18.6	35.9	7.51	15.70	46.8
II.	6.	36	0.670	18.6	34.7	2.53	5.44	43.1
	9.	120	0.673	18.6	34.8	10.61	21.78	52.8
	10.	145	0.667	18.6	34.6	13.53	27.15	54.1

Drát	Magnet No.	$\frac{L}{2\rho} = \alpha$	$W \text{ 1 m}$ Ohm	t °C	$s \frac{cm}{cm^2} O^0$ Mikrohm	n cm	$\frac{M}{cm^2 g^{\frac{1}{2}}}$ sec	$\frac{m}{cm^2 g^{\frac{1}{2}}}$ sec
3. Magnety napouštěné 3 hod. ve vodní páře.								
I.	1.	24	0.662	20.1	34.8	1.30	2.80	32.7
	2.	48	0.669	20.0	35.1	3.30	7.06	41.0
	3.	70	0.665	20.2	34.9	5.08	10.78	43.3
	4.	94	0.653	20.2	34.4	7.41	15.49	46.2
II.	6.	36	0.641	20.1	33.0	2.50	5.36	42.5
	9.	120	0.644	20.2	33.2	10.41	21.38	51.8
	10.	145	0.638	20.1	32.9	13.29	26.67	53.2
4. Magnety napouštěné 6 hod. ve vodní páře.								
I.	1.	24	0.648	21.1	33.9	1.28	2.76	32.2
	2.	48	0.654	20.9	34.2	3.23	6.91	40.1
	3.	70	0.651	21.3	34.1	5.00	10.60	42.7
	4.	94	0.638	21.2	33.5	7.29	15.24	45.4
II.	6.	36	0.626	21.0	32.2	2.47	5.31	42.0
	9.	120	0.630	21.0	32.3	10.22	20.98	50.8
	10.	145	0.623	21.0	32.1	13.05	26.19	52.2
5. Magnety napouštěné 10 hod. v páře vodní.								
I.	1.	24	0.637	20.1	33.4	1.28	2.75	32.1
	2.	48	0.645	20.2	33.7	3.24	6.93	40.2
	3.	70	0.640	20.1	33.6	5.00	10.60	42.7
	4.	94	0.627	20.0	33.0	7.30	15.25	45.4
II.	5.	20	0.614	20.1	31.6	0.93	2.01	29.6
	6.	36	0.614	20.1	31.6	2.42	5.19	41.1
	7.	57	0.614	20.2	31.6	4.28	9.13	46.4
	8.	68	0.612	20.3	31.4	5.30	11.29	47.8
	9.	120	0.617	19.8	31.7	10.26	21.06	51.0

Drát	Magnet No.	$\frac{L}{2\rho} = \alpha$	$W \text{ 1 m}$ Ohm	t °C	$s \frac{cm}{cm^2} O^0$ Mikrohm	n cm	$\frac{M}{cm^2 g^{\frac{1}{2}}}$ sec	$\frac{m}{cm^2 g^{\frac{1}{2}}}$ sec
6. Magnety napouštěné 20 min. v parách anilinových.								
I.	1.	24	0.566	20.1	29.5	1.28	2.76	32.2
	2.	48	0.572	20.1	29.7	3.45	7.38	42.8
	3.	70	0.568	20.1	29.6	5.38	11.41	45.9
	4.	94	0.559	20.1	29.2	7.85	16.41	48.9
II.	5.	20	0.536	20.0	27.4	0.92	1.98	29.1
	6.	36	0.536	20.0	27.4	2.56	5.51	43.6
	7.	57	0.534	20.0	27.3	4.51	9.62	48.9
	8.	68	0.536	20.0	27.4	5.69	12.12	51.3
	9.	120	0.539	20.0	27.5	11.05	22.69	55.0
7. Magnety napouštěné 1 hod. v parách anilinových.								
I.	1.	24	0.545	18.9	28.4	1.36	2.93	34.1
	2.	48	0.550	19.0	28.7	3.63	7.77	45.1
	3.	70	0.546	19.0	28.5	5.64	11.96	48.1
	4.	94	0.538	18.8	28.1	8.27	17.29	51.5
II.	5.	20	0.514	18.8	26.3	0.94	2.04	30.0
	6.	36	0.514	18.8	26.3	2.68	5.75	45.6
	7.	57	0.515	19.0	26.4	4.75	10.14	51.5
	8.	68	0.512	19.0	26.2	5.96	12.69	53.7
	9.	120	0.514	18.5	26.3	11.66	23.94	58.0
8. Magnety napouštěné 3 hod. v parách anilinových.								
I.	1.	24	0.520	18.9	27.1	1.44	3.09	36.1
	2.	48	0.523	18.8	27.2	3.93	8.41	48.8
	3.	70	0.523	18.9	27.3	6.17	13.08	52.6
	4.	94	0.514	19.0	26.8	8.99	18.80	56.0
II.	5.	20	0.488	18.8	24.9	1.00	2.16	31.8
	6.	36	0.488	18.8	24.9	2.90	6.23	49.3
	7.	57	0.487	18.7	24.9	5.16	11.01	55.9
	8.	68	0.486	18.8	24.8	6.46	13.76	58.2
	9.	120	0.490	19.0	24.9	12.68	26.03	63.1

Drát	Magnet No.	$\frac{L}{2\varrho} = \alpha$	$W \text{ 1 m}$ Ohm	t °C	$s \frac{\text{cm}}{\text{cm}^2} O^0$ Mikrohm	n cm	$\frac{M}{\text{cm}^{\frac{5}{2}} \text{ g}^{\frac{1}{2}} \text{ sec}}$	$\frac{m}{\text{cm}^{\frac{5}{2}} \text{ g}^{\frac{1}{2}} \text{ sec}}$
9. Magnety napouštěné 7 hod. v parách anilinových.								
I.	1.	24	0.500	20.0	25.9	1.51	3.25	37.9
	2.	48	0.503	20.0	26.1	4.29	9.19	53.3
	3.	70	0.502	20.0	26.0	6.72	14.26	57.3
	4.	94	0.495	20.0	25.7	9.89	20.67	61.6
II.	5.	20	0.466	20.0	23.7	1.09	2.36	34.7
	6.	36	0.466	20.0	23.7	3.11	6.69	53.0
	7.	57	0.465	20.0	23.6	5.63	12.02	61.0
	8.	68	0.467	20.0	23.7	7.11	15.14	64.0
	9.	120	0.467	20.0	23.7	13.88	28.50	69.0
10. Magnety napouštěné 13 hod. v parách anilinových.								
I.	1.	24	0.483	19.9	25.0	1.59	3.42	39.9
	2.	48	0.483	19.9	24.9	4.60	9.85	57.1
	3.	70	0.485	19.9	25.1	7.19	15.25	61.3
	4.	94	0.480	19.9	24.9	10.50	21.95	65.4
II.	5.	20	0.449	19.9	22.8	1.11	2.39	35.2
	6.	36	0.449	19.9	22.8	3.30	7.09	56.2
	7.	57	0.445	19.8	22.6	6.01	12.83	65.1
	8.	68	0.449	19.0	22.7	7.66	16.31	69.1
	9.	120	0.454	20.0	23.0	14.69	30.16	73.1
11. Magnety napouštěné 1 min. v lázni olověné.								
I.	1.	24	0.397	18.6	20.4	1.57	3.38	39.4
	2.	48	0.399	18.4	20.5	5.68	12.16	70.5
	3.	70	0.397	18.7	20.4	9.44	20.02	80.5
	4.	94	0.394	18.7	20.3	14.06	29.40	87.6
II.	5.	20	0.374	18.5	18.9	0.99	2.15	31.5
	6.	36	0.374	18.5	18.9	3.58	7.68	60.9
	7.	57	0.374	18.5	18.9	7.25	15.47	78.5
	8.	68	0.373	18.7	18.8	9.32	19.85	84.0
	9.	120	0.375	18.4	18.9	18.91	38.82	94.0

Drát	Magnet No.	$\frac{L}{2\varrho} = \alpha$	$W \text{ 1 m}$ Ohm	t °C	$s \frac{\text{cm}}{\text{cm}^2} O^0$ Mikrohm	n cm	$\frac{M}{\text{cm}^{\frac{5}{2}} \text{ g}^{\frac{1}{2}} \text{ sec}}$	$\frac{m}{\text{cm}^{\frac{5}{2}} \text{ g}^{\frac{1}{2}} \text{ sec}}$
12. Magnety napouštěné 1 hod. v lázni olověné.								
I.	1.	24	0.367	18.8	18.8	1.45	3.11	36.3
	2.	48	0.370	18.8	18.9	5.96	12.76	74.0
	3.	70	0.367	18.8	18.8	10.13	21.48	86.4
	4.	94	0.365	18.7	18.7	15.27	31.92	95.2
II.	5.	20	0.346	18.8	17.4	0.94	2.03	29.8
	6.	36	0.346	18.8	17.4	3.59	7.71	61.1
	7.	57	0.345	18.8	17.4	7.62	16.25	82.5
	8.	68	0.345	18.8	17.3	9.96	21.22	89.8
	9.	120	0.348	18.7	17.5	20.62	42.34	102.6
13. Magnety vyžehnané.								
I.	1.	24	0.302	15.1	15.7	0.32	0.69	8.0
	2.	48	0.310	18.2	15.7	2.57	5.70	31.9
	3.	70	0.308	18.2	15.7	6.21	13.18	53.0
	4.	94	0.299	9.0	15.6	10.85	22.68	67.6
II.	5.	20	0.288	15.4	14.6	0.31	0.25	3.7
	6.	36	0.288	15.4	14.6	1.39	2.99	23.7
	7.	57	0.292	18.3	14.6	4.22	9.00	45.7
	8.	68	0.292	18.3	14.6	6.07	12.93	54.7
	9.	120	0.279	9.6	14.5	16.23	33.55	80.7

9. Druhá řada pozorování. Magnety průměru většího.

Provedše prvou řadu pozorování a seznávše velmi zajímavé výsledky řady této byli jsme nabádáni podniknouti ještě další novou a obsírnější řadu pozorování s dráty průměru většího 0.15 cm. Oproti drátům dřívějším průměru 0.083 cm. vynikaly dráty tyto dvěma vlastnostmi, větší tvrdostí a větší rovnoměr-

Plán nové řady pokusů.

ností. Pro dráty kalené obdrželi jsme zde největší hodnoty pro odpor specifický s , jež jsme kdy stanovili totiž až $s = 47.5 \left(\frac{\text{cm}}{\text{cm}^2} \right) 0^0 \text{ Mikrohm}$. Homogenita drátů osvědčila se pak u nejlepších, k pokusům volených drátů tak daleko, že rozdily, jak již řečeno, v odporu různých částí téhož drátu nečinily více než jen několik desetin procenta; proto jest také souhlas ve výsledcích magnetických u této řady lepší.

Plán pokusů této řady byl stanoven následovně.

Ze zásoby drátů kalených vyberou se nejlepší čtyři a to takové, aby dva a dva byly stejně tvrdé, pokud z odporu specifického se poznává. Dráty tyto, označeny ⁷⁶⁾ No. IX., X., XI., XII., kontrolovaly se tedy jaksi vzájemně; dráty IX. a X. měly specifický odpor s asi 47 Mikrohm (přesněji 47.2 a 46.8), dráty pak XI. a XII. asi 43½ Mikrohm (přesněji 43.8 a 43.5).

Z každého z těchto čtyř drátů utvoří se pět magnetů takové délky, aby poměr rozměrový $\frac{L}{2\varrho} = \alpha$ byl co možná $\alpha = 10, 20, 30, 40, 50$.

Úplně přesně nelze ovšem tento poměr ani zde tak obdržeti, jak jest předepsáno, z téže příčiny, která již dříve byla uvedena, poněvadž jest velmi nesnadno dráty tak tvrdé a tlusté přelomiti na zcela určitém místě.

Konstanty
magnetů.

Dle plánu tohoto bylo tedy zjednáno $4 \times 5 = 20$ magnetů, jež se označily číslly 21. až 40. Konstanty těchto magnetů, t. j. jich váhu, délku, jakož i střední průměr 2ϱ drátů a specifickou váhu Δ , obsahuje tabulka následující.

⁷⁶⁾ Drátů III. až IX. a magnetů Nr. 11. až 20. užito v otázkách vlivu teploty na magnetismus se týkajících, o čemž v díle následujícím bude jednáno.

Tabulka 47.

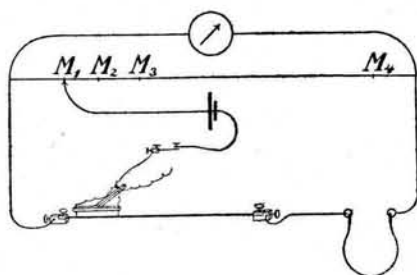
Konstanty magnetů průměru většího.

Drát 2ϱ cm, Δ	Magnet No.	Hmota μ g	Délka L cm.	Poměr rozměrový $\alpha = \frac{L}{2\varrho}$
IX. $\left\{ \begin{array}{l} 2\varrho = 0.147 \\ \Delta = 7.46 \end{array} \right.$	21.	0.184	1.45	9.9
	22.	0.372	2.94	20.0
	23.	0.570	4.50	30.6
	24.	0.764	6.04	41.1
	25.	0.953	7.52	51.2
X. $\left\{ \begin{array}{l} 2\varrho = 0.149 \\ \Delta = 7.58 \end{array} \right.$	26.	0.194	1.46	9.8
	27.	0.386	2.92	19.6
	28.	0.593	4.49	30.1
	29.	0.789	5.99	40.2
	30.	0.998	7.56	50.7
XI. $\left\{ \begin{array}{l} 2\varrho = 0.148 \\ \Delta = 7.70 \end{array} \right.$	31.	0.194	1.47	9.9
	32.	0.401	3.01	20.3
	33.	0.578	4.33	29.2
	34.	0.799	6.00	40.5
	35.	0.979	7.38	49.8
XII. $\left\{ \begin{array}{l} 2\varrho = 0.151 \\ \Delta = 7.65 \end{array} \right.$	36.	0.208	1.51	10.0
	37.	0.413	3.03	20.1
	38.	0.634	4.62	30.6
	39.	0.827	6.04	40.0
	40.	1.040	7.58	50.2

Homogenita každého drátu byla zkoušena galvanickým odporem jednotlivých jeho částí ve způsobu svého času (viz pag. 30.) popsáném a to v provedení následujícím. Celý drát byl 30 cm. dlouhý; vyloučením krajů, kde drát při kalení byl zapjat ve svorky a kde zůstal měkkým, jakož i něco málo další tvrdé části zbyla délka 25 cm.; tato rozdělena na 5 dílů po 5 cm., tak že se měly stanovit odpory jednotlivých pětín drátu

homoge-
ta
drátů.

a vespolek srovnávaní. Drát byl tedy zapjat plochými svorkami do větve *ANB* Wheatstoneovy kombinace současně s odporem známým, kterýmž byla desetina Siemens (obr. 44.), větev *AMB* byla dána můstkem F. Kohlrauschovým (viz obr. 17. na str. 25.) Kontaktní přístroj, kterýž se měl na drát klásti, měl dvě jehly na dřevěné příčce ve vzdálenosti 5 cm. (přesněji 5·07 cm.); k jehlám byly přiletovány tenké měděné dráty, jež bylo lze svorkou připnouti k vedení od článku (Daniellova). Citlivým



Obr. 44.

(zrcadlovým) galvanometrem *G* stanoveny body téhož potenciálu *N*₁ a *M*₁, *N*₂ a *M*₂, *N*₃ a *M*₃, *N*₄ a *M*₄.

Délka *M*₁ *M*₂ (*mm*) můstkového drátu odpovídala pak odporu *N*₁ *N*₂ té jisté pětiny drátu kalibrovaného, na kterou kontaktní přístroj byl položen; odpor skutečný této pětiny mohl býti počítán dle poměru *M*₁ *M*₂, k *M*₃ *M*₄ z dané desetiiny Siemens a mohl býti převeden na jedničku Ohm.

Následující tabulka obsahuje výtah z protokolu o kalibraci drátů IX., X., XI., XII. užitých při této řadě pokusů magnetických. Pro různé pětiny každého drátu jest v tabulce udána především délka *M*₁ *M*₂ v dílcích škály můstkové (*mm*); vedle toho jest pak též počítán odpor v Ohmech.

Kalibrace
drátů.

Tabulka 48.

Kalibrace drátů IX., X., XI., XII.

	Délky můstkové škály				Odpor délky 5·07 cm. (Ohm)*			
	IX.	X.	XI.	XII.	IX.	X.	XI.	XII.
—	—	—	—	—	0·017	0·013	0·013	0·012
1	70·1	69·0	67·2	66·1	26	85	11	54
2	70·4	68·9	67·1	66·1	33	83	09	54
3	70·6	69·0	67·2	66·2	37	85	11	56
4	70·8	68·9	67·5	66·3	40	83	16	58
5	70·7	69·0	67·5	66·3	39	85	16	58
0·1 S	468·1	474·0	488·3	502·0	—	—	—	—
<i>t</i>	10·8	10·8	11·0	11·0	10·8	10·8	11·0	11·0

Z celé kalibrované délky 25 cm. podržena pak pro magnety část centrální délky asi 22½ cm.

Stanovení magnetického momentu *M* dalo se v první hlavní poloze Gaussoyě. Číselné hodnoty konstant v rovnicích:

$$m = \frac{M}{\mu}, \quad M = \frac{2r^3 H \tan \varphi}{1 + \frac{1}{2} \frac{l^2}{r^2}}, \quad 2 \tan 2\varphi = \frac{n}{R}$$

Počítání specifického magnetismu z pozorované odchylky.

byly jak následuje:

$$H = 0·194 \frac{g^{\frac{1}{2}}}{\text{cm}^{\frac{1}{2}} \text{ sec}} \quad r = 24·90 \text{ cm} \quad 2R = 232·8 \text{ cm}$$

10. Výsledky pozorování řady druhé.

Číselné výsledky této druhé řady pozorování jsou obsaženy v tabulce následující.

*) Budiž čteno: 0·01726, 0·01733, 0·01737 atd., podobně i ve sloupcích sousedních.

Tabulka 49.

Vztah mezi maximálním magnetismem permanentním a tvrdostí magnetů.

Drát	Magnet No.	$\frac{L}{2\varrho} = \alpha$	W 1 m Ohm	t °C	$s \frac{cm}{cm^2} O^0$ Mikrohm	n cm	$\frac{M}{cm^{\frac{5}{2}} g^{\frac{1}{2}} sec}$	$\frac{m}{g^{\frac{1}{2}} sec}$
1. Magnety kalené.								
IX.	21.	9.9	0.283	10.8	47.2	2.60	4.17	22.7
	22.	20.0	0.283	10.8	47.2	8.32	13.31	35.8
	23.	30.6	0.283	10.8	47.2	14.86	23.62	41.4
	24.	41.1	0.283	10.8	47.2	21.37	33.64	44.0
	25.	51.2	0.283	10.8	47.2	28.18	43.86	46.0
X.	26.	9.8	0.273	11.2	46.8	2.82	4.53	23.3
	27.	19.6	0.273	11.2	46.8	8.88	14.21	36.8
	28.	30.1	0.273	11.2	46.8	15.82	25.14	42.4
	29.	40.2	0.273	11.2	46.8	22.45	35.36	44.8
	30.	50.7	0.273	11.2	46.8	29.75	46.30	46.4
XI.	31.	9.9	0.259	11.0	43.8	2.99	4.80	24.8
	32.	20.3	0.259	11.0	43.8	10.27	16.43	41.0
	33.	29.2	0.259	11.0	43.8	17.16	27.30	47.2
	34.	40.5	0.259	11.0	43.8	25.77	40.59	50.8
	35.	49.8	0.259	11.0	43.8	32.98	51.40	52.5
XII.	36.	10.0	0.248	11.0	43.5	2.98	4.79	23.0
	37.	20.1	0.248	11.0	43.5	9.53	15.24	36.9
	38.	30.6	0.248	11.0	43.5	17.32	27.50	43.4
	39.	40.0	0.248	11.0	43.5	24.33	38.30	46.3
	40.	50.2	0.248	11.0	43.5	32.28	50.22	48.3
2. Magnety napouštěné 1 hod. ve vodní páře.								
IX.	21.	9.9	0.252	11.8	42.0	2.43	3.90	21.2
	22.	20.0	0.252	11.8	42.0	7.80	12.48	33.6
	23.	30.6	0.252	11.8	42.0	13.92	22.12	38.8
	24.	41.1	0.252	11.8	42.0	20.05	31.56	41.3
	25.	51.2	0.252	11.8	42.0	26.47	41.21	43.2

Drát	Magnet No.	$\frac{L}{2\varrho} = \alpha$	W 1 m Ohm	t °C	$s \frac{cm}{cm^2} O^0$ Mikrohm	n cm	$\frac{M}{cm^{\frac{5}{2}} g^{\frac{1}{2}} sec}$	$\frac{m}{g^{\frac{1}{2}} sec}$
2. Magnety napouštěné 1 hod. ve vodní páře.								
X.	26.	9.8	0.244	12.0	41.7	2.66	4.27	22.0
	27.	19.6	0.244	12.0	41.7	8.30	13.28	34.4
	28.	30.1	0.244	12.0	41.7	14.88	23.65	39.9
	29.	40.2	0.244	12.0	41.7	21.08	33.20	42.1
	30.	50.7	0.244	12.0	41.7	27.95	43.50	43.6
XI.	31.	9.9	0.229	12.0	38.6	2.82	4.53	23.3
	32.	20.3	0.229	12.0	38.6	9.83	15.73	39.2
	33.	29.2	0.229	12.0	38.6	16.42	26.12	45.2
	34.	40.5	0.229	12.0	38.6	24.69	38.89	48.7
	35.	49.8	0.229	12.0	38.6	31.63	49.29	50.4
XII.	36.	10.0	0.219	12.0	38.4	2.86	4.59	22.1
	37.	20.1	0.219	12.0	38.4	9.20	14.72	35.6
	38.	30.6	0.219	12.0	38.4	16.70	26.52	41.8
	39.	40.0	0.219	12.0	38.4	23.43	36.89	44.6
	40.	50.2	0.219	12.0	38.4	31.15	48.47	46.6
3. Magnety napouštěné 3 hod. ve vodní páře.								
IX.	21.	9.9	0.238	11.9	39.5	2.46	3.94	21.4
	22.	20.0	0.238	11.9	39.5	7.72	12.34	33.2
	23.	30.6	0.238	11.9	39.5	13.69	21.76	38.2
	24.	41.1	0.238	11.9	39.5	19.72	31.05	40.6
	25.	51.2	0.238	11.9	39.5	25.89	40.30	42.3
X.	26.	9.8	0.230	11.8	39.3	2.70	4.34	22.4
	27.	19.6	0.230	11.8	39.3	8.21	13.13	34.0
	28.	30.1	0.230	11.8	39.3	14.62	23.23	39.2
	29.	40.2	0.230	11.8	39.3	20.65	32.52	41.2
	30.	50.7	0.230	11.8	39.3	27.34	42.55	42.6
XI.	31.	9.9	0.216	12.0	36.5	2.83	4.54	23.4
	32.	20.3	0.216	12.0	36.5	9.68	15.49	38.6
	33.	29.2	0.216	12.0	36.5	16.16	25.70	44.5
	34.	40.5	0.216	12.0	36.5	24.21	28.13	47.7
	35.	49.8	0.216	12.0	36.5	30.94	48.22	48.3

Drát	Magnet No.	$\frac{L}{2\varrho} = \alpha$	W 1 m Ohm	t °C	$s \frac{cm}{cm^2} O^0$ Mikrohm	n cm	$\frac{M}{cm^{\frac{5}{2}} g^{\frac{1}{2}} sec}$	$\frac{m}{cm^{\frac{5}{2}} g^{\frac{1}{2}} sec}$
3. Magnety napouštěné 3 hod. ve vodní páře.								
XII.	36.	10·0	0·207	12·0	36·2	2·88	4·63	22·2
	37.	20·1	0·207	12·0	36·2	9·12	14·59	35·3
	38.	30·6	0·207	12·0	36·2	16·50	26·21	41·3
	39.	40·0	0·207	12·0	36·2	23·09	36·35	43·9
	40.	50·2	0·207	12·0	36·2	30·57	47·57	45·7
4. Magnety napouštěné 6 hod. ve vodní páře.								
IX.	21.	9·9	0·230	11·9	38·2	2·48	3·98	21·6
	22.	20·0	0·230	11·9	38·2	7·72	12·35	33·2
	23.	30·6	0·230	11·9	38·2	13·70	21·77	38·2
	24.	41·1	0·230	11·9	38·2	19·63	30·90	40·4
	25.	51·2	0·230	11·9	38·2	25·80	40·16	42·1
X.	26.	9·8	0·223	11·9	38·0	2·70	4·34	22·4
	27.	19·6	0·223	11·9	38·0	8·21	13·13	34·0
	28.	30·1	0·223	11·9	38·0	14·53	23·09	38·9
	29.	40·2	0·223	11·9	38·0	20·55	32·37	41·0
	30.	50·7	0·223	11·9	38·0	27·24	42·39	42·5
XI.	31.	9·9	0·209	11·8	35·1	2·82	4·53	23·3
	32.	20·3	0·209	11·8	35·1	9·68	15·49	38·6
	33.	29·2	0·209	11·8	35·1	16·09	25·60	44·3
	34.	40·5	0·209	11·8	35·1	24·05	37·88	47·4
	35.	49·8	0·209	11·8	35·1	30·82	48·03	49·1
XII.	36.	10·0	0·199	11·8	34·9	2·84	4·56	21·9
	37.	20·1	0·199	11·8	34·9	9·12	14·59	35·3
	38.	30·6	0·199	11·8	34·9	16·39	26·03	41·1
	39.	40·0	0·199	11·8	34·9	22·92	36·08	43·6
	40.	50·2	0·199	11·8	34·9	30·41	47·32	45·5

Drát	Magnet No.	$\frac{L}{2\varrho} = \alpha$	W 1 m Ohm	t °C	$s \frac{cm}{cm^2} O^0$ Mikrohm	n cm	$\frac{M}{cm^{\frac{5}{2}} g^{\frac{1}{2}} sec}$	$\frac{m}{cm^{\frac{5}{2}} g^{\frac{1}{2}} sec}$
5. Magnety napouštěné 10 hod. ve vodní páře.								
IX.	21.	9·9	0·226	11·8	37·4	2·46	3·95	21·5
	22.	20·0	0·226	11·8	37·4	7·73	12·37	33·3
	23.	30·6	0·226	11·8	37·4	13·69	21·76	38·2
	24.	41·1	0·226	11·8	37·4	19·66	30·95	40·5
	25.	51·2	0·266	11·8	37·4	25·83	40·21	42·2
X.	26.	9·8	0·218	11·9	37·1	2·70	4·34	22·4
	27.	19·6	0·218	11·9	37·1	8·19	13·10	33·9
	28.	30·1	0·218	11·9	37·1	14·57	23·16	39·0
	29.	40·2	0·218	11·9	37·1	20·60	32·45	41·1
	30.	50·7	0·218	11·9	37·1	27·25	42·41	42·5
XI.	31.	9·9	0·204	11·9	34·3	2·81	4·51	23·3
	32.	20·3	0·204	11·9	34·3	9·61	15·37	38·3
	33.	29·2	0·204	11·9	34·3	16·06	25·54	44·2
	34.	40·5	0·204	11·9	34·3	24·03	37·85	47·4
	35.	49·8	0·204	11·9	34·3	30·74	47·91	48·9
XII.	36.	10·0	0·195	11·9	34·0	2·87	4·61	22·2
	37.	20·1	0·195	11·9	34·0	9·09	14·54	35·2
	38.	30·6	0·195	11·9	34·0	16·34	25·95	40·9
	39.	40·0	0·195	11·9	34·0	22·87	36·01	43·5
	40.	50·2	0·195	11·9	34·0	30·37	47·25	45·4
6. Magnety napouštěné 20 min. v parách anilinových.								
IX.	21.	9·9	0·191	12·0	31·5	2·31	3·71	20·2
	22.	20·0	0·191	12·0	31·5	7·97	12·75	34·3
	23.	30·6	0·191	12·0	31·5	14·60	23·21	40·7
	24.	41·1	0·191	12·0	31·5	21·15	33·30	43·6
	25.	51·2	0·191	12·0	31·5	28·02	43·62	45·8
X.	26.	9·8	0·185	12·0	31·4	2·60	4·18	21·5
	27.	19·6	0·185	12·0	31·4	8·45	13·52	35·0
	28.	30·1	0·185	12·0	31·4	15·48	24·60	41·5
	29.	40·2	0·185	12·0	31·4	22·22	34·99	44·4
	30.	50·7	0·185	12·0	31·4	29·58	46·04	46·1

Drát	Magnet No.	$\frac{L}{2\varrho} = \alpha$	W 1 m Ohm	t °C	$s \frac{cm}{cm^2} O^0$ Mikrohm	n cm	$\frac{M}{cm^{\frac{5}{2}} g^{\frac{1}{2}} sec}$	$\frac{m}{cm^{\frac{5}{2}} g^{\frac{1}{2}} sec}$
6. Magnety napouštěné 20 min. v parách anilinových.								
XI.	31.	9.9	0.173	12.0	29.0	2.54	4.08	21.0
	32.	20.3	0.173	12.0	29.0	9.75	15.60	38.9
	33.	29.2	0.173	12.0	29.0	16.70	26.56	46.0
	34.	40.5	0.173	12.0	29.0	25.52	40.20	50.3
	35.	49.8	0.173	12.0	29.0	32.87	51.23	52.3
XII.	36.	10.0	0.165	12.0	28.7	2.67	4.29	20.6
	37.	20.1	0.165	12.0	28.7	9.28	14.84	35.9
	38.	30.6	0.165	12.0	28.7	17.31	27.49	43.7
	39.	40.0	0.165	12.0	28.7	24.52	38.60	46.0
	40.	50.2	0.165	12.0	28.7	32.75	50.96	49.4
7. Magnety napouštěné 1 hod. v parách anilinových.								
IX.	21.	9.9	0.179	12.0	29.7	2.33	3.75	20.4
	22.	20.0	0.179	12.0	29.7	8.30	13.28	35.7
	23.	30.6	0.179	12.0	29.7	15.38	24.45	42.9
	24.	41.1	0.179	12.0	29.7	22.37	35.22	46.1
	25.	51.2	0.179	12.0	29.7	29.75	46.31	48.6
X.	26.	9.8	0.175	12.0	29.6	2.52	4.05	20.9
	27.	19.6	0.175	12.0	29.6	8.79	14.06	36.4
	28.	30.1	0.175	12.0	29.6	16.31	25.92	43.7
	29.	40.2	0.175	12.0	29.6	23.60	37.17	47.1
	30.	50.7	0.175	12.0	29.6	31.46	48.97	49.1
XI.	31.	9.9	0.164	12.0	27.5	2.57	4.13	21.3
	32.	20.3	0.164	12.0	27.5	10.08	16.13	40.2
	33.	29.2	0.164	12.0	27.5	17.49	27.82	48.1
	34.	40.5	0.164	12.0	27.5	26.83	42.26	52.9
	35.	49.8	0.164	12.0	27.5	34.64	53.99	55.1
XII.	36.	10.0	0.157	12.0	27.3	2.66	4.27	20.5
	37.	20.1	0.157	12.0	27.3	9.60	15.36	37.2
	38.	30.6	0.157	12.0	27.3	18.19	28.89	45.6
	39.	40.0	0.157	12.0	27.3	25.88	40.75	49.3
	40.	50.2	0.157	12.0	27.3	34.63	53.89	51.8

Drát	Magnet No.	$\frac{L}{2\varrho} = \alpha$	W 1 m Ohm	t °C	$s \frac{cm}{cm^2} O^0$ Mikrohm	n cm	$\frac{M}{cm^{\frac{5}{2}} g^{\frac{1}{2}} sec}$	$\frac{m}{cm^{\frac{5}{2}} g^{\frac{1}{2}} sec}$
8. Magnety napouštěné 3 hod. v parách anilinových.								
IX.	21.	9.9	0.169	11.7	27.9	2.41	3.87	21.0
	22.	20.0	0.169	11.7	27.9	8.99	14.38	38.7
	23.	30.6	0.169	11.7	27.9	16.93	26.91	47.2
	24.	41.1	0.169	11.7	27.9	24.75	38.97	51.0
	25.	51.2	0.169	11.7	27.9	32.94	51.27	53.8
X.	26.	9.8	0.164	11.8	27.7	2.62	4.21	21.7
	27.	19.6	0.164	11.8	27.7	9.56	15.30	39.6
	28.	30.1	0.164	11.8	27.7	18.08	28.73	48.5
	29.	40.2	0.164	11.8	27.7	26.23	41.31	52.4
	30.	50.7	0.164	11.8	27.7	35.06	54.56	54.7
XI.	31.	9.9	0.153	11.8	25.6	2.61	4.19	21.6
	32.	20.3	0.153	11.8	25.6	10.71	17.13	42.7
	33.	29.2	0.153	11.8	25.6	18.98	30.19	52.2
	34.	40.5	0.153	11.8	25.6	29.25	46.07	57.7
	35.	49.8	0.153	11.8	25.6	37.83	58.95	60.2
XII.	36.	10.0	0.147	11.9	25.5	2.75	4.42	21.2
	37.	20.1	0.147	11.9	25.5	10.29	16.46	39.8
	38.	30.6	0.147	11.9	25.5	19.81	31.46	49.6
	39.	40.0	0.147	11.9	25.5	28.37	44.67	54.0
	40.	50.2	0.147	11.9	25.5	38.16	59.37	57.1
9. Magnety napouštěné 7 hod. v parách anilinových.								
IX.	21.	9.9	0.159	12.0	26.2	2.53	4.06	22.1
	22.	20.0	0.159	12.0	26.2	9.80	15.68	42.2
	23.	30.6	0.159	12.0	26.2	18.73	29.76	52.2
	24.	41.1	0.159	12.0	26.2	27.65	43.53	57.0
	25.	51.2	0.159	12.0	26.2	37.03	57.65	60.5
X.	26.	9.8	0.154	12.0	26.0	2.68	4.30	22.2
	27.	19.6	0.154	12.0	26.0	10.36	16.58	42.9
	28.	30.1	0.154	12.0	26.0	20.06	31.88	53.8
	29.	40.2	0.154	12.0	26.0	29.31	46.16	58.5
	30.	50.7	0.154	12.0	26.0	39.39	61.31	61.4

Drát	Magnet No.	$\frac{L}{2\varrho} = \alpha$	W 1 m Ohm	t °C	$s \frac{cm}{cm^2} O^0$ Mikrohm	n cm	$\frac{M}{cm^{\frac{5}{2}} g^{\frac{1}{2}}}$ sec	$\frac{m}{g^{\frac{1}{2}} sec}$
9. Magnety napouštěné 7 hod. v parách anilinových.								
XI.	31.	9.9	0.145	12.0	24.2	2.63	4.22	21.8
	32.	20.3	0.145	12.0	24.2	11.40	18.24	45.5
	33.	29.2	0.145	12.0	24.2	20.69	32.92	56.9
	34.	40.5	0.145	12.0	24.2	32.19	50.70	63.5
	35.	49.8	0.145	12.0	24.2	41.96	65.39	66.8
XII.	36.	10.0	0.138	12.0	23.9	2.80	4.50	21.6
	37.	20.1	0.138	12.0	23.9	11.01	17.61	42.6
	38.	30.6	0.138	12.0	23.9	21.73	34.51	54.4
	39.	40.0	0.138	12.0	23.9	31.32	49.31	59.6
	40.	50.2	0.138	12.0	23.9	42.37	65.93	63.4
10. Magnety napouštěné 13 hod. v parách anilinových.								
IX.	21.	9.9	0.151	12.0	24.8	2.50	4.02	21.8
	22.	20.0	0.151	12.0	24.8	10.25	16.40	44.1
	23.	30.6	0.151	12.0	24.8	20.09	31.93	56.0
	24.	41.1	0.151	12.0	24.8	30.02	47.26	61.9
	25.	51.2	0.151	12.0	24.8	40.25	62.66	65.8
X.	26.	9.8	0.146	12.0	24.6	2.64	4.24	21.9
	27.	19.6	0.146	12.0	24.6	10.79	17.26	44.7
	28.	30.1	0.146	12.0	24.6	21.59	34.32	57.9
	29.	40.2	0.146	12.0	24.6	31.87	50.20	63.6
	30.	50.7	0.146	12.0	24.6	42.96	66.87	67.0
XI.	31.	9.9	0.138	12.0	22.9	2.53	4.06	20.9
	32.	20.3	0.138	12.0	22.9	11.59	18.54	46.2
	33.	29.2	0.138	12.0	22.9	21.68	34.49	59.7
	34.	40.5	0.138	12.0	22.9	34.53	54.39	68.1
	35.	49.8	0.138	12.0	22.9	45.08	70.26	71.8
XII.	36.	10.0	0.132	12.0	22.7	2.73	4.38	21.1
	37.	20.1	0.132	12.0	22.7	11.30	18.08	43.8
	38.	30.6	0.132	12.0	22.7	22.90	36.37	57.4
	39.	40.0	0.132	12.0	22.7	33.50	52.74	63.8
	40.	50.2	0.132	12.0	22.7	45.60	70.96	68.2

Drát	Magnet No.	$\frac{L}{2\varrho} = \alpha$	W 1 m Ohm	t °C	$s \frac{cm}{cm^2} O^0$ Mikrohm	n cm	$\frac{M}{cm^{\frac{5}{2}} g^{\frac{1}{2}}}$ sec	$\frac{m}{g^{\frac{1}{2}} sec}$
11. Magnety napouštěné 10 min. v lázni cínové.								
IX.	21.	9.9	0.147	11.7	24.0	2.46	3.95	21.5
	22.	20.0	0.147	11.7	24.0	10.37	16.59	44.6
	23.	30.6	0.147	11.7	24.0	20.64	32.80	57.5
	24.	41.1	0.147	11.7	24.0	30.97	48.75	63.8
	25.	51.2	0.147	11.7	24.0	41.92	65.25	68.5
X.	26.	9.8	0.141	11.5	23.8	2.60	4.18	21.5
	27.	19.6	0.141	11.5	23.8	10.98	17.57	45.5
	28.	30.1	0.141	11.5	23.8	22.28	35.41	59.7
	29.	40.2	0.141	11.5	23.8	33.11	52.16	66.1
	30.	50.7	0.141	11.5	23.8	44.78	69.70	69.8
XI.	31.	9.9	0.134	11.6	22.2	2.46	3.95	20.4
	32.	20.3	0.134	11.6	22.2	11.70	18.72	46.7
	33.	29.2	0.134	11.6	22.2	22.17	35.27	61.0
	34.	40.5	0.134	11.6	22.2	35.60	56.07	70.2
	35.	49.8	0.134	11.6	22.2	46.70	72.78	74.3
XII.	36.	10.0	0.127	11.7	22.0	2.68	4.30	20.7
	37.	20.1	0.127	11.7	22.0	11.37	18.19	44.0
	38.	30.6	0.127	11.7	22.0	23.47	37.27	58.8
	39.	40.0	0.127	11.7	22.0	34.58	54.44	65.8
	40.	50.2	0.127	11.7	22.0	47.29	73.59	70.8
12. Magnety napouštěné 1 min. v lázni olověné.								
IX.	21.	9.9	0.124	11.9	20.3	2.26	3.60	19.7
	22.	20.0	0.124	11.9	20.3	10.88	17.40	46.8
	23.	30.6	0.124	11.9	20.3	24.04	38.19	67.0
	24.	41.1	0.124	11.9	20.3	38.43	60.51	79.2
	25.	51.2	0.124	11.9	20.3	52.53	81.77	85.8
X.	26.	9.8	0.120	11.3	20.1	2.33	3.74	19.3
	27.	19.6	0.120	11.3	21.1	11.14	17.83	46.2
	28.	30.1	0.120	11.3	20.1	25.34	40.27	67.9
	29.	40.2	0.120	11.3	20.1	40.08	63.12	80.0
	30.	50.7	0.120	11.3	20.1	55.46	86.32	86.5

Drát	Magnet No.	$\frac{L}{2\varrho} = \alpha$	$W \ 1 \ m$ Ohm	t °C	$s \frac{cm}{cm^2} O^0$ Mikrohm	n cm	$\frac{M}{cm^{\frac{5}{2}} g^{\frac{1}{2}}}$ sec	$\frac{m}{cm^{\frac{5}{2}}}$ $g^{\frac{1}{2}} sec$
12. Magnety napouštěné 1 min. v lázni olověné.								
XI.	31.	9.9	0.115	11.9	19.0	2.30	3.69	19.0
	32.	20.3	0.115	11.9	19.0	11.71	18.72	46.7
	33.	29.2	0.115	11.9	19.0	24.71	39.30	68.0
	34.	40.5	0.115	11.9	19.0	42.45	66.87	83.7
	35.	49.8	0.115	11.9	19.0	56.53	88.10	90.0
XII.	36.	10.0	0.109	11.9	18.7	2.46	3.95	19.0
	37.	20.1	0.109	11.9	18.7	11.18	17.89	43.3
	38.	30.6	0.109	11.9	18.7	25.95	41.21	65.0
	39.	40.0	0.109	11.9	18.7	41.39	65.16	78.8
	40.	50.2	0.109	11.9	18.7	58.01	90.26	86.8
13. Magnety napouštěné 1 hod. v lázni zinkové.								
IX.	21.	9.9	0.107	10.3	17.5	1.85	2.98	16.2
	22.	20.0	0.107	10.3	17.5	10.15	16.24	43.7
	23.	30.6	0.107	10.3	17.5	26.02	41.35	72.5
	24.	41.1	0.107	10.3	17.5	43.90	69.12	90.5
	25.	51.2	0.107	10.3	17.5	61.65	95.96	100.7
X.	26.	9.8	0.102	10.3	17.2	1.83	2.94	15.2
	27.	19.6	0.102	10.3	17.2	9.82	15.71	40.7
	28.	30.1	0.102	10.3	17.2	26.89	42.64	72.1
	29.	40.2	0.102	10.3	17.2	46.03	72.49	91.9
	30.	50.7	0.102	10.3	17.2	65.10	101.32	101.5
XI.	31.	9.9	0.098	10.3	16.2	1.74	2.79	14.4
	32.	20.3	0.098	10.3	16.2	10.06	16.09	40.1
	33.	29.2	0.098	10.3	16.2	26.87	42.74	72.6
	34.	40.5	0.098	10.3	16.2	47.63	75.03	93.9
	35.	49.8	0.098	10.3	16.2	65.29	101.74	103.9
XII.	36.	10.0	0.093	10.3	16.0	1.93	3.10	14.9
	37.	20.1	0.093	10.3	16.0	9.95	15.91	38.5
	38.	30.6	0.093	10.3	16.0	27.14	43.10	68.0
	39.	40.0	0.093	10.3	16.0	46.73	73.57	89.0
	40.	50.2	0.093	10.3	16.0	67.60	105.17	101.1

Drát	Magnet No.	$\frac{L}{2\varrho} = \alpha$	$W \ 1 \ m$ Ohm	t °C	$s \frac{cm}{cm^2} O^0$ Mikrohm	n cm	$\frac{M}{cm^{\frac{5}{2}} g^{\frac{1}{2}}}$ sec	$\frac{m}{cm^{\frac{5}{2}}}$ $g^{\frac{1}{2}} sec$
14. Magnety žíhané.								
IX.	21.	9.9	0.096	10.0	15.7	0.52	0.83	4.5
	22.	20.0	0.096	10.0	15.7	2.72	4.35	11.7
	23.	30.6	0.096	10.0	15.7	7.94	12.62	22.1
	24.	41.1	0.096	10.0	15.7	10.87	26.56	34.8
	25.	51.2	0.096	10.0	15.7	28.49	44.35	46.5
X.	26.	9.8	0.093	10.1	15.6	0.46	0.74	3.8
	27.	19.6	0.093	10.1	15.6	2.52	4.03	10.5
	28.	30.1	0.093	10.1	15.6	7.59	12.06	20.3
	29.	40.2	0.093	10.1	15.6	15.72	24.76	31.4
	30.	50.7	0.093	10.1	15.6	29.15	45.36	45.4
XI.	31.	9.9	0.096	10.2	14.9	0.52	0.84	4.3
	32.	20.3	0.096	10.2	14.9	2.55	4.08	10.2
	33.	29.2	0.096	10.2	14.9	6.80	10.82	18.7
	34.	40.5	0.096	10.2	14.9	15.13	23.83	29.8
	35.	49.8	0.096	10.2	14.9	26.63	41.50	42.4
XII.	36.	10.0	0.087	10.2	14.9	0.57	0.92	4.4
	37.	20.1	0.087	10.2	14.9	3.15	5.04	12.2
	38.	30.6	0.087	10.2	14.9	8.25	13.10	20.7
	39.	40.0	0.087	10.2	14.9	16.32	25.69	31.1
	40.	50.2	0.087	10.2	14.9	29.42	36.36	44.0

11. Přehled výsledků.

Z číselného materialu předcházejících tabulek vyberme k účeli rozboru všech pozorování jen data nejdůležitější, totiž specifický odpor s a specifický magnetismus m jednotlivých magnetů téhož drátu.

Tak obdržíme tabulky následující:

Tabulka 50.
Výsledky (*s* a *m*) pro drát I.

Popis napouštění	Tvrdost <i>s</i>	Specifický magnetismus <i>m</i>				
		No. 1.	No. 2.	No. 3.	No. 4.	
Magnety kalené	38·5	33·7	43·0	45·0	47·9	
Napouštění 1 hod. ve vodní páře 100° .	36·3	33·3	42·0	44·3	46·8	
" 3 " " " " 100° .	34·8	32·7	41·0	43·3	46·2	
" 6 " " " " 100° .	33·9	32·2	40·1	42·7	45·4	
" 10 " " " " 100° .	33·4	32·1	40·2	42·7	45·4	
" 20 m. v parách anilinových 185° .	29·5	32·2	42·8	45·9	48·9	
" 1 h. " " " 185° .	28·4	34·1	45·1	48·1	51·5	
" 3 h. " " " 185° .	27·1	36·1	48·8	52·6	56·0	
" 7 h. " " " 185° .	25·9	37·9	53·3	57·3	61·6	
" 13 h. " " " 185° .	25·0	39·9	57·1	61·3	65·4	
" 1 min. v lázni olověné 330° .	20·4	39·4	70·5	80·5	87·6	
" 1 hod. " " 330° .	18·8	36·3	74·0	86·4	95·2	
Magnety žíhané	15·7	8·0	31·9	53·0	67·6	

Tabulka 52.
Výsledky (*s* a *m*) pro drát IX.

Popis napouštění	Tvrdost <i>s</i>	Specif. magnetismus <i>m</i> ; poměr rozměrový				
		9·9	20·0	30·6	41·1	51·2
Magnety kalené	47·2	22·7	35·8	41·4	44·0	46·0
Napouštění 1 hod. v páře vodní 100° .	42·0	21·2	33·6	38·8	41·3	43·2
" 3 " " " " 100° .	39·5	21·4	33·2	38·2	40·6	42·3
" 6 " " " " 100° .	38·2	21·6	33·2	38·2	40·4	42·1
" 10 " " " " 100° .	37·4	21·5	33·3	38·2	40·5	42·2
" 20 m. v parách anilinových 185° .	31·5	20·2	34·3	40·7	43·6	45·8
" 1 h. " " " 185° .	29·7	20·4	35·7	42·9	46·1	48·6
" 3 h. " " " 185° .	27·9	21·0	38·7	47·2	51·0	53·8
" 7 h. " " " 185° .	26·2	22·1	42·2	52·2	57·0	60·5
" 13 h. " " " 185° .	24·8	21·8	44·1	56·0	61·9	65·8
" 10 m. v lázni cinové 240° .	24·0	21·5	44·6	57·5	63·8	68·5
" 1 min. v lázni olověné 330° .	20·3	19·7	46·8	67·0	79·2	85·8
" 1 hod. v lázni zinkové 420° .	17·5	16·2	43·7	72·5	90·5	100·7
Magnety žíhané	15·7	4·5	11·7	22·1	34·8	46·5

Tabulka 51.
Výsledky (*s* a *m*) pro drát II.

Popis napouštění	Tvrdost <i>s</i>	Specifický magnetismus <i>m</i>									
		No. 5.	No. 6.	No. 7.	No. 8.	No. 9.	No. 10.				
Magnety kalené	37·3	·	43·9	·	·	·	·	53·5	55·1	·	·
Napouštění 1 hod. v páře vodní 100° .	34·7	·	43·1	·	·	·	·	52·8	54·1	·	·
" 3 " " " " 100° .	33·0	·	42·5	·	·	·	·	51·8	53·2	·	·
" 6 " " " " 100° .	32·2	·	42·0	·	·	·	·	50·8	52·2	·	·
" 10 " " " " 100° .	31·6	29·6	41·1	46·4	47·8	51·0	·	51·0	·	·	·
" 20 min. v parách anilinových 185° .	27·4	29·1	43·6	48·9	51·3	55·0	·	55·0	·	·	·
" 1 hod. " " " 185° .	26·3	30·0	45·6	51·5	53·7	58·0	·	58·0	·	·	·
" 3 " " " " 185° .	24·9	31·8	49·3	55·9	58·2	63·1	·	63·1	·	·	·
" 7 " " " " 185° .	23·7	34·7	53·0	61·0	64·0	69·0	·	69·0	·	·	·
" 13 " " " " 185° .	22·8	35·2	56·2	65·1	69·1	73·1	·	73·1	·	·	·
" 10 min. v lázni olověné 330° .	18·9	31·5	60·9	78·5	84·0	94·0	·	94·0	·	·	·
" 1 hod. " " 330° .	17·4	29·8	61·1	82·5	89·8	102·6	·	102·6	·	·	·
Magnety žíhané	14·5	3·7	23·7	45·7	54·7	80·7	·	80·7	·	·	·

Tabulka 53.
Výsledky (s a m) pro drát X.

Popis napouštění	Tvrdość s	Specif. magnetismus m ; poměr rozměrový				
		9·8	19·6	30·1	40·2	50·7
Magnety kalené	46·8	23·3	36·8	42·4	44·8	46·4
Napouštění 1 hod. v páře vodní 100° .	41·7	22·0	34·4	39·9	42·1	43·6
" 3 " " " 100° .	39·3	22·4	34·0	39·2	41·2	42·6
" 6 " " " 100° .	38·0	22·4	34·0	38·9	41·0	42·5
" 10 " " " 100° .	37·1	22·4	33·9	39·0	41·1	42·5
" 20 m. v parách anilinových 185° .	31·4	21·5	35·0	41·5	44·4	46·1
" 1 h. " " 185° .	29·6	20·9	36·4	43·7	47·1	49·1
" 3 h. " " 185° .	27·7	21·7	39·6	48·5	52·4	54·7
" 7 h. " " 185° .	26·0	22·2	42·9	53·8	58·5	61·4
" 13 h. " " 185° .	24·6	21·9	44·7	57·9	63·6	67·0
" 10 min. v lázni cinové 240° .	23·8	21·5	45·5	59·7	66·1	69·8
" 1 min. v lázni olověné 330° .	20·1	19·3	46·2	67·9	80·0	86·5
" 1 hod. v lázni zinkové 420° .	17·2	15·2	40·7	72·1	91·9	101·5
Magnety žíhané	15·6	3·8	10·5	20·3	31·4	45·4

Tabulka 54.
Výsledky (s a m) pro drát XI.

Popis napouštění	Tvrdość s	Specif. magnetismus m ; poměr rozměrový				
		9·9	20·3	29·2	40·5	49·8
Magnety kalené	43·8	24·8	41·0	47·2	50·8	52·5
Napouštění 1 hod. v páře vodní 100° .	38·6	23·3	39·2	45·2	48·7	50·4
" 3 " " " 100° .	36·5	23·4	38·6	44·5	47·7	49·3
" 6 " " " 100° .	35·1	23·3	38·6	44·3	47·4	49·1
" 10 " " " 100° .	34·3	23·3	38·3	44·2	47·4	48·9
" 20 m. v parách anilinových 185° .	29·0	21·0	38·9	46·0	50·3	52·3
" 1 h. " " 185° .	27·5	21·3	40·2	48·1	52·9	55·1
" 3 h. " " 185° .	25·6	21·6	42·7	52·2	57·7	60·2
" 7 h. " " 185° .	24·2	21·8	45·5	56·9	63·5	66·8
" 13 h. " " 185° .	22·9	20·9	46·2	59·7	68·1	71·8
" 10 min. v lázni cinové 240° .	22·2	20·4	46·7	61·0	70·2	74·3
" 1 min. v lázni olověné 330° .	19·0	19·0	46·7	68·0	83·7	90·0
" 1 hod. v lázni zinkové 420° .	16·2	14·4	40·1	72·6	93·9	103·9
Magnety žíhané	14·9	4·3	10·2	18·7	29·8	42·4

Tabulka 55.
Výsledky (m a s) pro drát XII.

Popis napouštění	Tvrdość s	Specif. magnetismus m ; poměr rozměrový				
		10·0	20·1	30·6	40·0	50·2
Magnety kalené	43·5	23·0	36·9	43·4	46·3	48·3
Napouštění 1 hod. v páře vodní 100° .	38·4	22·1	35·6	41·8	44·6	46·6
" 3 " " " 100° .	36·2	22·2	35·3	41·3	43·9	45·7
" 6 " " " 100° .	34·9	21·9	35·3	41·1	43·6	45·5
" 10 " " " 100° .	34·0	22·2	35·2	40·9	43·5	45·4
" 20 m. v parách anilinových 185° .	28·7	20·6	35·9	43·4	46·7	49·0
" 1 h. " " 185° .	27·3	20·5	37·2	45·6	49·3	51·8
" 3 h. " " 185° .	25·5	21·2	39·8	49·6	54·0	57·1
" 7 h. " " 185° .	23·9	21·6	42·6	54·4	59·6	63·4
" 13 h. " " 185° .	22·7	21·1	43·8	57·4	63·8	68·2
" 10 min. v lázni cinové 240° .	22·0	20·7	44·0	58·8	65·8	70·8
" 1 min. v lázni olověné 330° .	18·7	19·0	43·3	65·0	78·8	86·8
" 1 hod. v lázni zinkové 420° .	16·0	14·9	38·5	68·0	89·0	101·1
Magnety žíhané	14·9	4·4	12·2	20·7	31·1	44·0

12. Redukce pozorování u drátů průměru menšího.

Specifický magnetismus m magnetů, z téhož drátu zhotovených jest, jak z postupů čísel se ukazuje, závislý jednak na tvrdosti, jednak na poměru rozměrovém. Tento poměr jest u magnetů průměru většího volen v pravidelném postupu dle čísel 10, 20, 30, 40, 50; naproti tomu schází tento pravidelný postup u magnetů průměru menšího; zde jest postup dle čísel 23·9, 48·4, 69·8, 94·3 (u drátu I.) a 19·6, 36·5, 56·8, 68·1, 119·5 (u drátu II.). Aby tedy bylo možno číselný materiál pro dráty I. a II. uvéstí vzhledem k poměru rozměrovému v souhlas s číselným materiálem pro dráty IX., X., XI., XII., provedme grafickou interpolaci tak, že nanese pro každý stupeň tvrdosti specifický magnetismus za poradnici a poměr rozměrový za úsečku, body, jež tím si zjednáme, naznačují průběh křivky, kterouž lze vésti s velikou jistotou; majíce pak křivku tuto, interpolujeme speci-

fický magnetismus pro poměr rozměrový jdoucí dle čísel 20, 40, 60, 80 a 100. Tak obdržíme nový číselný material, obsažený v následujících dvou tabulkách, kteréž tím vstupují na místo tabulek 50 a 51.

Tabulka 56.

Výsledky (m a s) pro drát I., zjednané grafickou interpolací.

Popis napouštění	Tvrdost s	Specif. magnetismus m ; poměr rozměrový				
		20	40	60	80	100
Magnety kalené	38·5	31·4	40·2	44·3	46·5	48·0
Napouštěné 1 hod. v páře vodní 100° .	36·3	30·5	39·2	42·9	44·7	46·0
" 3 " " " 100° .	34·8	30·1	38·5	42·2	43·9	45·2
" 6 " " " 100° .	33·9	29·9	38·3	42·0	43·8	45·0
" 10 " " " 100° .	33·4	29·8	38·0	41·8	43·8	45·2
" 20 m. v parách anilinových 185° .	29·5	29·6	40·0	44·5	47·2	49·4
" 1 h. " " 185° .	28·4	30·3	42·3	47·4	50·3	52·3
" 3 h. " " 185° .	27·1	31·8	46·2	51·6	54·4	56·5
" 7 h. " " 185° .	25·9	33·6	50·4	56·0	59·1	61·4
" 13 h. " " 185° .	25·0	34·7	52·6	60·0	63·4	65·8
" 1 min. v lázni olověné 330° .	20·4	32·2	63·4	77·3	84·2	89·2
" 1 hod. " " 330° .	18·8	26·0	65·3	81·4	90·3	97·2
Magnety žíhané	15·7	6·0	21·3	43·0	59·4	70·3

Tabulka 57.

Výsledky (m a s) pro drát II., zjednané grafickou interpolací.

Popis napouštění	Tvrdost s	Specif. magnetismus m ; poměr rozměrový				
		20	40	60	80	100
Magnety kalené	37·3	31·5	45·0	49·5	51·3	52·4
Napouštěné 1 hod. v páře vodní 100° .	34·7	30·4	43·4	47·8	49·7	50·5
" 3 " " " 100° .	33·0	30·0	42·8	47·3	49·0	49·9
" 6 " " " 100° .	32·2	29·9	42·7	47·2	48·8	49·8
" 10 " " " 100° .	31·6	29·9	42·7	47·2	48·8	49·7
" 20 m. v parách anilinových 185° .	27·4	29·4	45·3	50·1	52·5	54·0
" 1 h. " " 185° .	26·3	30·0	47·3	52·2	55·0	56·6
" 3 h. " " 185° .	24·9	32·8	50·9	57·3	60·0	62·2
" 7 h. " " 185° .	23·7	34·3	54·7	62·3	66·0	68·0
" 13 h. " " 185° .	22·8	35·0	58·0	66·4	70·8	72·0
" 1 min. v lázni olověné 330° .	18·9	33·0	64·3	80·7	88·6	92·2
" 1 hod. " " 330° .	17·4	30·0	65·3	84·6	95·0	100·8
Magnety žíhané	14·5	6·0	27·8	47·5	63·3	74·0

13. Rozbor všech výsledků.

Číselný material tabulek 52., 53., 54., 55., jakož i tabulek 56., 57., jest pevným základem, na němž lze provést podrobný rozbor všech otázek, týkajících se závislosti maximálního permanentního momentu specifického m jednak na tvrdosti, měřené odporem specifickým s , jednak na poměru rozměrovém α . Máme zde funkci o dvou proměnných $m = f(s, \alpha)$. Průběh funkce této přehledně se nejlépe grafickým znázorněním. Chceme-li, jakož jest nejjednodušší, provést toto znázornění v rovině, považujeme jednu z obou základních proměnných za konstantu arbitrární, a studujeme závislost funkce m na oné proměnné druhé. Tabulky naše hodí se především velmi dobře k tomu, považovati poměr α za konstantu arbitrární, poněvadž se v nich tato konstanta v pravidelném postupu čísel 10, 20, 30, 40, 50, resp. 20, 40, 60, 80, 100 mění, studovati tedy přede vším závislost specifického magnetismu m na tvrdosti s při jistém poměru délky L magnetu k jeho průměru 2ϱ .

Provádíme-li grafické znázornění této závislosti $m = f(s)$, shledáváme, že u každého jednotlivého magnetu obdržíme z daného číselného materialu řadu bodů, jež ve svém postupu naznačují zcela určitý průběh křivky. Sestrojíme-li tyto křivky pro všechny magnety, jak je zde máme, v počtu 20 průměru většího a (dle redukovanych tabulek) 10 průměru menšího a srovnáme-li je pak mezi sebou, tu shledáme, že křivky zjednané pro magnety téhož poměru rozměrového, ale z různých drátů, nikterak se nekryjí. Z toho seznáváme, že funkce $m = f(s, \alpha)$ má ještě jiné konstanty arbitrární, kteréž charakterisují každý drát jednotlivý. Ani dráty téhož průměru nesouhlasí vespolek. Dráty většího průměru dávají celkem magnety silnější, než dráty menšího průměru. U každého druhu drátu jsou dále magnety silnější tam, kde jest specifický odpor menší. U magnetů průměru většího zdá se, že též specifická váha má vliv

Způsob rozboru všech výsledků.

Závislost na tvrdosti.

Individuálnost magnetů jednotlivých.

tak sice, že jsou magnety silnější tam, kde jest specifická váha větší. Všechno toto souvisí právě se způsobem kalení. Proto jest každý drát povahy úplně individuální.

úběh křiv-
t jest přes
o individu-
nost sou-
hlasný

Přes tuto komplikovanost, jakáž se v problému celkovém jeví, vyniká přece vliv tvrdosti způsobem zcela rozhodným. Neboť ačkoliv jednotlivé křivky se nekryjí mezi sebou, ukazují přece všechny průběh celkový úplně souhlasný. Každá z nich má i při témže poměru rozměrovém jakoby jinou polohu v rovině, ale její průběh základní proměnnou s jest zcela rozhodně charakterisovány. Přes komplikovanost celkového problému jest tudíž otázka, kterouž jsme řešiti chtěli, objasněna způsobem zcela uspokojivým.

Tabulka 58.

Specifický magnetismus m ve své závislosti na stupni tvrdosti s .
Střední hodnoty pro dráty průměru $2\varrho = 0.15$ cm.

Střední stupeň tvrdosti s	Specifický magnetismus m pro poměr rozměrový $\alpha =$				
	10	20	30	40	50
45.3	23.5	37.6	43.6	46.5	48.3
40.2	22.2	35.7	41.3	44.2	46.0
37.9	22.3	35.3	40.8	43.3	45.0
36.6	22.3	35.3	40.6	43.1	44.8
35.7	22.3	35.2	40.6	43.1	44.8
30.2	20.8	36.0	42.9	46.2	48.3
28.5	20.8	37.4	45.1	48.8	51.2
26.7	21.4	40.2	49.4	53.8	56.5
25.1	21.9	43.3	54.3	59.6	63.0
23.8	21.4	44.7	57.8	64.3	68.2
23.0	21.0	45.2	59.3	66.5	70.9
19.5	19.3	45.8	67.0	80.4	87.3
16.7	15.2	40.8	71.3	91.3	101.8
15.3	4.3	11.2	20.5	31.8	44.6

Hodnoty
střední.

Aby tento společný průběh všech křivek vynikl, kombinujeme výsledky, jež jsme pro dráty téhož druhu obdrželi tak, abychom

si zjednali k společné repraesentaci hodnoty střední. Počítejme tedy pro tytéž rozměrové poměry α a též stupeň tvrdosti s střední hodnoty specifických magnetismů m . Tak obdržíme tabulky 58. a 59.

Tabulka 59.

Specifický magnetismus m ve své závislosti na stupni tvrdosti s .
Střední hodnoty pro dráty průměru $2\varrho = 0.083$.

Střední stupeň tvrdosti s	Specifický magnetismus m pro poměr rozměrový $\alpha =$				
	20	40	60	80	100
37.9	31.5	42.6	46.9	48.9	50.2
35.5	30.5	41.3	45.4	47.2	48.3
33.9	30.1	40.7	44.8	46.5	47.6
33.1	29.9	40.5	44.6	46.3	47.4
32.5	29.8	40.3	44.5	46.3	47.4
28.5	29.5	42.6	47.3	49.8	51.7
27.4	30.1	44.8	49.8	52.7	54.5
26.0	32.3	48.6	54.4	57.2	59.4
24.8	33.9	52.6	59.2	62.6	64.7
23.9	34.8	55.3	63.2	67.1	68.9
19.7	32.6	63.8	79.0	86.4	90.7
18.1	28.0	65.3	83.0	92.7	99.0
15.1	6.0	24.5	45.3	61.4	72.2

Na základě těchto čísel jsou kresleny oba systémy křivek v obr. 45 a 46. Z průběhu křivek těchto soudíme, jak následuje.

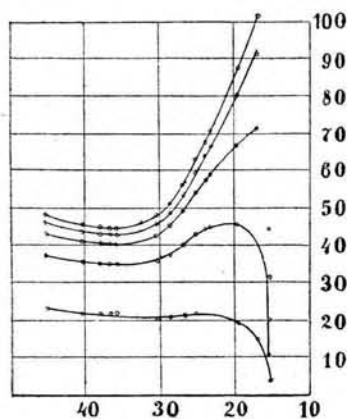
Maximální magnetismus specifický jest za poměrů jinak stejných tím větší, čím jest větší poměr rozměrový, t. j. čím jsou magnety táhlejší. Vycházíme-li od magnetů kalených a napouštíme-li je pohenáhu, pak z počátku klesá maximální specifický magnetismus až ku jistému minimu, odtud pak stoupá až k jistému maximu a odtud opět klesá až k jisté hodnotě, již obdržíme pro magnety měkké. Tento průběh mezi oněmi krajními body, jež charakterisují magnety

Výsledky.

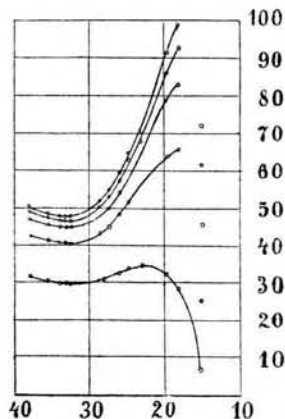
Minimum
a maximum
magnetisace.

echodní
nota pro
něr roz-
ový ne-
cistuje.

obou krajních stupňů tvrdosti, totiž magnety nejtvrdší a nejměkčí, jest celkově nezávislý na poměru rozměrovém. Neexistuje tedy žádná přechodní hodnota tohoto poměru rozměrového, tak aby onen průběh, až do této hodnoty byl jiný než přes tuto hodnotu. Ve všech případech vyniká ono minimum a maximum zcela určitě. Až do minima jest průběh křivek velmi souhlasný; vliv poměru rozměrového jeví se zde jen tím, že se u magnetů delších do onoho minima poněkud dříve sestoupí než u magnetů



Obr. 45.



Obr. 46.

minimum
maximum
se sbližují
magnetů
krátkých.

kratších. Za to jeví se vliv poměru rozměrového rozhodněji při dalším stoupání křivky od minima k maximu v tom smyslu, že křivka stoupá tím prudčeji a tím později dostupuje maxima, čím jsou magnety táhlejší. Můžeme tedy tak říci, že ono minimum a maximum při magnetech velmi táhlých jsou dále od sebe; čím jsou magnety proti svému průměru kratšími, tím více blíží se k sobě. Zajímavě ono minimum a maximum, při čemž se současně maximum značně splošňuje, tak že se zdá velmi pravdě podobným, že při magnetech velmi krátkých ($\alpha < 5$) toto sblížení se minima a maxima tak pokročí, že křivka stálý ukazuje

spád od hodnoty m pro magnety kalené až do hodnoty m pro magnety měkké.

Ještě jedna poznámka namítá se sama sebou. Změny v posledním magnetismu m v intervalu $s = 45$ až 35 jsou malé, avšak v intervalu $s = 25$ až 15 velmi značné; z toho vysvitá, že vzhledem k vlastnostem magnetickým specifický odpor s není měrou tvrdosti rovnoměrně pokračující. Tato nerovnoměrnost vyrovnala by se poněkud tím, kdybychom na místě s brali $\log s$ za základní proměnnou. Jsou ostatně i jiné toho důvody, že by $\log s$ za míru tvrdosti byl vhodnější než s samo. O jednom takovém důvodu zminíme se níže. Dle toho zdá se, že bychom obdrželi poněkud věrnější obraz změn specifického magnetismu m s tvrdostí, kdybychom za míru tvrdosti volili $\log s$ na místě s . Mnoho by však tím také získáno nebylo. Jest jisto, že v posledních změnách tvrdosti u táhlých magnetů zbývají ještě změny magnetismu velmi značné, jakož ukazuje zejména prudký spád křivky od hodnoty, již jsme obdrželi pro magnety v zinkové lázni napouštěné k hodnotě pro magnety žíhané.

V křivkách obrazce 45. a 46. zrači se závislost momentu m na tvrdosti s . Neméně zajímavou jest však studovati též závislost momentu m na poměru rozměrovém α , tedy studovati funkci $m = f(s, \alpha)$ a považovati α za základní proměnnou a s za arbitrární konstantu. Přistupujíc již k tomu, zařídíme věc tak, abychom mohli výsledky, jež jsme obdrželi, srovnávat s výsledky pozorovatelů dřívějších. Tito volili jistě hlavní stupně tvrdosti a to dle barev napouštěcích; vedle oceli kalené vyšetřovali ocel napouštěnou na žluto, na modro a pak ocel žíhanou. Souvislost mezi barvami napouštěcími a mezi stupněm tvrdosti, charakterizovaným odporem specifickým, vyšetřovali jsme zvlášť, jak o tom v díle IV. bylo jednáno, a našli jsme vztahy následující:

$$\text{Pro ocel tvrdou} \quad s = 45 \cdot 7 \left(\frac{cm}{cm^2} 0^0 \text{ Mikrohm} \right)$$

Pro ocel žlutě napuštěnou $s = 26.3$
 „ „ modře napuštěnou „ 20.5
 „ „ měkkou „ 15.9

Jest zajímavé poznamenati, že odlehlost logaritmická těchto stupňů jest vyjádřena velmi blízce jednoduchými čísly, totiž čísly 2, 1, 1; kdybychom tedy přijali $\log s$ za míru tvrdosti, byla by ocel měkká od modře napuštěné právě tak odlehlá jako ocel modře napuštěná od žlutě napuštěné a tato by byla zase uprostřed mezi ocelí tvrdou a měkkou. S tímto názorem rozdělení tvrdosti byla by praxis v dobrém souhlasu.

olba luv-
ích stupňů
tvrdosti.

Vzhledem k postupu, jaký jsme při napouštění našich magnetů zachovávali, odpovídal by stupeň označený napouštěcí barvou žlutou asi tomu stadiu, kde dráty byly 3 hodiny v parách anilinových ($s = 26.7$ a 26.0) a stupeň označený napouštěcí barvou modrou asi tomu stadiu, kde dráty byly minutu v lázni olověné ($s = 19.5$ a 19.7). Pro účel náš stačí tato aproximace úplně. Vybereme tudíž k studiu závislosti funkce $m = f(\alpha)$ z číselného materialu tabulek 58., 59., čísla následující.

Tabulka 60.

Specifický magnetismus m pro hlavní stupně tvrdosti.
 Střední hodnoty pro dráty průměru $2\varrho = 0.15$ cm.

	Specifický magnetismus m při poměru rozměrovém α				
	10	20	30	40	50
Kalené	23.5	37.6	43.6	46.5	48.3
Žlutě napuštěné	21.4	40.2	49.4	53.8	56.5
Modře napuštěné	19.3	45.8	67.0	80.4	87.3
Měkké	4.3	11.2	20.5	31.8	44.6

Tabulka 61.

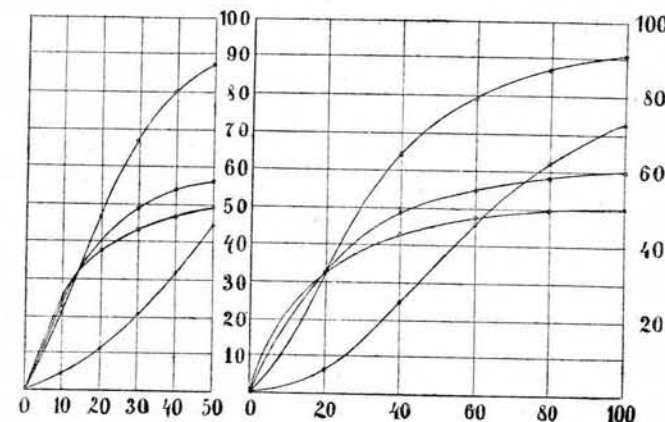
Specifický magnetismus m pro hlavní stupně tvrdosti.
 Střední hodnoty pro dráty průměru $2\varrho = 0.084$ cm.

	Specifický magnetismus m při poměru rozměrovém α				
	20	40	60	80	100
Kalené	31.5	42.6	46.9	48.9	50.2
Žlutě napuštěné	32.3	48.6	54.4	57.2	59.4
Modře napuštěné	32.6	63.8	79.0	86.4	90.7
Měkké	6.0	24.5	45.3	61.4	72.2

Dle těchto čísel jsou kresleny obrazce 47. a 48.

Z obrazců těchto vidíme, že křivka pro ocel kalenou jest v celém svém průběhu k ose základní proměnné kon-

Průběh
magnetisace
s poměrem
rozměrovým
pro ocel
kalenou
a měkkou.



Obr. 47.

Obr. 48.

kávní; magnetismu specifického m přibývá tu s poměrem α z počátku rychle, v dalším průběhu vždy volněji a volněji, tak že na př. změna m od $\alpha = 80$ do $\alpha = 100$ jest již velmi nepatrná; patrně blíží se tu m asymptoticky jisté hodnotě krajní. Srovnáme-li s tím průběh křivky pro druhý extrém tvrdosti,

pro ocel měkkou, vidíme, že křivka tato nemá průběh tak jednoduchý; z počátku jest k ose úseček konvexní — magnetismu m přibývá tu s poměrem α z počátku zvolna, pak rychleji, křivka však má bod obratu, změni svůj smysl, stane se konkávní k ose úseček, stoupá však stále dosti značně, vystupuje nad křivku pro ocel kalenou, v dalším pak průběhu zdá se, že se rovněž jistě hodnotě krajní asymptoticky blíží, kterážto hodnota však až teprve u magnetů velmi táhlých se dosáhne, neboť změny m od $\alpha = 80$ do $\alpha = 100$ jsou tu ještě (proti dřívějším) velmi značné.

Takovýto jest průběh křivek, máme-li na zřeteli oba extrémní stupně tvrdosti. Křivky pro ty stupně, jež jsou mezi těmito extrémy, ukazují postupnou a souvislou změnu. Na tuto souvislost — kontinuitu budiž zde zvláště poukázáno.

Průběh
magnetisace
oměřen
měrovým
pro ocel
napuštěnou.

Křivka pro ocel kalenou jest, jak dříve řečeno, v celém svém průběhu konkávní k ose úseček. Při počátku napouštění v prvním jeho stadiu snižuje se celá křivka poněkud níže, potom však počíná větev zadní se zvedati, zatím co větev přední ještě níže klesá; při postupujícím napouštění vystoupí ona větev zadní rychle nad křivku pro ocel kalenou, tak že na př. pro ocel na žluto kalenou vidíme, že větev tato jest již značně nad touto křivkou, kdežto větev přední začíná sice též vystupovati z nejnižší polohy, ale zůstává níže; obě křivky se tedy protínají: průsek leží při $\alpha = 12$ resp. 18 u magnetů silnějších resp. slabších. Ponenáhlu mění se při tom začáteční větev křivky přecházejíc v část k ose úseček konvexní; křivka má bod obratu. V dalším postupu stoupá zadní větev vždy výše, kdežto přední počne zase klesati. U magnetů modře napuštěných vidíme již větev přední státi níže než u magnetů žlutě napuštěných, toto klesání sdílí se ponenáhlu dalším částem křivky, zatím co větev nejzadnější ještě výše stoupá. Tím postupuje bod obratu k větším α . Konečně počíná i nejzadnější větev zase klesati

a křivka přejde ponenáhlu ve tvar, jak jsme jej seznali pro magnety měkké.

Z celého tohoto popisu vidíme, že neexistuje žádná hodnota poměru α , jež by za přechodní mohla býti považována. To pak proto tak jasně poznáváme, poněvadž máme průběh celé křivky $m = f(s, \alpha)$ pro obě proměnné před očima. Kdybychom znali jen hodnoty m pro stupeň tvrdosti největší a pak ty, jež barvami žlutou a modrou jsou charakterisovány, mohli bychom za takovou hodnotu přechodní považovali asi $\alpha = 15$ neb 20 pro oba druhy drátů, poněvadž se zde křivky protínají; avšak hodnota tato jest zcela nahodilá a vypadla by jinak, kdybychom jiné tři stupně tvrdosti byli vybrali.

14. Pozorování starší.

Tabulka 62.

Specifický magnetismus magnetů, jež zkoumal Ch. Ruths.

Délka $L = 12$ cm.	VI	V	IV	III	II	I
Průměr $2\varrho =$	0.59	0.49	0.38	0.29	0.24	0.19
Poměr $\frac{L}{2\varrho} = \alpha$ approx.	20	25	30	40	50	70
Hmoty $\mu =$	25.65	17.50	10.55	6.22	4.31	1.99
Magnety		Maximální specifický magnetismus m .				
kalená	51.0	66.6	61.0	74.7	66.1	68.7
na žluto napuštěné	29.7	38.6	52.0	79.1	71.0	88.6
na modro napuštěné	28.4	48.2	61.3	90.2	71.0	92.0

Jest zajímavé srovnávat výsledky vlastní s výsledky, jichž došli jiní autorové v téže otázce. Vizme zvláště výsledky, jež obdržel Ch. Ruths. Z práce jeho vyberme data nejdůležitější pro magnety oce-

Výsledky,
jež obdržel
Ch. Ruths.

lové vzhledem k jich magnetismu permanentnímu, jež se vztahují na magnety nasycené (p. 47 práce dříve citované). Jsou to magnety označené I, II, III, IV, V a VI, všechny mají délku společnou = 12 cm; jich průměr 2ϱ jest různý a dle toho též poměr rozměrový $\alpha = \frac{L}{2\varrho}$. Z jeho dat počítejme magnetismus specifický m v téže jedničce, jaké v této práci užíváme a to pro tři jeho hlavní stupně tvrdosti: pro ocel kalenou, žlutě a modře napuštěnou. Tak obdržíme tabulku 62.

Zde máme především výborný k tomu doklad, co důrazně bylo dříve řečeno, že nelze magnety různých průměrů vedle sebe klásti a jich momenty srovnávat. Momenty m magnetů kalených posuzovány dle poměru α nedávají zde žádnou pravidelnou souvislost; čísla brzy stoupají a zase klesají. Pozoruhodno jest, že Ruths dostává pro magnety kalené vyšší magnetismus než my; což asi bude souviseti s tím, že jeho magnety nebyly tak značně kaleny jako naše, jakož jest přirozeno, poněvadž jeho magnety měly celkem průměr značně větší než naše. Nepravidelnosti, jež se jevily v momentu m vzhledem k poměru α , přestávají poněkud při magnetech napuštěných, aspoň nevstupují tak značně; jest viděti z toho, že se nepravidelnosti kalením vzniklé později při napouštění poněkud vyrovnávají. Celkově přibývá momentu m s poměrem α . Průsek křivek pro magnety kalené a modře napuštěné nastal by dle čísel Ruths-ových teprve při $\alpha = 30$, průsek křivek pro magnety žlutě a modře napuštěné při $\alpha = 20$. Poslední hodnota souhlasí s naší dosti dobře — první jest značně větší. To souvisí s tím, že hodnoty, jež pro magnety kalené Ruths dostává, jsou větší než jsme my obdrželi. Proto bychom si v obr. 47. musili křivku pro magnety kalené mysliti poněkud vyvýšenou, tak aby stihla křivky druhé až při vyšším α . Ovšem že s tím není v souhlasu výsledek pro magnet II, dle něhož by se křivka pro magnety žlutě a modře napuštěné měla protínati v bodě $\alpha = 50$.

Pokusy Ch. Ruthsovy kontroloval C. Fromme. Týž měl 8 tyčů, z nichž 4 byly vždy stejných rozměrů; první čtyry tyče byly 100 cm. dlouhé, 7 cm. silné; pro tyto bylo $\alpha =$ asi 15. Druhé čtyry byly 100 cm. dlouhé a 2 cm. silné; pro tyto bylo $\alpha = 50$. Fromme stanoví poměr $\frac{\mu}{t^2}$ mezi hmotou magnetů μ a dobou t jich oscillace, a dostává čísla následující:

	$\frac{\mu}{t^2}$	$\alpha = 15$	$\alpha = 50$
Magnety kalené		1982	413
žlutě napuštěné		1508	448
modře napuštěné		1118	440

Dle těchto čísel byl by průsek křivek pro magnety žlutě a modře kalené při $\alpha = 50$; to by souhlasilo s výsledkem, kterýž obdržel Ruths pro magnet II; avšak spor, jenž tím vzhledem k magnetům s menším α v číslech Ruthsových zůstává, trvá i dále.

15. Doslov.

Uzavírajíce již tyto úvahy, můžeme, přehlednouce výsledky veškeré, otázku o závislosti maximální magnetisace permanentní na tvrdosti oceli za rozřešenou prohlásiti. Pro praxis má právě tato otázka význam největší. Vždy přejeme si míti magnety permanentní momentu co největšího. Víme nyní, jaký stupeň tvrdosti se k účelu tomu hodí nejlépe. Závisí to na poměru délky magnetu k jeho průměru. U magnetů velmi krátkých a silných jest nejlépe voliti tvrdost největší; magnety tyto budou nejsilnější, když se kali a pak silně zmagnetisují. Naopak u magnetů velmi dlouhých a slabých dosáhne se silné magnetisace při stupni tvrdosti velmi blízkém oceli žíhané. Tyto magnety jest dobře co nejvíce napustiti a pak teprve silně zmagnetisovati. Jest velice zajímavé, jak pro oba extrémy $\alpha = 0$ a $\alpha = \infty$ také extrémní stupně tvrdosti nejvýhodnějšími se býti jeví pro magne-

Výsledky,
jež obdržel
C. Fromme.

Výsledky
pro praxis.

tisací co možná značnou. Významné jest dále ono minimum a maximum magnetisace; není pochybnosti, že onomu minimumu hlubší jakýsi význam náleží, jenž se strukturou kalené oceli souvisí, jakož se zase zdá, že ono maximum souvisí se specifickou vahou magnetu, kteráž asi též při stejném stupni tvrdosti má své maximum. Průběh křivky $m = f(s, \alpha)$ činí dojem, jakoby vznikl superposicí křivek dvou; jedna z nich mohla by na př. souviseti se stupněm tvrdosti, kterýž podmiňuje sílu koërcitivní, druhá pak se vzájemnou indukcí magnetů molekulárních, kteráž tím značněji vystupuje, čím jest magnet delší. Tím vyslovujeme pouze domněnku, kterouž se může při pracech budoucích otevřítí rozhled nový, zejména ke spekulacím theoretickým.

Modifikace
těchto vý-
sledků
vzhledem
ke vlivu
teploty.

Užívá-li se však permanentních magnetů k účelům vědeckým při pozorováních a měřeních, pak není to jen maximální magnetisace permanentní, kteráž se jeví býti žádoucí, nýbrž jsou to ještě jiné vlastnosti, kteréž pozorovatel při svých magnetech míti si přeje. Tyto vlastnosti týkají se zejména působení teploty na magnety již hotové. Tím vzniká otázka nová; teprve po rozřešení otázky této možno rozhodnouti, který stupeň tvrdosti magnetů se nejlépe hodí k účelům vědeckým.

XI.

O vlivu teploty na magnetismus permanentní.

1. Úvod.

Vliv teploty na magnetické vlastnosti železa i oceli jeví se ve směrech velice rozmanitých. Můžeme vliv tento studovati jak se jeví na magnetismus transversální neb longitudinální. Důležitější jest ovšem magnetismus longitudinální, který také v následujícím vždy předpokládáme; můžeme dále studovati, jak se vliv tento jeví buď před magnetisací tím, že se material působením teploty pro magnetismus temporární neb permanentní tak neb jinak připravuje; můžeme studovati, jak se jeví mezi magnetisací, když se material ochlazuje neb zahřívá za současného působení sil magnetisujících, kde tudíž jde o temporární magnetismus; můžeme konečně zkoumati vliv ten, jak se jeví po magnetisaci na magnety již hotové, tedy permanentní. Pro účely naše vzhledem k otázkám, o nichž jednáno v díle předcházejícím, bylo důležité specialisovati všeobecný problém tento v tom smyslu, aby se zkoumal vliv teploty, jak se jeví po magnetisaci, tedy na magnety permanentní, vzhledem pak k tomu, že jsme zvláště maximální magnetisaci permanentní měli na zřeteli, bylo žádoucí zejména k tomu přihlížeti, jak se jeví na permanentní magnety nasycené.

Všeobecný
problém
o vlivu te-
ploty.

Specialisace.
Vliv teploty
na magnetis-
mus perma-
nentní.

O vlivu teploty na magnetismus permanentní byly učiněny mnohé zkušenosti již v dobách starších.⁷⁷⁾ Poznalo se, že se

Zkušenosti
starší

⁷⁷⁾ O těchto starších pozorováních viz literaturu na př. G. Wiedemann Elektricität III. p. 175. 1883.

magnetismus permanentní silnějším zahrátím magnetů zeslabuje, ba že při větším žaru dokonce mizí a to při teplotě nižší, než jest ta, při níž vůbec schopnost magnetisace přestává.⁷⁸⁾ Poznalo se, že i mírné zahrátí zeslabuje magnetismus;⁷⁹⁾ toto zeslabení se zase koriguje při chladnutí magnetu, ale jen částečně; magnetický moment klesá při postupujícím mírném zahřívání, stoupá však zase při nastalém ochlazení ale tak, že když magnet původní teploty nabyt, magnetický jeho moment jeví se předce býti menším než byl původně. Dlužno tedy rozeznávati ztrátu dvoji: Jedna jest jen pomíjející, druhá trvalou. Zkušenost ukázala dále,⁸⁰⁾ že tato ztráta trvalá se opětuje, když magnet znovu zahříváme a ochlazujeme, že jest však po druhé již menší, ještě menší po třetí atd. tak totiž, že konečně, když ono zahřívání a ochlazení magnetu v určitém intervalu, tepelném se velmi často opakuje, ztráta trvalá již se nedostaví a zůstává pak již jen ztráta pomíjející. Tuto lze pak uvést v počet. Je-li M_0 magnetický moment při jisté teplotě základní t_0 , dále M moment při teplotě jiné (na př. vyšší) t , pak můžeme klásti

$$M = M_0 [1 - \alpha (t - t_0)]$$

kdežto jest α tepelný koeficient. Rovnice tato platí však jen s tou výhradou, že teploty t a t_0 zůstávají v onem tepelném intervalu, ve kterém magnet před tím byl zahříván a ochlazen. Tento vliv teploty jest tedy, jak bychom říci mohli, pravidelným, nedá se nikterak odstraniti, není však také při přesných pozorováních škodlivým, poněvadž jej počtem ovládáme.

Na základě těchto zkušeností vzniklo pak pro praxis pravidlo, jak dlužno magnet, pro přesná měření vědecká zhotovený, napřed upravit, aby byl přiveden do oné žádoucí ustálenosti vůči vlivu teploty. Jedná se o vymýtní oné trvalé ztráty magne-

⁷⁸⁾ Barlow a Bonnycastle, Ritchie, Boyle, Savery, Gilbert, Erman, Faraday.

⁷⁹⁾ Canton, Hallström.

⁸⁰⁾ Kuppfer, Kastners Archiv p. 185. 1825.

tického momentu vlivem teploty; ví se dale, v jakých asi mezích se při jeho užívání bude teplota měniti; dle toho volí se jisté dvě teploty $t_2 > t_1$ (na př. 50° a 0°), tak aby intervall $t_2 - t_1$ byl raději větší než onen intervall, kterýž se dá při užívání magnetů očekávati; na to pak se magnet právě zmagnetisovaný, zahřívá na t_2 a ochlazuje na t_1 a to velmi často střídavě, aby se, jak bychom říci mohli, magnet vůči působení teploty v intervallu $t_1 \dots t_2$ otužil; po této přípravě očekává se, že teplota (v intervallu $t_2 - t_1$ zůstávající) má pak na takový magnet jenom vliv pravidelný, kterýž lze uvést v počet.

2. Pokusy předběžné.

Na tomto stanovisku, vytčeném poslední větou předcházejícího oddílu, stáli jsme též my, při svých pokusech magnetických. Měli jsme 6 malých paralelepipedických magnetů, určených pro variometr horizontální intensity zemského magnetismu. Rozměry (v cm) těchto magnetů a jich hmota (v g) byly, jak následuje:

	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.
Délka	3.0	2.5	3.0	2.5	3.0	2.5
Šířka	0.5	0.5	0.4	0.4	0.3	0.3
Výška	0.3	0.3	0.3	0.3	0.2	0.2
Hmota	0.328	0.278	0.278	0.232	0.133	0.133

Tyto magnety jsme zmagnetisovali velkým podkovitým magnetem Funklerovým. Specifický magnetismus m , stanovený methodou úchylek, jakož v díle předcházejícím vyloženo, byl po této magnetisaci jak následuje:

	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.
$m =$	16.4	12.9	18.6	14.8	25.0	20.7

Dle pravidla oddílu předcházejícího kladli jsme pak tyto magnety do lázně vodní 15° a 50° střídavě, nechávajice je po každé v lázni asi 10 sekund; to pak opakovali jsme 10-krát. Po té byl specifický magnetismus m těchto magnetů, jak následuje:

Ustapování malých magnetů paralelepipedických.

Magnetisování natíráním.

I.	II.	III.	IV.	V.	VI.
$m = 16.1$	12.7	18.4	14.6	24.6	20.3

Ztráty jsou tudíž velmi malé; průměrně asi $\frac{3}{2}$ %. Vyšší teplota 50° jest patrně ještě poměrně nízká; stabilisace magnetů by se těmito dvěma teplotami nedosáhlo, leda kdyby se ono zahřívání a ochlazování opakovalo velmi často, snad až stokrát.

Magnetisování proudem.

Proto ustanovili jsme se na tom přejíti k teplotám vyšším a dávat magnet do vodní páry 100°. Při tom však chtěli jsme se též přesvědčiti, zdali by opětovým silným magnetisováním přišly do původní magnetisace; majíce pak připravenou magnetisující cívku popsanou v díle VII., kde nám bylo k dispozici magnetické pole síly (pro délku až 3 cm.) více než $880 \frac{g^{1/2}}{cm^{1/2} sec}$ provedli jsme novou magnetisaci touto cívku a obdrželi specifický magnetismus, jak následuje:

I.	II.	III.	IV.	V.	VI.
$m = 19.0$	14.9	21.3	17.1	28.7	23.6

Tabulka 63.

Trvalé ztráty magnetismu vznikající opětovným působením vyšší teploty na magnety permanentní.

Doba působení teploty 100°	Specifický magnetismus					
	I	II	III	IV	V	VI
Po magnetisaci	18.97	14.90	21.34	17.08	28.70	23.55
20 ^m	14.08	10.74	15.80	12.42	20.94	16.66
dalších 40	11.68	9.05	13.45	10.42	17.60	13.92
" 1 ^h	10.34	8.11	12.21	9.60	15.68	12.22
" 2 ^h	9.42	7.32	11.21	8.85	14.16	11.04
" 3 ^h	8.86	7.07	10.68	8.21	13.63	10.24
" 4 ^h	8.65	6.69	10.29	8.02	12.98	9.91

Výsledek tento jest pozoruhodný. Magnety naše staly se touto magnetisací silnějšími dosti souhlasně asi o 15%. Vychází

z toho, že se natíráním i magnety velmi silnými ⁸¹⁾ přece velmi nesnadno dosáhne magnetické sytosti a že magnetisace proudem daleko vyniká nad magnetisací natíráním.

Na to dávali jsme tyto magnety do páry vodní na jistou dobu, a to nejprve na 20 pak na 40 minut, potom ještě na 1, 2, 3 a konečně ještě na 4 hodiny. Pokaždé, když se magnety z páry vyňaly, zůstaly nějaký čas ve vzduchu teploty 10° až 15° ležeti, načež byl jich specifický magnetismus pozorováním úchylek magnetometru stanoven.

Zahřívání a ochlazování v mezích širších

Postup a výsledek pokusů ukazuje tabulka 63.

Výsledky.

Abychom postup těchto trvalých ztrát magnetisace přehlédlí, kteréž patrně souvisí s dobou působení vyšší teploty 100°, nanášíme tuto dobu za úsečku a specifický magnetismus za pořadnici. Tím obdržíme pro každý magnet řadu bodů, jež zřetelně označují průběh jisté křivky; tato klesá z počátku rychle, pak vždy volněji, tak že konečný její průběh jest s osou úseček skorem rovnoběžný; je-li toho dosaženo, pak jest magnet vůči působení oné teploty dané ustáleným.

3. Stanovisko nové.

Vytkli jsme dříve úmyslně, že jsme provádějící pokusy v oddílu předcházejícím popsané, stáli na stanovisku již známém, jak pracemi autorů jiných bylo zjednáno. Zejména otázka, zdali na ony trvalé ztráty magnetismu má či nemá jistý vliv doba, po jakou vyšší teplota působí, byla již jinými autory před námi předmětem úvah a pokusů a vedla k výsledkům nikoliv souhlasným. Tak na př. Mosera a Riess, ⁸²⁾ kteří své magnety kladli do lázně 100°, popírali, že by vliv takový existoval;

Otázka o vlivu doby při zahřívání magnetů.

⁸¹⁾ Funklerův podkovitý magnet, jehož jsme užili, měl nosivost 50 kilogramů, což jest oproti magnetům našim, jež vážily jen několik desetin grammu, dojísta tak mnoho, že dosažení magnetické sytosti oněch malých magnetů natíráním na tomto silném magnetu bylo lze očekávat.

⁸²⁾ L. Moser a P. Riess, Pogg. Ann. 17. p. 403. 1829.

naproti tomu sledal Holmgren,⁸³⁾ že magnet při delším trvání v lázni parní více ztrácí na svém magnetismu, než při kratším. Vzhledem k tomuto sporu poukázal však již Lamont⁸⁴⁾ k tomu, že Holmgren experimentoval s magnety kalenými, naproti tomu Moser a Riess s magnety měkkými. Také G. Poloni⁸⁵⁾ praví, že dlužno magnet, který při střídání teplot ještě se neustálil, dáti „na delší čas“ do vyšší teploty, aby dosáhl momentu konstantního, avšak Poloni nerozlišuje při tom nikterak magnety různých stupňů tvrdosti.

Otázka o významu časového střídání teploty vyšší a nižší.

Předběžné však naše pokusy pozměnily starší stanovisko dosti podstatně. Jisto jest, že se k docelení ustálenosti magnetické vůči teplotě kladl od starších pozorovatelů důraz na časté střídání obou teplot a nikoli na dobu působení jedné i druhé, zejména teploty vyšší; jen více mimochodem bylo od některých konstatováno, že i tato doba má jakýsi význam. Proto také předpisuje ono pravidlo praktické, dříve uvedené, že se co možná často má magnet střídavě zahřívati a ochlazovati, aby se ustálil.

My však pozorujeme grafické znázornění oněch předběžných pokusů a seznávše zároveň již ze svých prací o napouštění oceli, jak jest tvrdá ocel citlivou vzhledem k teplotám vyšším, počínali jsme čím dále, tím více pohlížeti na celou věc se stanoviska jiného.⁸⁶⁾

Zdalo se nám býti vždy více pravděpodobným, že trvalé změny způsobené zahrátím kalených magnetů, v první řadě vznikají proměnou materialu t. j. napouštěním oceli. Tato okolnost nemohla býti ovšem dříve jasnou, poněvadž jsme teprve

⁸³⁾ K. A. Holmgren, Acta soc. scient. Upsala (3) 1. p. 309. 1856. Fortschritte der Physik 1856 p. 536.

⁸⁴⁾ J. Lamont, Magnetismus p. 385. 1867.

⁸⁵⁾ G. Poloni, Electricista II. p. 193—231. 1878. Beibl. 2. p. 523. 1878.

⁸⁶⁾ Myšlenku o tomto novém stanovisku vyslovil již dříve Strouhal v pojednání: Ueber die Leitungsfähigkeit des compensirten Magnetometers Weber-Kohlrausch, Carls Rep. XVII. pag. 353.

vlastními pokusy ukázali, jak citlivou jest kalená ocel již i vůči teplotám poměrně málo vysokým. Avšak právě z pokusů těchto se ukázalo, že doba působení takovéto vyšší teploty má důležitý význam pro výsledek. Proto tedy také pro ony trvalé ztráty magnetické musí tato doba působení míti svůj význam a to nikoliv snad vedlejší, nýbrž právě naopak hlavní. Byli jsme tedy přesvědčeni, že při tomto studiu o vlivu teploty na magnetismus, tato otázka o proměně materialu nejprve musí býti vysvětlena, po případě vymýšlena.

Tato myšlenka byla nám vodítkem k provedení pokusů nových. Dřívější pokusy s oněmi magnety paralelepipedickými považovali jsme jen za orientující — proto také zde grafické znázornění nepředvádíme; předběžné zahřívání magnetů na 50° mělo dojista již také jistý vliv, tak že ony křivky nejsou pravým obrazem vlastního působení 100°. Dlužno tedy jaksi začítí od začátku a zkoumati vliv teploty 100° již od prvních počátků a to současně i na magnetismus i na tvrdost, aby tato paralelnost, je-li jaká, dobře vynikla.

Vodítko při pokusech nových.

4. Pokusy.

Nové tyto pokusy provedli jsme s magnety téhož druhu, jako v díle předcházejícím. Ze zásoby ocelových kalených drátů, vybrali jsme drát III. průměru 0·084 cm. velmi dobře homogenní a z centrální jeho části ulomili jsme dva stejně dlouhé kusy, jež označujeme co magnet No. 11. a 12.⁸⁷⁾

Material.

Konstanty těchto magnetů jsou:

	No. 11.	No. 12.
Délka L =	10·0	10·0 cm.
Hmota μ =	0·417	0·418 g.
Průměr 2ϱ =	0·084	0·084
Poměr rozměrový α =	119	119

⁸⁷⁾ Dráty I. a II. jakož i magnety No. 1. až 10. přicházejí v díle předěšlém.

Oba tyto magnety byly proudem do sytosti zmagnetisovány a pak dávány do vodní páry stoupňové a to postupně na 10, 20, 30 minut, 1, 2, 3, 4, 5 a 6 hodin. Pokaždé byl určen při obyčejné teplotě t^0 odpor galvanický určité délky obou magnetů a odpor ten pak přepočítán (ke snazšímu srovnávání) na odpor W (Ohm) pro délku 100 cm., z něhož pak konečně dle známého koeficientu α stanoven byl odpor specifický $s \left(\frac{cm}{cm^2} \text{ Mikrohmm} \right) = \frac{\pi Q^2 W}{1 + \alpha t}$ pro teplotu 0^0 . Rovněž tak byl pokaždé určen specifický magnetismus, m jednoho i druhého magnetu. Aby se pak ukázalo, jak se při postupujícím napouštění mění ztráta magnetismu vznikající zahřátím magnetu, byl magnet No. 12 pokaždé opět znovu do sytosti zmagnetisován a dříve než opět do páry přišel, jeho specifický magnetismus m^* určen.

Výsledky těchto pokusů ukazuje tabulka následující:

Tabulka 64.

Účinek zahřívání na tvrdost a magnetismus oceli kalené.

Doba působení teploty 100^0	Magnet No. 11.				Magnet No. 12.				
	W	t	s	m	W	t	s	m	m^*
Magnety tvrdé	0.755	18.3	39.5	62.6	0.761	18.5	39.9		62.5
10 v 100^0	0.741	18.7	38.7	59.5	0.746	18.7	39.1	59.7	62.4
dalších 20m "	0.724	20.1	37.6	56.0	0.728	20.1	38.0	58.2	61.9
" 30m "	0.708	21.0	36.7	52.6	0.712	21.0	37.1	57.5	60.6
" 1h "	0.689	19.9	35.7	50.0	0.693	20.0	36.1	56.5	60.2
" 2h "	0.671	20.2	34.8	47.3	0.676	20.1	35.2	56.1	59.5
" 3h "	0.656	18.7	34.1	46.1	0.660	18.7	34.5	56.4	59.4
" 4h "	0.646	19.2	33.5	45.1	0.651	19.0	33.9	56.5	59.3
" 5h "	0.639	20.0	33.1	44.3	0.644	20.0	33.5	56.3	59.1
" 6h "	0.634	19.9	32.8	43.8	0.638	19.9	33.2	56.5	59.0

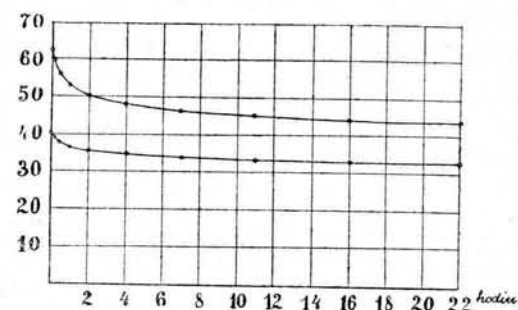
Pozorujme především výsledky nabyté při magnetu No. 11. Ku snazšímu přehledu znázorňujme je graficky, nanášejíce dobu

napouštění za úsečku a specifický odpor s jakož i specifický magnetismus m za pořadnici (obr. 49.); obdržíme tak řadu bodů, udávající průběh jisté křivky jak pro s tak pro m . Vysvitne ihned, že obě křivky mají průběh zcela souhlasný, že jsou téhož rázu; obě křivky klesají z počátku rychle, dále vždy volněji až k jisté hodnotě krajní, kteráž se znenáhla blíží současně. Není tudíž žádné pochybnosti, že ubývání specifického magnetismu m souvisí příčinně s napouštěním právě tak, jako ubývání specifického odporu s .

Grafické znázornění.

Parallelismus napouštění a současných ztrát magnetických.

Neméně zajímavý jsou výsledky nabyté při magnetu No. 12.



Obr. 49.

V číslech m^* jeví se především potvrzení pokusů v dílu předcházejícím popsanych; maximální moment permanentní klesá s postupujícím napouštěním a blíží se svému minimu. Pozorujeme-li pak rozdíly $m^* - m$ udávající ztráty vzniklé působením teploty 100^0 po jistou dobu, a přepočítáme-li tyto ztráty na tutéž dobu na př. 10 minut, tu obdržíme následující čísla:

$m^* - m = 2.8$ za 10 minut tudíž 2.80 za 10 minut			
4.2	20	2.10	"
4.4	30	1.47	"
4.1	1	hod. tudíž 0.68	za 10 minut
4.1	2	0.34	"
3.1	3	0.17	"

$m^* - m = 2.9$ za 4 hodiny, tudíž 0.12 za 10 minut

3.0 „ 5 „ „ 0.10 „ „

2.6 „ 6 „ „ 0.07 „ „

Vidíme z těchto čísel, že vliv zahřívání na ztráty magnetické tím více klesá, čím více napouštění pokračuje a čím více ocel postupuje k tomu stupni tvrdosti, který jest krajním pro působící onu teplotu 100° tak totiž, že když se již k tomuto krajnímu stupni blíží, ztráty magnetické téměř konstantními se stávají.

Tabulka 65.

Účinek zahřívání na magnetismus magnetů napuštěných.

Doba působení teploty 100°.	No. 11.	No. 12.
Magnety po opětné magnetisaci	59.0	59.0
10 minut v 100° páře vodní	57.3	57.1
20 „ dalších „ „	56.6	56.6
30 „ „ „ „	55.7	55.9
1 hod. „ „ „	55.7	55.6
2 „ „ „ „	55.7	55.6
Magnety po opětné magnetisaci	59.0	58.7
10 minut v 100° páře vodní	57.2	57.1
20 „ dalších „ „	56.6	56.4
30 „ „ „ „	56.0	55.9
1 hod. „ „ „	56.0	55.9
2 „ „ „ „	56.0	55.8

Chování se
magnetů již
napuštěných.

Srovnávajíc dále výsledky pro oba magnety nalezené, přicházíme k otázce nové. Souvisí-li v skutku ztráty magnetické magnetů kalených působením teploty 100° s postupujícím napouštěním materialu, pak musí ztráty tyto jevit se jinak, když již magnet napuštěn jest, tak že zahříváním se dále nenapouští. Oba hořejší magnety byly celkem 22 hodin v páře vodní 100°;

tato doba jest tak značná, že ocel dojista již velmi se přiblížila onomu krajnímu stupni tvrdosti, kterýž odpovídá teplotě 100°; další působení teploty této nezmění tudíž tvrdost než snad jen velice nepatrně. Vzniká tudíž otázka, jak by se nyní ztráty magnetické jevily, kdyby se magnety, nově jsouce do sytosti zmag-netisovány, daly do páry vodní stostupňové jako ponejprv a to postupně dle téhož plánu, jaký nahoře byl zachovávan.

Pokus tento byl proveden a to dvakrát u obou magnetů; výsledek ukazuje tabulka 65.

Pokusy tyto ukazují především, že ztráty magnetismu jsou daleko menší než ponejprv. U magnetu No. 11. byla při prvním pokusu ztráta:

$$\frac{62.6 - 43.8}{62.6} = 30\%$$

Nyní jest ztráta při témž magnetu ponejprvé

$$\frac{59.0 - 55.7}{59.0} = 5.6\%$$

po druhé

$$\frac{59.0 - 56.0}{59.0} = 5.1\%$$

a u magnetu No. 12. souhlasně ponejprv

$$\frac{59.0 - 55.6}{59.0} = 5.7\%$$

po druhé

$$\frac{58.7 - 55.8}{58.7} = 5.0\%$$

Dále jest viděti, že ztráty tyto nastávají hned v prvním stadiu působení teploty 100° a že brzy dosáhne se magnetisace konstantní; doba působení vyšší oné teploty má zde, u magnetů již touto teplotou napuštěných, význam daleko podřízenější.

5. Přímý a nepřímý účinek teploty.

Z pokusů předcházejících uzavíráme, že dlužno přísně dvojitý účinek zahřívání na magnetisaci rozeznávat; jeden možno zvát přímým, druhý nepřímým. Onen týká se toliko vlastností magne-

Ztráty jsou
menší a na-
stupují hned
při počátku
zahřívání.

Dvojitý účinek
zahřívání na
stav magne-
tický.

tických, tento však současně vlastností ještě jiných, zejména mechanických. Je-li totiž stupeň tvrdosti magnetu takový, že působením jisté vyšší teploty T se magnet napouští, — jako na př. když jest magnet kalený a zahřívá se na 100° — pak nastává tímto působením změna materialu; tato změna pak musí nezbytně míti v zápětí změnu magnetisace; neboť tato víže se na molekulární napjetí jistého způsobu; ale rovněž tak i tvrdost jest podmíněna podobným napjetím molekulárním; zahřátím uvolňují se molekuly z tohoto napjetí do jisté míry, nastává jistá ztráta a tu pak jest pochopitelné, že ztráta napjetí mechanického musí souviseti se ztrátou napjetí magnetického. Tím se vysvětluje onen souhlas, jaký jsme u magnetu No. 11. pozorovali ve ztrátách tvrdosti i magnetismu; tím se vysvětluje též, proč zde doba působení oné vyšší teploty má význam rozhodující; pokud se neustálí rovnováha v napjetí mechanickém, jak odpovídá oné vyšší teplotě, potud také nastávají nové a nové ztráty magnetické. Ty však jsou vždy menšími, tou měrou, kterou též proměny mechanické se stávají po delším již působení oné vyšší teploty menšími. Tak vysvětluje se též, proč celkové ztráty magnetismu jsou tak značné jak u magnetu No. 11. bylo pozorováno.

Působení
teploty
přímé.

Když však velmi dlouhým působením oné určité vyšší teploty ocel se ustálí na tom krajním stupni tvrdosti, jenž odpovídá této vyšší teplotě, tak že pak každým dalším její působením všeliká změna materialu odpadá, pak máme co činiti s přímým účinkem teploty na vlastnosti magnetické. Jestliže se magnet takový nově do sytosti zmagnetisuje a pak zahřívá, ztrácí jistou část svého magnetického momentu, ale ztráta tato jest nezávislá na napouštění; její původ jest v tom, že síla koerzivní při oné vyšší teplotě jest menší. Proto jest tato ztráta značně menší, proto zde také doba působení oné vyšší teploty nemá tak rozhodného významu jako v případě předešlém, tak že se magnet na nové hodnotě svého permanentního momentu.

rychle a záhy ustálí. Při pokusech našich po napuštění magnetů dosáhlo se konstantní magnetisace již po jednohodinném působení teploty 100° a sice tak, že hlavní ztráty již v prvních deseti minutách nastaly. Naproti tomu při prvých pokusech před napouštěním magnetů nedosáhlo se konstantní magnetisace ani po 22hodinném působení oné teploty 100° .

Těmito názory lze vysvětliti též starší pozorování, jež v téže otázce provedli Riess a Moser.⁸⁸⁾ Tito stanovili ztráty magnetické, vznikající zahřátím magnetů na 100° a ochlazením na 10° . Na dobu působení vyšší teploty neměli zřetel, kladouce důraz jen na opěťování onoho zahřátí a ochlazení. U jedné a téže magnetky našli ztrátu 15·3 proc., byla-li magnetka měkká, naproti tomu 51·5 proc., byla-li kalená. Opakujice magnetisaci u jedné a téže magnetky kalené, shledali ztrátu 44 proc. po první magnetisaci, 6·1 proc. po druhé a 4·4 proc. po třetí; do jista jen proto, poněvadž magnetka nebyla opěťováním zahříváním na 100° ještě ustálena na tom stupni tvrdosti, kterýž této teplotě 100° co krajní odpovídá; jinak by byli musili totéž pozorovati co my, že totiž ztráta magnetická zůstává konstantní.

Vysvětlení
pokusů star-
ších.

Jest pravdě podobno, že tato ztráta — poněvadž se již nejedná o změnu tvrdosti — bude na tvrdosti samé nezávislou. Tak pozorovali Riess a Moser, že při různých magnetech týchž rozměrů, ale různě napuštěných, byly ztráty častým zahříváním a ochlazováním vznikající stejné; tak na př. byla:

ztráta 13·6 proc. u měkké magnetky,

- „ 13·4 „ u magnetky modře napuštěné,
- „ 13·7 „ u „ jasně červeně napuštěné,
- „ 13·3 „ u jiné magnetky modře napuštěné, naproti tomu
- „ 23·7 „ u magnetky kalené.

⁸⁸⁾ Riess a Moser Pogg. Ann. 17. p. 403, 1823.

6. Vzájemnost mezi magnetisací a napouštěním.

Východiště.

Jsou-li správnými názory v oddilu předcházejícím vylíčené o přímém a nepřímém působení teploty na magnetismus, pak musí to býti jednotejno, zda-li se kalený magnet teplotou 100° napouští, až se na příslušném stupni tvrdosti ustálí a potom teprve zmagnetisuje, anebo zda-li byl zmagnetisován již od prvního počátku, jakmile byl kalen; ztráty magnetické vznikající po napouštění zahříváním na 100° musí býti u obou magnetů úplně paralelními. A neto-liho při zahřívání na tuto původní teplotu 100°, nýbrž též při zahřívání na jakoukoliv teplotu jinou, pokud jest jen tato nižší než ona původní teplota, při kteréž byl magnet až do ustálení napouštěn, musí býti ztráty magnetické zcela paralelními, poněvadž zde změna materialu odpadá a zůstává pouze vliv vyšší teploty na sílu kořecitivní.

Upravení
dalších po-
kusů.

Ke zkoušce toho vybrán drát No. IV. téže tloušťky 0·084 cm. jako drát No. III. při pokusech předcházejících a z něho připraveny dva magnety No. 13. a 14.; konstanty jejich byly následující:

	No. 13.	No. 14.
Délka $L =$	9·1	9·1 cm.
Hmota $\mu =$	0·379	0·381 g.
Průměr $2\varrho =$	0·084	cm.
Poměr rozměrový	108	

Z obou těchto magnetů byl druhý No. 14. do sytosti zmagnetisován, kdežto první No. 13. zůstal nemagnetickým. Oba byly pak dány do páry vodní 100° a to postupně na 10, 20, 30 minut, 1, 2, 3 a 4 hodiny. Galvanickým odporem byl sledován postup napouštění; u magnetu No. 14. byl též sledován současný postup v ubývání magnetisace. Po 11hodinném zahřívání při 100° bylo lze za to míti, že oba magnety se ustálily na tom stupni tvrdosti, který odpovídá teplotě 100°. Po tom tedy byly oba magnety do sytosti zmagnetisovány a dány do páry methyloholové 66° a to postupně na 1, 2 a 3 hodiny; když se pak

magneticky již ustálily, dány byly ještě do páry vodní 100° a to na 1 a pak ještě na 3 hodiny.

Výsledky ukazuje tabulka následující:

Tabulka 66.
Magnetický stav ustálenosti.

D o b a působení teploty	Magnet No. 13.				Magnet No. 14.			
	w	t	s	m	w	t	s	m
	Ohm	°C	Mi- krohm	abs. j.	Ohm	°C	Mi- krohm	abs. j.
0 min. v 100°	0·734	9·0	39·7	. . .	0·741	9·1	40·1	51·4
10 " "	721	9·0	39·0	. . .	726	9·1	39·3	48·7
+ 20 " "	701	9·0	37·9	. . .	707	9·0	38·2	45·8
+ 30 " "	683	8·0	37·0	. . .	688	8·1	37·2	43·4
+ 1 hod. "	666	9·0	35·9	. . .	669	9·0	36·1	40·8
+ 2 " "	646	9·0	34·9	. . .	650	9·0	35·0	39·2
+ 3 " "	632	9·0	34·1	. . .	634	9·0	34·2	38·1
+ 4 " "	622	9·3	33·5	. . .	626	9·8	33·6	37·0
Znovu zmagnetisovány	. . .	. . .	. . .	49·9	. . .	. . .	. . .	49·2
1 hod. v 66°	. . .	. . .	. . .	48·3	. . .	. . .	. . .	48·4
+ 2 " "	. . .	. . .	. . .	48·0	. . .	. . .	. . .	47·5
+ 3 " "	. . .	. . .	. . .	48·0	. . .	. . .	. . .	47·4
1 hod. v 100°	. . .	. . .	. . .	47·5	. . .	. . .	. . .	47·1
+ 3 " "	. . .	. . .	. . .	47·5	. . .	. . .	. . .	47·1

Pokusy potvrzují tudíž hořejší názor úplně. Magnet No. 13. ukazuje specifický magnetismus poněkud větší, než magnet No. 14., souhlasně s menším odporem specifickým, jakož svého času bylo již vytčeno. Jinak jsou však změny magnetisace u obou magnetů No. 13. i 14. úplně souhlasné. Působením teploty 66° ustálí se magnet ovšem na vyšší magnetisaci než působením teploty 100°, poněvadž jest síla kořecitivní při vyšší teplotě menší.

Ztráta magnetisace působením teploty 100° jest:

$$\text{u magnetu No. 13. } \frac{49·9 - 47·5}{49·9} = 4·8 \text{ proc.,}$$

Výsledky.

u magnetu No. 14. $\frac{49.2 - 47.1}{49.2} = 4.8 \text{ proc.}$

Další pokusy s těmito magnety byly zmařeny tím, že se magnet No. 13. přelomil.

Pokusy kontrolní.
Otázka vlivu poměru rozměrového.

Ke kontrole těchto pokusů, jakož i ke zkoumání otázky, jaký asi význam má při těchto úkazech poměr rozměrový α , provedeny byly pokusy další u magnetů No. 15., 16., 17. a 18. Tyto magnety byly zhotoveny z drátů silných, tloušťky 0.2 cm. a to magnet No. 15. z drátu V., No. 16. z drátu VI.; oba tyto dráty měly specifický odpor dosti souhlasný, střední hodnoty jsou:

u drátu V. $s = 42.4$,

" VI. $s = 42.6$.

Magnety No. 17. a 18. byly připraveny z téhož drátu VI., který se ukázal býti dobře homogenním. Magnety 15. a 16. byly asi 7 cm., magnety 17. a 18. asi 3 cm. dlouhé; měly býti vždy po dvou zcela stejně dlouhé; to však bylo lze jen přibližně realizovati, poněvadž se silné dráty kalené nesnadno dají na určitém místě přelomiti.

Konstanty těchto čtyř magnetů byly jak následuje:

	No. 15.	No. 16.	No. 17.	No. 18.
Délka	$L = 7.2$	7.3	2.90	2.95 cm.
Hmota	$\mu = 1.90$	1.92	0.773	0.776 g.
Průměr	$2\varrho = 0.207$	0.207	0.207	0.207
Poměr rozměrový	$= 34.8$	35.2	14.0	14.2

Také tyto magnety byly dány do páry 100° a to dle téhož plánu jako u magnetů No. 13. a 14. postupem na 10, 20, 30 minut, 1, 2, 3 a 4 hodiny. Změna tvrdosti byla studována na magnetech No. 15. a 16.; magnety No. 17. a 18. byly ke stanovení odporu velmi krátké. Při tom byl magnet No. 16. a 18. zmagnetisován hned po kalení, kdežto magnet No. 15. a 17. zůstal nemagnetickým. Po 11hodinném působení teploty 100° bylo lze předpokládati, že se magnety ustálily na tom stupni tvrdosti, kterýž této teplotě odpovídá. Potom byly tedy všechny

Tabulka 67.
Krajní hodnoty magnetisace.

Doba působení	Magnet No. 15.				Magnet No. 16.				No. 17.		No. 18.	
	ϱ	t	s	m	ϱ	t	s	m	abs. j.	abs. j.	abs. j.	abs. j.
0 min. v 100°	0.1277	8.7	42.4	.	0.1282	8.8	.	48.1	.	.	32.3	.
10 min. v 100°	1219	9.3	40.4	.	1218	9.3	40.3	47.2	.	.	31.5	.
+ 20 "	1165	9.6	38.6	.	1167	9.8	38.6	37.4	.	.	21.4	.
+ 30 "	1128	9.7	37.3	.	1129	9.7	37.3	33.2	.	.	17.5	.
+ 1 hod.	1087	9.0	35.9	.	1084	9.0	35.9	30.3	.	.	15.2	.
+ 2 "	1048	9.1	34.6	.	1049	9.1	34.7	27.8	.	.	13.4	.
+ 3 "	1021	9.3	33.7	.	1024	9.5	33.0	26.0	.	.	11.6	.
+ 4 "	1011	10.0	33.3	.	1008	10.0	33.2	24.8	.	.	11.2	.
Znovu zmagnetisováno	.	.	.	43.6	.	.	.	24.5	.	.	10.7	.
10 min. v 100°	.	.	.	41.8	.	.	.	45.3	29.2	29.2	30.1	29.2
+ 20 "	.	.	.	41.7	.	.	.	43.7	27.8	27.8	28.6	28.6
+ 30 "	.	.	.	41.6	.	.	.	43.6	27.6	27.6	28.2	28.2
Znovu zmagnetisováno	.	.	.	43.4	.	.	.	43.6	27.4	27.4	30.0	30.0
10 min. v 100°	.	.	.	42.1	.	.	.	45.2	29.3	29.3	28.8	28.8
+ 20 "	.	.	.	41.9	.	.	.	44.0	27.8	27.8	28.4	28.4
+ 30 "	.	.	.	41.7	.	.	.	43.7	27.6	27.6	28.4	28.4
+ 3 hod.	.	.	.	41.6	.	.	.	43.5	27.4	27.4	28.3	28.3

nově do sytosti zmagnetisovány a dány pak do vodní páry 100° na 10, 20, 30 minut a konečně ještě na 3 hodiny.

Postup a výsledek pokusů ukazuje tabulka 67.

Také tyto pokusy potvrzují názor náš nahoře pronešený v plné míře. Ukazuje se opět, že jest to pro výsledek působení teploty 100° na magnety po jejich napuštění úplně stejné, zda-li byly před napouštěním zmagnetisovány čili nic; ztráty jdou potom zcela paralelně. Ukazuje se dále, že ztráty tyto nastanou hned v první době působení této vyšší teploty 100°, tak že se magnety ustáli již asi po 30 minutách; všeliké opakování zmagnetisování a nové zahřívání nepřivádí žádných změn; magnet jest ustálen ve svém momentu, tak že i 3hodinným zahříváním na 100° nenastávají žádné další ztráty.

7. Souvislost změn specifického odporu a magnetismu.

Parallelismus
obou změn.

Při pokusech předcházejících vynikl velmi zřetelně parallelismus v ubývání odporu i magnetismu magnetů kalených a sytých zmagnetisovaných delším působením vyšší teploty.

Číselný
materiál.

Sestavme v této příčině pozorovací materiál pro magnety No. 11., 14., 16., 18., obmezíme se na čísla hlavní, totiž na specifický odpor s a specifický magnetismus m . Při magnetu No. 18. nemohl býti odpor specifický přímo stanoven, poněvadž byl magnet příliš krátký; můžeme však pro tento magnet vzít čísla, jež jsme pro magnet No. 16. obdrželi, kterýž byl zhotoven z drátu téhož průměru a stejně kaleného; proto jsou v tabulce následující čísla pro s při magnetu No. 18. označena bodem k upozornění, že nejsou zjednána přímo. Postup změn v odporu specifickém s jest velmi souhlasný, čísla jednotlivá jsou si dosti blízká; proto počítejme hodnoty střední, aby na těchto změnách veličiny s jednotněji vynikly.

Tím vznikne tabulka následující:

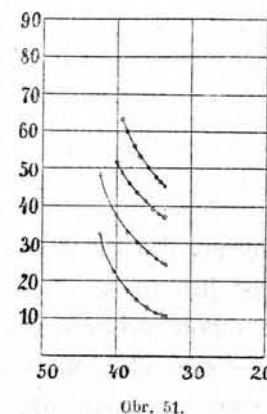
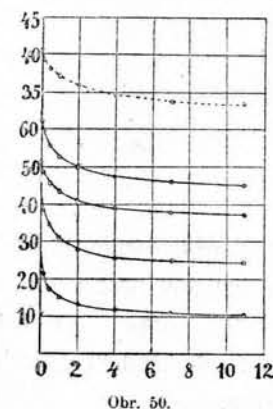
Tabulka 68.

Současné změny odporu a magnetismu magnetů kalených a nasycených vlivem vyšší teploty.

	Specifický odpor s					Specifický magnetismus m			
	No. 11.	No. 14.	No. 16.	No. 18.	Střed	No. 11.	No. 14.	No. 16.	No. 18.
Kalený	39.5	40.1	42.5	42.5	40.7	62.6	51.4	47.2	31.5
10 m. ve 100°	38.7	39.3	40.3	40.3	39.4	59.5	48.7	37.4	21.4
+ 20 m. „	37.6	38.2	38.6	38.6	38.1	56.0	45.8	33.2	17.5
+ 30 m. „	36.7	37.2	37.3	37.3	37.1	52.6	43.4	30.3	15.2
+ 1 h. „	35.7	36.1	35.9	35.9	35.9	50.0	40.8	27.8	13.4
+ 2 h. „	34.8	35.0	34.7	34.7	34.8	47.3	39.2	26.0	11.6
+ 3 h. „	34.1	34.2	33.0	33.0	33.8	46.1	38.1	24.8	11.2
+ 4 h. „	33.5	33.6	33.2	32.2	33.4	45.1	37.0	24.5	10.7

Na základě této tabulky provedme dvojí grafické znázornění. Grafické znázornění.

Při prvním nanášíme za úsečku dobu působení teploty 100°, za pořadnici pak specifický odpor s , — střední hodnoty tu postačí — a zároveň též specifický magnetismus m . Tím vznikne soustava křivek v obr. 50. Při druhém pak nanášíme pro každý magnet za úsečku specifický odpor s a za pořadnici specifický magnetismus m . Tak obdržíme soustavu křivek v obr. 51.



Výsledky.

Obr. 50. jest doplněním obrazce 49. Vysvitá z něho velmi dobře parallelismus změn odporu s a magnetismu m a vyniká z něho zároveň souhlas mezi magnety různého poměru rozměrového.

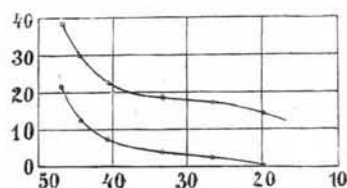
Pozorování
nová k do-
plnění pře-
deslých.

Křivky obrazce 51. jsou jenom začáteční větve křivek, kteréž znázorňují, jak se současně působením vyšší teploty vůbec, tedy napouštěním kalených a sytých zmagnetisovaných magnetů, mění jich specifický odpor i jich specifický magnetismus. Abychom křivky tyto i v dalším průběhu obdrželi, volili jsme nové dva magnety No. 19. a No. 20., zhotovené z drátu VIII. průměru okrouhle 0.15 cm.

Konstanty těchto magnetů byly jak následuje:

	No. 19.	No. 20.
Délka	$L = 1.50$	9.09 cm.
Průměr	$2\varrho = 0.147$	0.147 cm.
Hmota	$\mu = 0.193$	1.172 gr.
Poměr rozměrový	$\alpha = 10.2$	61.9.

Byl tedy magnet No. 19. repraesentantem magnetů krátkých (malého α) a magnet No. 20. repraesentantem magnetů dlouhých (velkého α). Oba magnety byly do syta zmagnetisovány a pak poněmhu napouštěny a to působením páry vodní a anilínové



Obr. 52.

a lázně olověné. Po každé byl na delším magnetu No. 20. stanoven odpor jisté délky, ze které byl pak přepočítán na délku 100 cm., z tohoto odporu pak počítán odpor specifický s při teplotě 0° — jako již všude v pokusech předcházejících. Vedle toho stanoven specifický magnetismus jednoho i druhého ma-

gnetu, jak byl bez všelikého dalšího nového magnetisování. Průběh a výsledek měření ukazuje tabulka následující:

Tabulka 69.

Současné klesání tvrdosti i magnetismu magnetů kalených a z počátku sytých zmagnetisovaných při postupujícím napouštění

Doba působení	W 100 cm	t	s	m	
	Ohm	$^\circ\text{C}$	Mikrohm	No. 19. abs. j.	No. 20. abs. j.
Kalené	0.283	11.5	47.0	21.25	39.1
20 ^m ve 100 ^o	0.267	12.0	44.2	12.56	29.5
+ 2 ^h " "	0.245	12.0	40.5	7.74	22.3
+ 10 ^m v 185 ^o	0.202	11.6	33.4	3.93	18.8
+ 6 ^h " "	0.162	11.3	26.7	2.45	17.5
+ 1 ^m " 330 ^o	0.120	10.0	19.6	0.25	14.4

Znázorníme-li výsledky tyto graficky podobně jako v obr. 50. obdržíme křivky obr. 52. Průběh křivek těchto jest velmi zajímavý. Křivka jest v prvním počátku konvexní k ose úseček, později má bod obratu a stává se k ose úseček konkávní. Magnetismus magnetu krátkého ztrácí se záhy skorem úplně, kdežto magnetismus magnetu dlouhého trvá déle.

Znázornění
grafické.

Křivky tyto jsou obrazem spolupůsobení faktorů velmi různých. Postupnou změnou materialu mění se schopnost magnetisace v tom smyslu, že zvláště u magnetů dlouhých, méně ovšem u krátkých, vzrůstá, to jest působení teploty nepřímé; k tomu přistupuje působení teploty přímé následkem ubývání síly koercentivní při vyšší teplotě; vedle toho dojísta působí spolu — ač měrou podřízenou — koeficient tepelný momentu, kterýž u magnetů silněji kalených jest větší. Zajímavost jest však, že obě křivky, jak křivka pro magnet dlouhý, tak i křivka pro magnet krátký, mají průběh úplně souhlasný, rovnoběžný. Opakuje se tu, co již v díle předcházejícím jasně vyniklo, že i vůči půso-

Výsledky.

bení vyšší teploty magnety krátké nikterak principiální rozdíly neukazují oproti magnetům dlouhým, nýbrž naopak průběh úplně souhlasný. Není tudíž pochybnosti, že ono starší rozlišování magnetů dle jich poměrů rozměrových ve dvě třídy nemá do konce toho významu, jaký se mu až dosud přičítá.

X.

O stálosti magnetů.

Požadavek nejdůležitější, jakýž klade pozorovatel na magnet, jehož užívá k účelům vědeckého měření, jako na př. k stanovení intensity neb změny intensity magnetického pole vůbec a horizontální intensity zemského magnetismu aneb její změn zvlášť, jest, aby magnet byl stálým, neproměnným a to jak vůči vlivu teploty, tak i vůči vlivu mechanických nárazů a otřesení, jakož i vůči vlivu času. Pravíme-li, že má magnet býti stálým vzhledem ke vlivu teploty, míníme, aby zahrátím neutrpěl ztrát trvalých, nýbrž aby změny jeho momentu teplotou byly jen pomíjející; je-li tomu tak, pak lze je uvést v počet a tím učiniti úplně neškodnými. Co nejvíce jest dále žádoucím, aby magnet takový nebyl příliš citlivým vůči jakémukoliv nahodilému nárazu neb otřesení, aby tedy tím nenastaly trvalé ztráty magnetického momentu. Konečně přejeme sobě, aby též nepodlehal vlivu času, t. j. aby bez vnějších nějakých příčin tepelných, nebo mechanických nenastávaly ztráty magnetického momentu v průběhu času následkem znenáhleho samovolného vyrovnávání se vnitřního napjetí molekulárního.

K dosažení takovéto co nejvíce žádoucí stálosti magnetu udávala praxis jistá pravidla, jak by se měl kalený a sytý zmagnetisovaný magnet připravit, aby oněm požadavkům vyhověl. Že však pravidla tato nikterak nevystačila, toho dokladem jsou četné zkušenosti, jež rozmanitě pozorovatelé v této příčině učinili.

Uvedeme jenom příklad jediný.

V Annalech fysikálního centrálního observatoře ročník 1878

Smysl požadavku stálosti.

Vliv teploty.

Vliv nárazů.

Vliv času.

Praxis dosavadní před-
běžné úpravy
magnetů.
Nedostatečnost
dosa-
váních pro-
středků.

pg. 63. podává ředitel Dr. H. Wild zprávu o tom, jak se osvědčuje nový bifilární magnetometer Dra. Edelmanna. Magnet tohoto magnetometru byl 8·0 cm. dlouhý, 2·1 cm. široký a 0·22 cm. tlustý, vážil 33·7 gr. Než byl magnet tento zavěšen a než bylo s pravidelným odčítáním začato, byl dle dosavadních pravidel, jak na základě starších prací byla zjednána, upraven. Avšak výsledek nebyl takový, jak se očekávalo. Dr. H. Wild píše o tom: „Ačkoliv byl magnet tento po svém zmagnetisování střídavě na teplotu 30° zahříván a na 0° ochlazován, což se opakovalo asi 30krát, přece klesal magnetický jeho moment postupem času velmi rychle, následkem čehož bylo nutno mnoho představovati a přeměňovati. Aby totiž škála neunikla úplně se zorného pole, musil již dne 17. dubna (od počátku prosince) úhel kroucení o 1°51'·5 býti zmenšen, aby střed škály přišel do zorného pole pozorovacího dalekohledu . . . Poněvadž však klesání momentu magnetického také v následujících měsících stejně pokračovalo, obával jsem se, že jest magnet špatným a dal jsem tudíž dle vzoru jeho zhotoviti magnet nový.“

K posouzení ztrát magnetických budiž uvedeno, že byl moment magnetu M a jeho specifický magnetismus m

$$\text{z počátku} \quad M = 954\cdot2 \quad m = 28\cdot31$$

$$\text{po 9 měsících} \quad M = 914\cdot5 \quad m = 27\cdot14$$

$$\text{Ztráta činí tudíž} \quad \frac{954\cdot2 - 914\cdot5}{954} = 4\cdot16\%$$

tedy měsíční 0·46 procent hodnoty původní, což jest ovšem velmi mnoho.

Avšak ani nový magnet neosvědčil se lépe. V následujícím ročníku 1879 p. 8. oněch zpráv referuje ředitel Dr. H. Wild: „Také tento nový magnet ztrácel po svém zavěšení na bifilare ještě stále až do konce roku tolik magnetismu, že pozorování na tomto bifilare nebylo lze zpracovati“. K tomu dlužno podotknouti, že nový tento magnet, dříve než se na bifilare k pozorování zavěsil, po svém zmagnetisování byl, — jak to praxis

předpisovala, střídavě 16krát na 55° zahříván a na 0° ochlazován. Jeho moment M a specifický magnetismus m byl dne 29. prosince 1878 hned po jeho zmagnetisování:

$$M = 1852 \quad m = 55\cdot0$$

po nějakém čase, dne 4. února 1879

$$M = 1756 \quad m = 52\cdot1$$

a po onom střídavém zahřívání a ochlazování mezi 0° a 55°

$$M = 1694 \quad m = 50\cdot3$$

Vysvětlení úkazu tohoto a jiných jemu podobných, není Vysvětlení.
nesnadné, přihlížíme-li k výsledkům, jichž jsme pracemi ve předcházejících dilech popsány nabyli. Magnet kalený nalézá se ve stavu velice značného mechanického napjetí molekulárního; neuvolní-li se toto napjetí poněkud jistým předběžným opatřením, pak se ponenáhlu — postupem času — uvolňuje samo. Je-li pak ocel zmagnetisována, čímž vzniká jisté současné napjetí magnetické, pak uvolnění napjetí mechanického má veliký vliv na napjetí magnetické, jež se tím též povoluje — a proto magnetismus klesá značně a stále byť i čím dále, tím volněji. Treba tudíž toto zmenšení napjetí způsobiti již napřed, umyslně, zvláštním opatřením. Tímto opatřením mělo býti střídavé zahřívání a ochlazování magnetu. Dle pozorování, jež učinili Riess a Moser, dle nichž doba působení vyšší teploty byla bez významu, kladl se důraz na střídání obou teplot; magnet byl tudíž na př. v lázni teplé držen jen potud, až by se teploty vyrovnaly. Také Holmgren kladl hlavní důraz na střídání teplot tak sice, že opakoval zahřátí a ochlazení magnetů přes dvě stěkrát, aby magnet vůči působení vyšší teploty se ustálil. Obyčejně se však v praxi opakuje toto zahřátí a ochlazení magnetu jen na nejvýše 50krát (jako v příkladě uvedeném); jestliť zajisté již to práci dosti obtížnou a zabírající čas velmi značný. A nyní pohlédneme k výsledkům, jichž jsme nabyli při otázce napouštění oceli; víme nyní, že již působením teploty poměrně nízké se kalená ocel napouští; proto

Nedostatečnost střídavého zahřívání a ochlazování.

tedy zahřátím podobným, jak je praxis předpisuje, napustí se též kalený magnet, ale velice málo; neboť připomeňme sobě, jak veliký význam má doba působení jisté teploty právě u teplot jen mírně vysokých. Proto tedy krátkým jen zahřátím napustí se magnet jen velice nepatrně. Střídání, teplot nemá významu žádného; jen působení vyšší teploty zde rozhoduje, a když se magnet nechá v lázni teplé ne déle, než aby jen teploty se vyrovnaly a když se pak hned zase dá do lázně studené, pak napouštění že ledva začalo ihned zase přestává a proto výsledek tak nepatrný. Magnet zůstane tudíž po této manipulaci, jak jest na př. v uvedeném případě Wildově popsáno, ještě na velmi značném stupni tvrdosti, kterýž velmi málo jest nižší, než-li byl původní, a proto povoluje napjetí mechanické i magnetické samo během času proto nedosáhne se cíle, kterýž byl vytčen a kterýž k účeli měření jest tak důležitý, nedosáhne se stability magnetu.

Zahřívání
krátké se-
slabí tvrdost
magnetu jen
velmi málo.

Správný po-
stup.

Dle dřívějších výsledků, jichž jsme nabyli, jest však cesta k dosažení cíle toho jasně předepsána. Magnet nesmí zůstat na stupni největší tvrdosti; musí tedy býti kalen a to teplotou značně vyšší, než jsou teploty nejvyšší, při kterých se ho má užívat. Teplotou takovou jest nejvhodněji 100°, poněvadž ji lze snadno varem vody zjednat. Magnet se tedy musí při této teplotě napustiti a to tak, aby byl uveden na stupeň tvrdosti, jenž jest pro tuto teplotu mezným; k tomu jest třeba, aby magnet v lázni vodní 100° anebo ještě lépe v páře 100° zůstal po čas dostatečně dlouhý, tedy nejméně 24 hodiny, při magnetech massivních ještě déle, 36 až 48 hodin. Nějakého střídání horka a studena není dokonce třeba; zahřívání může se též na nějakou dobu přerušiti, aby se pak později pokračovalo, ale nemusí. Po této přípravě nalezá se magnet na tom stupni tvrdosti, jenž jest pro 100° mezným. Napjetí molekulární jest tu značně zmírněno a magnet sám jest dostatečně tvrdým. Zda-li byl magnet před tím již magnetisován nebo ne, jest

jednotejno. Nyní, po této přípravě, se zmagnetisuje do sytosti; aby se však zase molekulární napjetí magnetické zmírnilo, dá se magnet po druhé do lázně 100° nebo do páry 100° a nechá se v ní dostatečně dlouho, tedy asi na př. 6 hodin. Magnetický jeho moment se tím zmenší, ale ztráta tato jest daleko menší, než ztráta momentu za současného napouštění, byl-li magnet již před tím do syta zmagnetisován. Nyní teprve jest magnet vůči působení teploty a vůči působení času stabilisován.

Máme však toho důvody, že magnet po této přípravě jest také necitlivým, anebo aspoň značně méně citlivým vůči mechanickému otřesení neb nárazu. Pozorovali jsme při pracích svých, že magnety dle hořejších předpisů upravené, i když padly na zem aneb když zámyslně byly udeřeny, přece velmi málo aneb pranic na svém magnetickém momentu neztratily.

Necitlivost
vůči
nárazům.

Za příklad uvedeme pozorování následující. Měli jsme magnet 25 cm. dlouhý, 0.4 cm. široký a 0.3 cm. tlustý — tedy asi týchž rozměrů, jako byly magnety parallelepipedické No. I. až VI., o nichž v díle předešlém bylo referováno, zejména jako magnet No. IV. Jest známo, že právě takovéto velmi krátké magnetky jsou vůči nárazům velmi citlivými, daleko více než magnety táhlejší, zůstávají-li totiž kalenými a při tom sytě zmagnetisovanými. Onen magnet byl jenom 4 hodiny — úmyslně raději málo — v lázni 100° chován, pak znovu magnetisován a opět 2 hodiny v lázni 100° zahříván. Magnetometr dával pak úchylku: (v dílcích škály mm)

Příklady.

$$n = 27.00$$

(střed z pěti jednotlivých pozorování).

Na to položili jsme magnet na dřevěný špalíček a jiným dřevěným špalíčkem tloukli jsme prudce magnet tento a to 30krát kolmo k ose magnetické a 20krát podél osy magnetické. Po nějaké době — když teploty se opět vyrovnaly — dával magnetometr úchylku:

$$n = 26.97$$

Na to jsme do magnetu opětně týmž způsobem bušili jako dříve; magnetometr dával pak úchylku:

$$n = 26.93$$

Dejme tomu, že pozorovaný rozdíl úchylek, tedy

$$\frac{27.00 - 26.93}{27} = 0.3\%$$

způsobem byl oněmi nárazy, tedy jest to zajisté ztráta vůči oněm prudkým nárazům, celkem 100krát opakovaným, velmi nepatrná. Při tom pak dlužno si všimnouti, že magnet nebyl na tom krajním stupni tvrdosti, kterýž teplotě 100° odpovídá.

Pokus
definitivní.

Kontrolní a rozhodující pokus byl proveden s magnetem rourovitým, 109.32 gr. těžkým, délky 16 cm. vnějšího průměru 1.6 cm. a vnitřního 1.2 cm. Tento magnet byl kalen, potom do sytosti zmagnetisován, pak v páře vodní 100° po 30 hodin chován, pak opět sytě zmagnetisován a konečně ještě jednou 10 hodin v páře 100° zahříván. Postup výsledků ukazuje tabulka následující, ve které k vůli stručnosti pouze magnetismus specifický jest udán.

Magnet kalený, sytě zmagnetisovaný $m = 41.0$

10 hodin v páře 100° $m = 26.1$

20 " " " $m = 25.2$

30 " " " $m = 24.8$

Magnet napuštěný, sytě zmagnetisován $m = 39.9$

5 hodin v páře 100° $m = 33.8$

10 " " " $m = 33.1$

Ztráty jsou tu:

$$\text{při napouštění: } \frac{41.0 - 24.8}{41.0} = 39.5\%$$

$$\text{po napouštění: } \frac{39.9 - 33.1}{39.9} = 17.4\%$$

Po stabilisování magnetu, při $m = 33.1$, dával magnetometr v druhé hlavní poloze ve vzdálenosti 72.9 cm. při přeložení magnetu o 180° úchylku

$$n = 475.6 \text{ (dílců škály mm),}$$

při čemž byla škála ve vzdálenosti 250 cm od zrcádka magnetometru.

Na to jsme spustili magnet ve skleněné rouře kolmo dolů na dřevěnou podložku s výše 1½ metru ve směru jeho osy a to jednou pólem severním dolů, po druhé naopak pólem jižním. Magnetometr, dal pak úchylku

$$n = 475.2$$

a po 10 minutách

$$n = 475.6.$$

Potom spustili jsme magnet ve směru kolmém na jeho osu svisně dolů a to 10krát. Magnetometr dával úchylku:

$$n = 474.7$$

a po pěti minutách

$$n = 475.0.$$

Konečně jsme opakovali ještě prvý pokus, spouštějící magnet ve směru jeho osy v rouře skleněné s výšky 1½ metru a to 5krát polem jižním a 5krát polem severním střídavě dolů. Magnetometr dával úchylku;

$$n = 473.3,$$

po 3 minutách pak

$$n = 474.0$$

a po půl hodině

$$n = 475.5.$$

Pozorované ztráty jsou tedy velice malé i při otřesení tak prudkém, jaké při nárazu magnetu tak značně těžkého a se značné výšky nastalo, ba jest pravdě podobno, poněvadž konečně původní hodnota 475.5 se dostavila, že pozorované úchyly mají původ svůj ve změnách teploty magnetu; poněvadž teplota sině (= 6.0°) zůstala během pokusu úplně nezměněnou, vyrovnaly se rozdíly tepelné (vzešlé snad rukou neb rázem) po uplynutí oné půl hodiny a magnet ukazoval původní svou magnetisaci.

Vysvětlení těchto pokusů stává se přístupnější úvahou, že

Aequivalence
otřesení te-
pelných a me-
chanických.
vůči rovnováze v napjetí molekulárním otřesení mechanické po-
dobně působí jako otřesení tepelné.⁸⁹⁾ Je-li tedy magnet ustálen
vůči působení teploty, jest též ustálen vůči podobnému půso-
bení nárazů mechanických.

Necitlivost
vůči působení
času.
Podle zkušeností již učiněných nelze pochybovati, že při-
pravou magnetu tak, jak bylo zde udáno, dosáhne se též stabi-
lisace vůči působení času. Jakmile napjetí molekulární jak ve
smyslu mechanickém tak i magnetickém se uvolnilo, nenastává
průběhem času žádné uvolňování další aneb jen velice nepatrné,
kteréž se však jeví jen v prvním stadiu a pak přestává.

Konkretní
příklad.
Na doklad toho můžeme uvést pozorování, jež učinil
Dr. H. Wild v klassické práci své: „Určení hodnoty jedničky
odporu Siemensovy v absolutní míře elektromagnetické.“⁹⁰⁾ Ře-
ditel H. Wild užil metody naší⁹¹⁾ ku stabilisování velkého,
pro multiplikátor určeného magnetu paralelepipedického. Roz-
měry tohoto magnetu byly jak následuje:

délka = 29·0 cm.,
šířka = 3·6 cm.,
tloušťka = 1·2 cm.

Váha jeho byla 1030 gr.

Magnet byl do ruda rozžhaven a ve vodě vápenné 20°
kalen; na to byl mezi poly velkého elektromagnetu zmagneti-
sován a pak dán do páry 100° na 35 hodin; potom byl znovu
zmagnetisován a dán opět do páry 100° na 10 hodin. Jeho
moment M byl:

po prvním zmagnetisování $M = 10^8 \cdot 3 \cdot 260$,
po napuštění 35^h ve 100° $M = 10^8 \cdot 2 \cdot 456$,

⁸⁹⁾ Srovnej v této příčině též výsledky, jichž nabyl G. Wiedemann, Pogg. Ann. 122., pg. 355. 1864.

⁹⁰⁾ Mémoires de l'académie impériale des sciences de St. Petersburg. VII. Série. Tome XXXII. No. 2.

⁹¹⁾ Předběžně publikované r. 1882. Würzburg, Ueber den Einfluss der Härte des Stahls auf dessen Magnetisirbarkeit und des Anlassens auf die Haltbarkeit der Magnete; bei Stahel.

po druhém zmagnetisování $M = 10^8 \cdot 3 \cdot 148$,

po stabilisování $M = 10^8 \cdot 2 \cdot 915$.

Ztráty byly tudíž:

mezi napuštěním $\frac{3 \cdot 260 - 2 \cdot 456}{3 \cdot 26} = 24 \cdot 7$ proc.,

po napuštění $\frac{3 \cdot 148 - 2 \cdot 915}{3 \cdot 15} = 7 \cdot 4$ proc.

Za čtvrt leta stanoven byl jeho moment znovu a nalezeno:
 $M = 10^8 \cdot 2 \cdot 88$.

Z toho plyne, že magnet nebyl ještě dostatečně stabili-
sován. Patrně že u magnetů tak massivních jest potřebi raději
déle magnet v páře držeti, aneb magnetisování a zahřívání po
napuštění dvakrát neb třikrát opakovati. Ostatně jest ona ztráta
1 proc. na čtvrt leta poměrně malá, přichází tu na jeden den
asi 0·01 proc., když totiž ztrátu úhrnnou rozdělíme stejnoměrně
na celou dobu; není však pochybnosti, dle výsledků v předchá-
zejícím dílu uvedených, že ztráta zejména v prvních dnech jest
značná, později však se stává vždy menší a menší.

V skutku také onen magnet, jehož užil H. Wild k účelům
nejpřesnějšího vědeckého měření po čtyřech měsících nejevil
ztrát žádných. Na doklad toho buďtež uvedeny zde ho-
dnoty momentu M tohoto magnetu (pro 20°), jak byly stanoveny
metodou úchylek z poměru M pro horizontální intenzitu H
z variačního bifilare určenou v různých dnech od doby 21. čer-
vence do 13. srpna:

Datum	$M : 10^8$	Úchylka
Července 21.	2·88 018	+ 0·0
„ 22.	2·87 846	+ 0·00 043
„ 26.	2·87 749	— 54

Datum	$M : 10^9$	Úchylka
Srpen 3.	2·87 760	— 43
„ 4.	2·87 771	— 32
„ 5.	2·87 834	+ 31
„ 10.	2·87 844	+ 41
„ 11.	2·87 754	— 49
„ 13.	2·87 870	+ 67
Střední $M : 10^9$	2·87 803	$\pm 0^{\circ}00$ 045

Úchylky od středu neukazují tudíž žádného chodu, tak že magnet jeví se býti po době asi 4 měsíců, jež uplynula od jeho stabilisování teplotou 100° , úplně konstantním.

Ředitel Dr. H. Wild zkoumal metodu naší stabilisování magnetů též i v jiných ještě případech, a jest nám potěšením, že uznává její výhody a vyslovuje s ní úplný svůj souhlas.⁹²⁾

Mohla by vzniknouti otázka, proč se má napouštění magnetů diti právě teplotou 100° a ne teplotou vyšší neb nižší. Důvod pro volbu tuto jest především praktický; teplotu tuto lze varem vody si zjednat ve způsobu velice jednoduchém a pohodlném; magnet vloží se tu do páry vodní, kteráž, jak zkušenost ukázala, nikterak povrchu jeho neškodí; naopak, zdá se,

⁹²⁾ Anualen des physikalischen Centralobservatoriums Jahrg. 1882; úvod pag. V. »Bei dieser Gelegenheit habe ich die Magnete der 3 grösseren Edelmannschen Variationsapparate, welche stets fast eine grosse Inconstanz des magnetischen Moments gezeigt haben, nach dem von Strouhal & Barus angegebenen Verfahren zur Herstellung constanter Magnete behandeln lassen, was vom besten Erfolg begleitet war. Sowohl das Bifilar als auch die Lloyd'sche Wage haben seither eine sehr befriedigende Constanz ihrer Magnete gezeigt.« V stejném smyslu vyjadřuje se J. Mielberg: Ueber die absolute Bestimmung der Horizontal-Intensität des Erdmagnetismus St. Petersburg 1885, pag. 6. ... »Damals waren die Magnete noch nicht zur Permanenz gelangt, wodurch auch die Resultate der einzelnen Bestimmungen zwischen grossen Grenzen schwankten. Nachdem die Herrn Strouhal & Barus in ihrer vorzüglichen Arbeit eine neue Methode geliefert hatten, Magnete zur Permanenz zu bringen, liess ich ...« etc. V dalším pak vysvitá, že se stabilisace magnetů osvědčila.

že jest působení vodní páry více na prospěch: byl-li magnet před tím hlazený, stane se dlouhým působením horké vodní páry pěkně stejnoměrně temným, kterýžto tmavý povrch (patrně kyslíčniku železnatoželezitého) jeví se býti velmi stálým a chrání magnet před rezavěním.

Aby pak var vody mohl se udržovati po čas velmi dlouhý, aniž by bylo třeba vody, kteréž vypařováním ubývá, zase dolévatí a tím zahřívání přerušiti, uspořádá se pokus vhodně ve způsobu následujícím. Vezme se baňka (asi litrová) s dlouhým (50 cm. neb i více) hrdlem, kteréž se může ještě obaliti špatnými vodiči tepla, na př. obalem plstěným a pod. Magnet zavěsí se do vnitř a hrdlo se uzavře korkem, do něhož zasáhá roura vedoucí ke kondensatoru. Z blízkého vodovodu teče chladná voda kondensátorem, tím chladí se vodní páry a kondensují se ve vodu, kteráž onou rourou mírně nakloněnou kape zpět do baňky. Tímto způsobem může se var vody udržovati po celé dny nepřetržitě. Dobře jest baňku zasaditi do misky železné, v níž se malá vrstva jemného písku nachází; do vnitř baňky pak jest dobře dáti různé odpadky platinových neb stříbrných drátků, aby var vody byl co možná klidným. Při tomto uspořádání bylo nám možno udržovati magnety v páře 100° velmi dlouho, aniž bychom byli musili stále dohlížeti a o průběh pokusu se starati.

Praktické
uspořádání
pokusu.

Z á v ě r e k.

Nyní teprvé můžeme přikročiti k rozboru otázky, ke konci dílu předcházejícího položené, jaké totiž magnety k účelům přesných měření vědeckých jsou nejzpůsobilejšími. Praxis dosavadní volí dosud ještě se zálibou magnety kalené. V tom jest zajisté dobrý smysl; jest totiž vždy žádoucí, aby magnet byl zmagnetisován tak silně, jak možno. V dílu předcházejícím jsme v té příčině ukázali, že v skutku vycházíme-li od magnetů kalených, napouštění z počátku nemá příznivého vlivu; křivka označující

schopnost nejvyšší magnetisace, vycházejíc od největšího stupně tvrdosti, klesá a blíží se při postupujícím napouštění svému minimu; stoupá ovšem v dalším postupu napouštění a dosáhne jistého maxima, načež rychle klesá; toto maximum jest však jenom u magnetů velmi táhlých značně vyšší, než původní hodnota, od níž křivka vychází pro magnety kalené; jsou-li však magnety méně táhlé aneb dokonce jen krátké, jak to bývá u magnetů k multiplikátorům užívaných, k magnetickým strojům měricím (na př. bifilare, magnet. theodolit atd.), pak ono maximum se splošťuje tou měrou, že v skutku u magnetů velmi krátkých může býti nižší, než ona hodnota počáteční pro magnety kalené. Následkem toho jsou pak takové magnety poměrně velmi krátké, když byly právě kaleny, také již nejzpůsobilejšími, aby se dosáhlo magnetisace co možná největší

Avšak magnetisace tato neudrží se dlouho na tomto svém vysokém stupni původním. Molekulární napjetí mechanické způsobené kalením, dojísta velmi značné, povoluje znenáhla již hned po kalení a s ním zároveň uvolňuje se měrou značnou molekulární napjetí magnetické. Za příklad můžeme ukázati na magnet No. 16, jehožto specifický magnetismus m za 24 hodiny klesl z hodnoty 48.1 na hodnotu 47.2, t. j. skorem o 2 proc. Takovéto klesání magnetisace pokračuje pak stále a trvá velmi dlouho, ačkoliv děje se s rychlostí nenáhle se umenšující. Proto stává se — jakož z praxe je známo — že magnety původně silné, po nějaké době jeví se býti slabými. V skutku jsou ztráty magnetické, způsobené těmito změnami napjetí molekulárního, značně větší, než difference mezi schopností magnetisace při kalené oceli a mezi minimem této schopnosti, kteráž při postupujícím napouštění se dostaví. K těmto ztrátám druží se pak ještě ztráty, vznikající ochlazením a zahřátím, jakéž již přirozeně v různých dobách ročních se dostavuje; víme zajisté, že právě magnety kalené jsou velice citlivými vůči těmto změnám teploty.

Ze všeho toho musíme činiti závěrek, že pravidlo, dosa-

vadní praxi zachovávané, aby se dávala přednost magnetům kaleným, jest zcela pochybené.

Musíme tedy kalený magnet napustiti, abychom sami ono veliké napjetí molekulární zmírnili a tím samovolnému umenšování předešli. Dle pokusů našich jest při tom úplně jednostejno, zda-li magnet před tímto napouštěním již zmagnetisujeme čili nic — zde se jedná v prvé řadě pouze o přípravu materialu. K napouštění volíme teplotu 100°; jest tak nejvýhodnější z praktických příčin, poněvadž lze tuto teplotu snadno si zjednatí varem vody a dáti pak magnet do vodní páry. Ale jest ještě jiný důvod věcný, kterýž k této teplotě poukazuje. Není pochybnosti, že tepelný koeficient magnetický jest u magnetů tvrdých menší, než u magnetů kalených neb měkkých. Dojísta, že zde jest paralelní vztah jako při tepelném odporu. Kdybychom tedy napustili magnet silněji, při vyšší teplotě než 100°, byl by magnetický moment více podmíněn teplotou, než jest žádoucí — již proto, poněvadž stanoviti správnou teplotu magnetu při přesných vědeckých měřeních není vždy snadno; nemá-li tedy korekce tím vznikající býti značná, jest žádoucí, aby magnetický koeficient tepelný nebyl větší než jest právě nutno — a tento ohled vede k teplotě 100° co nejlépe přiměřené.

Napouštění při teplotě 100° nechť děje se až do krajnosti, t. j. až dosáhne se stupně tvrdosti, jenž jest pro tuto teplotu mezním. Pak jest material vůči každé teplotě nižší než 100° necitlivým, jakož v dílu VI. bylo dokázáno. Byl-li magnet před tímto napouštěním do sytosti zmagnetisován, vznikají současně velmi veliké ztráty momentu, jež činí 30 až 70 procent.

Nyní teprvé, kdy jest material připraven, zmagnetisuje se magnet do sytosti. Aby však molekulární napjetí magnetické tím vznikající se zmírnilo, zahřívá se magnet ještě jednou delší čas při 100°. Ztráty momentu jsou při tom daleko menší než eventualně předešlé; činí asi 5 až 8 procent. Po případě opa-

kuje se magnetisace a zahřívání. Magnetický moment, který po tomto zahřívání se obdrží, jest pak definitivním.

Magnet tímto způsobem upravený můžeme pokládati za ustálený. Jeho tvrdost jest mezní pro 100° , jeho magnetický moment jest též mezním pro 100° . Při jakémkoliv zahřívání, jež jest pod touto teplotou 100° , nenastávají žádné trvalé změny ani materialu ani magnetického momentu. Magnet jest i vůči mechanickým nárazům a otřesením necitlivým a rovněž tak vůči působení času a vyhovuje tímto způsobem všem požadavkům, jež klásti dlužno právě při nejpřesnějších měřeních vědeckých.

OBSAH.

	Strana
Úvod	1
I. Stanovení mohutnosti thermoelektrické	7
II. Stanovení galvanického odporu	23
III. Kalibrování můstkového drátu	33
IV. Vliv teploty na vodivost elektrickou železa kujného, oceli a železa litého	40
1. Ocel. Vliv teploty na vodivost elektrickou. Význam barev napouštěcích a jich souvislost se stupněm tvrdosti stano- veným odporem galvanickým	45
2. Železo kujné	49
3. Přehled výsledků pro železo a ocel	51
4. Železo lité	53
5. Doslov	56
V. Kalení oceli	57
1. Způsob kalení	57
2. Výsledky kalení	61
VI. Napouštění oceli	65
1. Výsledky napouštění v lázni olejové	66
2. O významu, jakýž má doba působení teploty napouštění	70
3. Výsledky nabyté napouštěním kalených drátů ocelových v parách methyalkoholu (66°)	76
4. Výsledky nabyté napouštěním kalených drátů ocelových v parách vodních (100°)	79
5. Výsledky nabyté napouštěním kalených drátů ocelových v parách anilinu (185°)	81
6. Výsledky nabyté napouštěním kalených drátů ocelových v lázni olověnné (330°)	85
7. Všeobecný rozbor výsledků napouštěním dosažených	87
8. Účinek vyšších a nižších teplot na ocel napuštěnou při teplotě dané	90
9. Výsledky u měkké oceli	95

