

# Časopis pro pěstování matematiky a fysiky

---

Václav Posejpal

O tak zvaných galvanomagnetických a thermomagnetických efektech a elektromotorických silách magnetisace. [III.]

*Časopis pro pěstování matematiky a fysiky*, Vol. 39 (1910), No. 5, 494--512

Persistent URL: <http://dml.cz/dmlcz/123807>

## Terms of use:

© Union of Czech Mathematicians and Physicists, 1910

Institute of Mathematics of the Academy of Sciences of the Czech Republic provides access to digitized documents strictly for personal use. Each copy of any part of this document must contain these *Terms of use*.



This paper has been digitized, optimized for electronic delivery and stamped with digital signature within the project *DML-CZ: The Czech Digital Mathematics Library* <http://project.dml.cz>

## O tak zvaných galvanomagnetických a thermomagnetických efektech a elektromoto- rických silách magnetisace.

Sepsal Dr. **Václav Posejpal**, professor na Kr. Vinohradech.

(Dokončení.)

§ 13. Závěrem připojme zajímavý návrh na praktické použití Hallova zjevu k transformaci proudu střídavého na stejnosměrný. Pošleme-li totiž daný střídavý proud jednak elektromagnetem, jednak vismutovou destičkou jakožto proud primární  $J$ , obrátí se vždy současně jak směr magnetického pole tak směr proudu  $J$ , následkem čehož směr proudu Hallova zůstane nezměněn. Ale jest tento způsob technicky neekonomický. Za to lze této myšlenky, jak její původce, Des Coudres (43), ukazuje, užiti jednak k měření Hallova rotačního koeficientu  $R$ , jednak k sestrojení elektrodynamometru velmi účelného k analýsi magnetických polí střídavých.

Také sluší připomenouti, že prof. F. Koláček první dedukoval z Hallova zjevu axiální charakter magnetických silokřivek (42).

§ 14. Ostatní efekty skupiny Hallovy, o nichž v následujícím chceme již jen stručněji pojednatí, byly objeveny na vismutu Nernstem a v. Etingshausenem (7, 8, 10), částečně také Leduc-em (9). Efekty transversální jsou úplně analogické efektu Hallovu a řídí se také obdobnými zákony, totiž:

1. *Galvanomagnetický thermický efekt transversální:*

$$\Delta T = P \frac{J \xi}{\delta}, \quad (8)$$

t. j. rozdíl teplot na pobočných hranách naší destičky jest úměrný intenzitě primárního proudu elektrického a působícího magnetického pole, nepřímo tloušťce destičky.

2. *Thermomagnetický elektrický efekt transversální:*

$$E = Q \frac{A \xi}{k \delta}, \quad (9)$$

při čemž  $A$  značí intenzitu proudu tepelného a  $k$  koeficient tepelné vodivosti v joulech. Jest tedy elektromotorická síla transversální, vznikající účinkem magnetického pole za přítomnosti longitudinálního proudu tepelného, úměrna intenzitě tohoto proudu tepelného a magnetického pole přímo, tepelné vodivosti a tloušťce destičky nepřímo.

3. *Thermomagnetický thermický efekt transversální:*

$$\Delta T = S \frac{A \mathfrak{H}}{k \delta}, \quad (10)$$

t. j. rozdíl teplot vznikající za týchž okolností na pobočných hranách destičky řídí se týmž formálním zákonem jako rozdíl potenciálů.

Obrací tedy všechny transversální efekty své znamení jak se směrem primárního proudu, ať již jest to proud elektrický neb tepelný, tak se směrem magnetického pole.

Znamení koeficientů  $R$ ,  $P$ ,  $Q$ ,  $S$  jest takto definováno:

1. Koeficient  $\left\{ \begin{matrix} R \\ S \end{matrix} \right\}$  jest *kladný*, je-li otočení linií  $\left\{ \begin{matrix} \text{ekvi-} \\ \text{iso-} \end{matrix} \right.$  potenciálních  $\left\{ \begin{matrix} \text{způsobené magnetickým polem téhož smyslu jako} \\ \text{thermních} \end{matrix} \right.$  Ampèrův proud magnetické pole vzbuzující. *záporný*, je-li toto otočení *smyslu protivného*.

Tak na př. v našem obrázku (obr. 2.), kde předpokládáme, že magnetické pole jde směrem kladné osy  $Oy$ , tedy před papír, bude  $R$  kladné, bude-li potenciál bodu  $S$  vyšší než bodu  $S'$  a podobně  $S$  bude kladné, bude-li teplota bodu  $S$  vyšší než  $S'$ .

2. Koeficient  $\left\{ \begin{matrix} P \\ Q \end{matrix} \right\}$  jest *kladný*, přijdeme-li, pohybující se *zevně* kol destičky ve smyslu proudu Ampèrova magnetické pole vzbuzujícího od místa, kde primární proud  $\left\{ \begin{matrix} \text{elektrický} \\ \text{tepelný} \end{matrix} \right\}$  do ni vstupuje, nejprve k poboční straně  $\left\{ \begin{matrix} \text{nižší teploty} \\ \text{nižšího potenciálu} \end{matrix} \right.$ ; v opačném případě jest *záporný*.

Effekty longitudinální jsou, vyjmajíc *longitudinální galvanomagnetický efekt elektrický*, t. j. *změna odporu elektrického* magnetickým polem, vesměs velmi slabé. Jsou nezávislé na směru magnetického pole a v prvním přiblížení úměrný  $\mathfrak{H}^2$ . Efekty transversální mají značnou důležitost theoretickou, ježto se Drudemu podařilo vyjádřiti jejich koeficienty, konstanty to daného kovu, veličinami, jež mají částečně universální charakter, aneb musí se stanoviska elektronové theorie také při jiných dějích vystoupiti. Proto, a také pro svou poměrně větší velikost, byly efekty transversální více studovány než longitudinální, a to Nernstem a v. Ettingshausenem ve vismutu, Loydem (21) v telluru, Barlowem (22) v antimonu a vismutu. Pokud možno všechny efekty měřiti, transversální i longitudinální, snažil se *Zahn* (23). Podařilo se mu to u vismutu, při čemž znovu potvrdil, pracuje se třemi různými preparáty, velikou citlivostí, jakou jeví tyto efekty právě u vismutu vůči různostem struktury a vůči znečištění. Jen efekty transversální, všechny čtyři, měřil u vismutu, antimonu, niklu, železa a kobaltu. Efekty  $R$ ,  $Q$ ,  $S$  u iridia, palladia, platiny, mědi, stříbra, zinku a slitin: mosazi a nového stříbra, jakož i u oceli. Efekt galvanomagnetický tepelný, charakterisovaný koeficientem  $P$ , byl u této druhé skupiny tak slabý, že se nepodařilo ani jeho znamení zjistiti.

Zahnovy výsledky vedou k zajímavému faktu, že ve všech studovaných kovech koeficienty  $R$  a  $S$  mají *souhlasné znamení*, koeficienty  $P$  a  $Q$  *opačné*. Výjimku činí pouze dvě destičky vismutové ze tří studovaných.

Koeficienty  $P$ ,  $Q$ ,  $S$  závisí na magnetickém poli a teplotě právě tak jako rotační koeficient  $R$ . Zahnovi se podařilo zjistiti závislost na teplotě a charakterisovati ji u většiny jím studovaných kovů příslušnými teplotními koeficienty.

Pomineme číselné údaje, týkající se transversálních efektů a jich koeficientů  $P$ ,  $Q$ ,  $S$ , odkazující čtenáře na *Přehledy pokroků fysiky za léta 1901 a 1903—1905*, ale zmíníme se za to obšírněji o změnách vodivosti elektrické i tepelné účinkem magnetického pole. Změny tyto jsme subsumovali jakožto efekty longitudinální skupiny Hallovy, byly však ještě před objevením Hallova zjevu známy a studovány.

§ 15. *Změnu elektrické vodivosti* magnetickým polem prve zjistil *W. Thomson* r. 1856 (44) při železe a niklu. Nalezl, že ve směru magnetického pole odpor jmenovaných kovů roste, ve směru k němu kolmém klesá.

Z dalších četných prací, jež touto otázkou se zabývaly, na prvním místě sluší uvést práce *Goldhammerovy* (45), jež studoval destičky kovů: vismut, tellur, antimon, nikl, kobalt, železo a přišel v podstatě k těmto výsledkům:

a) *Kovy diamagnetické:*

$\alpha$ ) *Vismut*: Odpor v magnetickém poli vždy roste. Značí-li  $w_0$  odpor bez magnetického pole,  $w$  odpor v magnetickém poli, pak procentuální zvýšení odporu

$$100 \frac{w - w_0}{w_0} = 100 \frac{\Delta w}{w_0}$$

kolísá mezi 0.09—0.15. Jest rozeznávati 3 případy, totiž:

1. Destička jest || s magnet. polem, proud jest || s magnet. polem.
2. " "  $\perp$  " " " "  $\perp$  " "
3. " " || " " " "  $\perp$  " "

V případech 1. a 2. má  $\frac{\Delta w}{w_0}$  stejnou hodnotu, v případě 3. jest za stejných jinak okolností 1.5krát větší.

$\beta$ ) *Tellur*: Odpor v magnetickém poli vždy roste, ale méně než u vismutu. Největší přírůstek jest v případě 1., pak v 2. a 3.

$\gamma$ ) *Antimon*: Odpor vždy roste a sice téměř stejně ve všech třech případech.

b) *Kovy ferromagnetické.*

$\alpha$ ) *Nikl*: Odpor roste ve směru magnetických silokřivek, klesá kolmo k nim. Klesání odporu jest všeobecně 2- až 3krát menší než přírůstek.

$\beta$ ) *Kobalt*: Chová se jako nikl, jen přírůstek odporu ve směru silokřivek jest procentuálně značně menší než u niklu,

za to úbytek odporu při směru na silokřivky kolmém jest skoro stejný jako u niklu.

*γ) Železo:* Účinek magnetického pole na odpor železa jest velmi slabý, ale jinak stejného smyslu jako u niklu a kobaltu.

Výsledky dlouhé řady četných badatelů pozdějších, jako Beattie (46), Lenard (47), Paterson (48), Auerbach (49), Chvolson (50), v. Wyss (51), Faè (52), Cantone (53), Des Coudres (54), Garbasso (55), Gray a Jones (56), Lownds (57), Sagnac (58), Jewett (59), Everdingen (20), Williams (60), Dongier (61), Knott a Ross (62), Carpiní (63) (Grunmach 64), souhlasí všeobecně v tom, že vliv pole závisí především na vzájemném směru proudu elektrického a pole magnetického, dále na intenzitě magnetického pole a teplotě. Vesměs se potvrzuje, že u *Fe* a *Ni* nastane zvětšení odporu ve směru silokřivek, zmenšení kolmo k nim, u *Bi* a *Sb*, vždy zvětšení odporu. Pokud závislosti na magnetickém poli se týče, nalézají někteří úměrnost s polem, jiní s jeho kvadrátem, u látek ferromagnetických nalézají někteří úměrnost s magnetisací, jiní s jejím kvadrátem, konečně Gray a Jones nalézají u železa úměrnost se čtvrtou potenci magnetisace. Vliv teploty, jenž jest často velmi značný, jest velmi komplikovaný, ježto zde vystupuje současně změna konstant magnetických s teplotou, změna odporu s teplotou a konečně trvalé strukturní změny materiálu s teplotou. Také rozhoduje v některých případech, zda se jedná o proud stejnosměrný neb střídavý. Tak u *Sb* jest odpor proti proudu střídavému vždy menší než proti proudu stejnosměrnému, ať v poli ať bez pole magnetického. Při *Bi* platí totéž za nepřítomnosti pole aneb v polích slabých. Dosáhne-li pole intenzity 4200 gauss, jest tomu naopak, odpor proti proudu střídavému jest větší než proti proudu stejnosměrnému.

Změna odporu magnetickým polem studována nejčastěji u vismutu, u něhož tato změna jest tak veliká, že se jí dá s prospěchem použít k měření magnetických polí. Firma Hartmann a Braun hotoví k tomu účelu zvlášť zařízené vismutové spirály, jak jich poprvé používal Lenard (47). Nejdůkladnější prací sem hledící jsou pokusy Everdingenovy (20) a byl jich konečný výsledek již sdělen v § 9. tohoto pojednání.

Změny odporu vismutového polem značně klesnou, jde-li o velmi tenké vrstvičky tohoto kovu, jak ukázal Patterson (48) na vrstvičkách sražených výbojem katodovým. Také specifická vodivost mimo pole jest u těchto velmi tenkých vrstviček značně menší než u obyčejných drátů.

Vliv teploty na změnu odporu u vismutu studoval Jewett (59), vliv nízkých teplot Dewar a Fleming (65). Ukazuje se, že s přibývajícím teplotou odpor roste (až do  $140^{\circ}$ ), ale změny jeho účinkem pole klesají, tak že nejsilněji se mění odpor vismutu při velmi nízkých teplotách, jak ukazuje následující tabulka, dle Dewar a Fleminga, kdež  $\xi$  jest dáno v gaussech a  $w$  jest  $10^4$ násobný odpor  $1 \text{ cm}^3$  v ohmech.

Teplota	$\xi$	$w$	$\frac{100 Aw}{w}$
+ $20^{\circ}$	0	1·679	
	1400	1·700	1·2
	2756	1·792	6·7
— $202^{\circ}$	0	0·5723	
	1400	1·4435	152·2
	2756	2·6801	368·3

V magnetickém poli střídavém zůstávají změny odporu vismutového poněkud za polem, tak že při přechodu od pole slabšího v silnější odpor, na př. vismutové spirály, jest menší, než jak okamžité intenzitě pole by odpovídalo, při přechodu od pole silnějšího v slabší je též odpor větší. Máme zde co činiti s jakýmsi druhem viskosní hysterese odporu (66)

§ 16. Změnu *tepelné vodivosti* studoval poprvé Maggi (67) a to na *železe*, methodou Sénarmontovou, r. 1850. Železná kruhová deska, opatřena ve svém středu kruhovým otvorem, pokryje se směsí vosku a oleje a položí na póly vertikálního elektromagnetu tak, že střed desky padne na spojnici obou polů.

Středovým otvorem jde plechová roura a tou se prohání horká vodní pára, čímž se deska zahřívá a vosk taje. Není-li magnet vzbuzen, taje vosk v kruhu, za přítomnosti magnetického pole však v ellipse, jejíž delší osa jest kolma na spojnici obou pólů. Tím Maggi zjistil, že vodivost železné desky ve směru spojnice obou pólů (axiálním) má se k vodivosti ve směru k ní kolmém (ekvatoriálním) jako 5 : 6.

Celá řada dalších pozorovatelů, pracujících buď stejnou methodou, neb s použitím tyčí (Tomlinson, 68), výsledky Maggiho brzy potvrzovali, brzy popírali. V novější době rozřešili otázku tu, pokud se tyče železa, Korda (69) a Schweitzer (70), z nichž prvý pracoval s deskou, druhý s prstenem. Oba souhlasně našli, že ve směru magnetického pole tepelná vodivost klesá až o 12%, kolmo k němu že zůstává nezměněnou. Pokud však závislosti na intenzitě pole se tyče, výsledky jejich naprosto nesouhlasí.

Vedle železa pozorována změna tepelné vodivosti ještě na niklu od Schmaltze (71), který shledal, že tepelná vodivost desky, studované methodou Sénarumontovou, klesne ve směru axiálním asi o 5% proti vodivosti ve směru ekvatoriálním při poli 1200 gauss. Dále Righi (72) a Leduc (73) našli úbytek tepelné vodivosti při destičce vismutové, kolmo k poli postavené. Úbytek činí dle Righiho v poli 2338 gauss 2·2%.

### III. Elektromotorické sily magnetisace.

#### A) Články hydroelektrické.

§ 17. Vliv magnetického pole na články hydroelektrické a reakce chemické byl hledán již od dob Fresnelových. Prvý, kdo se dodělal pozitivního výsledku, byl americký chemik Ramsen 1881. Týž zjistil, že železo silně magnetické podléhá méně účinku kyseliny než železo nemagnetické. Jeho pokus byl tento: Na póly silného podkovovitého magnetu postavil kivetu z tenkého plechu železného a nalil do ní roztoku skalice modré. Železo se zvolna rozpouští nahrazujíc ve skalici měď, kterážto se vylučuje. Ram-



sen shledal, že vyloučená měď se neukládá stejnoměrně po stěnách nádoby, nýbrž dle křivek stejné magnetisace.

Tímto pokusem bylo vlastně dokázáno, že magnetické pole má vliv na reakce chemické. Poněvadž však jedním z velmi citlivých indikátorů reakcí chemických, zvláště pokud jsou velmi zvolnými, jsou právě elektromotorické síly, tyto reakce doprovázející, bylo přirozeným důsledkem pokusu Ramsenova zkoumati, zda a kterak se mění elektromotorická síla článku, jehož jednou elektrodou jest železo, magnetisací tohoto železa.

§ 18. První, jenž v tomto směru pracoval, byl Th. Gross (74). Do vodního roztoku chloridu železitého noří se dvě tyčinky z měkkého železa, z nichž jedna jest izolovaně ovíjána spirálami měděného drátu. Uzavřeme-li článek takto utvořený citlivým galvanometrem, nedává proudu. Pustíme-li však cívkou z měděného drátu proud elektrický a zmagnetujeme tak jednu z železných elektrod, indikuje galvanometr proud jdoucí od elektrody magnetické skrze elektrolyt k elektrodě nemagnetické. Intenzita tohoto proudu roste s intenzitou magnetisace, jeho směr jest nezávislý na tom, kterým pólem se tyčinka do chloridu železitého noří. Také pokusy s jinými elektrolyty, pokud daly pozitivní výsledky, ukázaly, že proud jde vždycky tímž směrem, jako nahoře řečeno. Tento směr proudu poukazuje na to, že železo magnetické jest chloridem více attakováno než železo nemagnetické, což tedy vede k opačnému závěru než pokus Ramsenův.

Četnými pracemi pozdějšími tento rozpor byl jen ještě zvětšen. Výsledky shodné s Grosse obdrželi Nichols a Franklin (75), a Andrews (76), výsledky opačné Rowland a Bell (77), Squier (78), jakož i Janet (79) a Duhem (80), kteří cestou spekulací theoretických přicházeli rovněž k výsledku, že železo magnetické má méně podléhati vlivu elektrolytu než železo nemagnetické.

Elektromotorická síla, jež magnetisací železné elektrody vzniká, byla od Nicholse a Franklina nazvána *elektromotorickou silou magnetisace* (the electromotive force of magnetization).

Definitivní rozřešení otázky provedl Hurmuzescu (81), jenž se snažil jednak pracovati za podmínek přesně definovaných, jednak odstraniti všechny cizorodé děje, jež zkoumaný výsledek

by mohly porušiti. Mezi tyto cizorodé děje náleží především polarisace elektrod, umožněná jednak proudem schopným dáti úchytky galvanometru, jednak velkou plochou dosud používaných elektrod. Užil proto k měření elektromotorických sil magnetisace kapillárního elektrometru, což mu dovolilo užívati elektrolytů velmi zředěných, majících velký elektrický odpor, v nichž reakce chemické probíhají mnohem volněji a tedy také pravidelněji. Elektrody pak upravil na způsob Wollastonův, při kterém elektroda jest od elektrolytu izolována až na malou styčnou plošku, libovolně orientovanou.

Zkoumal pak velikost vznikající elektromotorické síly pro dva případy:

1. Ploška, kterou se elektroda dotýká elektrolytu, jest na té části elektrody, kde povrchová magnetická hustota se rovná nulle.

2. Ploška dotyková se nachází na některém ze vznikajících pólů.

*V prvním případě* došel k těmto výsledkům:

*α) Železo.* Až do 7000 gauss jest elektroda magnetická vždycky kathodou vzhledem k elektrodě nemagnetické. Elektromotorická síla magnetisace  $E$  nezávisí na směru magnetického pole, na povaze kyseliny elektrolytu, její koncentraci, ani na tom, jak jest bohatá na soli železa, ale závisí na individuálních vlastnostech zkoumaného kusu a jest při polích 2000 gauss řádu 0,01 Volt. Dá se vyjádřiti dosti dobře rovnicí

$$E = \frac{l}{\delta} \cdot \frac{J^2}{2k}, \quad (1)$$

kdež značí  $J$  intensitu magnetisace elektrody,  $k$  susceptibilitu,  $\delta$  specifickou hmotu a  $l$  elektrochemický ekvivalent jejího kovu.

Prerušíme-li náhle magnetické pole, přejde elektromotorická síla skrze nullu, na níž se nezastaví, na hodnotu směru opačného a to tím větší, čím prudší byla variace, a teprve po nějakém čase se vrátí na nullu.

*β) Nikl.* Obdobný výsledek jako u železa, nikl magnetický jest kathodou vůči niklu nemagnetickému. Pro pole 2000 gauss jest  $E$  řádu 0,001 Volt.

γ) *Vismut*. Výsledek jest opačný jako u železa a niklu: vismut v magnetickém poli ležící jest anodou vůči vismutu neutrálnímu. Pro pole 2000 gauss jest  $E$  řádu 0,0001 Volt.

V *druhém případě*, kdy na plošce, jíž se elektroda dotýká elektrolytu, existuje magnetická hustota, t. j. když tato ploška jest na některém pólu, jsou výsledky méně pravidelné.

Označíme-li směr elektromotorické síly  $E$ , jak byl v prvním případě zjištěn u železa a niklu za *kladný*, shledáme, že v tomto druhém uspořádání, při němž Hurmuzescu pracoval jen se železem, jest  $E$  *brzy kladné*, *brzy záporné* a sice dle toho, zda roztok jest *chud* neb *bohat* na soli železa.

Hurmuzescu odvodil pro  $E$  všeobecně platící vzorec, ať se jedná o případ 1. neb 2., totiž

$$E = \frac{l}{\delta} \left( \frac{J^2}{2k} - \frac{J'^2}{2k'} \right) \quad (2)$$

ve kterém  $J'$  a  $k'$  mají totéž značení pro kapalinu jako  $J$  a  $k$  pro elektrodu. Je-li roztok velmi zředěný, lze  $\frac{J'^2}{2k'}$  vedle  $\frac{J^2}{2k}$  zanedbat, čímž dostaneme vzorec (1). Jde-li však o případ druhý, lze si představit, že magnetický pól přitahuje molekuly železa v elektrolytu mající poblíž pólu v elektrolytu může vzniknouti tenká vrstva tak, že do té míry vyšší magnetisaci, než jest v elektrodě, že

$$\frac{J'^2}{2k'} > \frac{J^2}{2k},$$

čímž  $E$  se stane záporným.

Těmito pokusy Hurmuzescovými jest tedy také vysvětlen onen nesouhlas v pracích jeho předchůdců.

Změny znamení elektromotorické síly  $E$  obdržel Hurmuzescu v pozdějších pokusech ještě markantněji s elektrodami, zhotovenými ze slitin železa a 44% respektive 28% a 24% niklu.

Hurmuzescu konal také pokusy o elektrolyse magnetického kovu na magnetickou katodu. Shledal, že magnetický kov, na př. železo, se ukládá nejvíce na ty části katody, které jsou nejsilněji magnetovány. Byl-li katodou železný plech, kolmý k ose konického magnetického pole nehomogenního, ukládalo se vyloučené železo v koncentrických kruzích a to tím mohutnějších, čím magnetické pole bylo silnější.

Jakožto další úlohy k závěru svých prací vytkl Hurmuzescu tyto dvě: 1. Zkoumatí, jak závisí elektromotorická síla magnetisace  $E$  na magnetickém poli a speciálně zjistiti, zda pro pole velmi vysoká míří k stálé mezi neb prochází maximem a pak klesá.

2. Zkoumatí závislost elektromotorické síly  $E$  na teplotě.

Řešením těchto dvou úloh zabýval se Paillot a našel: Elektromotorická síla magnetisace  $E$  u článků, majících elektrodami měkké železo, stoupá se stoupající teplotou a sice jest toto stoupání tím rychlejší, čím větší jest magnetické pole, s nímž pracujeme. Při stálé teplotě stoupá  $E$  s magnetickým polem tak, že se blíží při 35.000 gauss jisté mezní hodnotě, závislé na povaze materiálu.

#### B) Články thermoelektrické.

§ 19. Vliv magnetického pole na elektromotorickou sílu článků thermoelektrických prvý bezpečně prokázal Sir W. Thomson v memoiru „*On the electrodynamic qualities of metals, r. 1856*“ (Phil Trans. 3., p. 722). Výsledky jeho práce týkají se železa a jsou tyto: V článku thermoelektrickém, obsahujícím dvojici: železo nemagnetické — železo magnetické, vzniká rozdílem teplot proud elektrický, jenž jde:

a) v případě magnetisace longitudinální skrze část zahřátou od železa neutrálního k železu magnetickému longitudinálně;

b) v případě magnetisace transversální skrze část zahřátou od železa magnetického transversálně k železu neutrálnímu.

Důsledkem, jež Thomson pokusem potvrzuje, obou těchto vět jest, že v článku utvořeném ze železa magnetického longitudinálně a železa magnetického transversálně proud elektrický jde skrze část zahřátou od železa magnetického transversálně k železu magnetickému longitudinálně.

§ 20. Potvrzení a zároveň pečlivého kvantitativního vyšetření došly tyto výsledky Thomsonovy prací *Strouhala a Barusa* (83). Vědecký motiv, jenž Strouhala a Barusa přivedl k podrobnějšímu studiu výsledků Thomsonových, byl rázu praktického. Jmenovaní autoři poznali totiž při svých podrobných studiích oceli a železa, že jejich thermoelektrické chování se

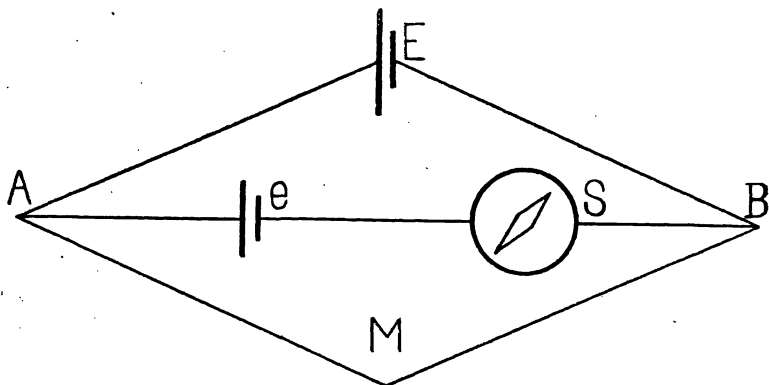
jakož i galvanický odpor se výtečně hodí za míru tvrdosti oceli a také tuto míru přijali. Mění-li se však jak thermoelektrické postavení tak galvanický odpor magnetisací, jíž tvrdost železa a oceli se přece nemění, bylo nutno vyšetřiti velikost této změny a tím zjistiti, zda má na měření stupně tvrdosti znatelný vliv neb ne.

Majíce v pracích Beetzových (84) dostatečnou záruku, že vliv magnetisace transversální vůbec jakož i změny odporu magnetisací vznikající jsou při jejich způsobu měření tvrdosti k zanedbání, věnovali veškerý svůj zřetel změně thermoelektrického chování se železa vlivem magnetisace longitudinální. Vedle nutné potřeby míti kvantitativní údaje o tomto zjevu vybízela k jeho studiu ještě následující pozoruhodná okolnost. Pracemi Thomsonovými zjištěno, že longitudinální magnetisací odpor železa roste a toto že se stává thermoelektricky pozitivnějším, to jest, že skrze část zahrátou jde proud od nemagnetického k magnetického, čili od lépe vodivého k hůře vodivému. Změnami v tvrdosti nastávají také současně změny i vodivosti i thermoelektrického postavení železa, ale právě opačně, než účinkem magnetického pole. Totiž železo, jehož odpor následkem změny v tvrdosti vzrostl, stalo se thermoelektricky negativnějším, tak že skrze část zahrátou jde proud od méně vodivého k lépe vodivému.

Předmětem svého studia učinili autoři železo a ne ocel a to ze dvou příčin: jednak lze železo zmagnetisovati silněji a zvýšiti tím očekávaný účinek thermoelektrický, jednak jest okolností, že magnetismus železa jest dočasný a mizí ihned, když magnetisující síla přestává, dána možnost měření libovolně opakovatí. Plán jejich pokusu byl pak ten, stanoviti mohutnost thermoelektrickou železa vzhledem k mědi a to jednou, je-li železo nemagnetické, po druhé, když by železo se podélně zmagnetisovalo, pak z obou měření počtem měď vymýtiti a stanoviti přímo thermoelektrickou mohutnost kombinace: železo nemagnetické a železo magnetické.

Uspořádání pokusu, jehož podrobnosti jakož i detailní poučení o celé věci najde čtenář ve známém spise: *Ocel a její vlastnosti galvanické a magnetické. Na základě vlastních původních prací sepsali Dr. V. Strouhal a Dr. C. Barus. V Praze*

1892. *Nákladem vlastním*, pag. 111—125, bylo v podstatě toto: Vyžíhaný drát železný tloušťky asi 0,8 mm a délky 400 mm byl na svých koncích svorkami připevněn ke dvěma drátům měděným, prostrčen i s jedním z měděných drátů skrze magnetisující cívku a upevněn v její ose. Na obou koncích této cívky, v blízkosti k ní co největší, byly umístěny dva skleněné ballony, každý s tubulem na dvou o 90° od sebe vzdálených místech, naplněné petrolejem. V těchto ballonech udržovaly se konce drátu na teplotách  $t$  a  $T$ . Stanovení elektromotorické síly  $e$  tohoto článku dalo se methodou kompenzační za pomoci článku Daniellova, elektromotorické síly  $E$ . Princip této metody uka-



Obr. 3.

zuje následující obrázek. (Obr. 3.) Je-li odpor větve  $AEB$ ,  $W$ , odpor větve  $AMB$ ,  $w$ , a volíme-li odpory ty tak, aby větví galvanometrickou  $ASB$ , obsahující náš thermoelement v opposici, neprocházel žádný proud, bude kruhem  $AMBEA$  cirkulovati proud intenzity  $J$ , jenž splňuje následující rovnice:

$$\begin{aligned} Jw &= e, \\ J(W + w) &= E, \end{aligned}$$

z čehož

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

Magnetické pole nebylo sice homogenní, ale jeho průměrná hodnota, jež dle měření a výpočtů Strouhal-Barusových činila

528 gauss, dovoluje předpokládati, že drát železný byl magnetisován do nasycenosti.

Postup pokusů byl ten, že vykonána řada pěti měření elektromotorické síly  $e$  bez přítomnosti magnetisujícího proudu, na to řada pěti obdobných měření za přítomnosti proudu magnetisujícího, a konečně k vůli kontrole nová řada pěti měření bez proudu magnetisujícího. Thermoelement i s magnetisující cívkou byl od místnosti, ve které se nacházel galvanometr. velmi vzdálen, tak že přímého vlivu magnetického na galvanometr nebylo.

Zvolivše pro výpočet elektromotorické síly  $e$  z teplot  $T$  a  $t$  vzorec 
$$e = a(T - t) + b(T^2 - t^2),$$
 vypočetli autoři z výsledků první a třetí řady konstanty  $a$  a  $b$  a na základě jejich průměrných hodnot pro druhou řadu hodnoty  $e$ , jež by odpovídaly při daných teplotách nepřítomnosti pole magnetického. V následující tabulce, jež reprodukuje výsledky těchto tří řad, jsou tyto vypočtené hodnoty  $e$  uvedeny v závorkách. Pro posouzení, jak dalece nalezené konstanty  $a$  a  $b$  vyhovují, počítáno  $e$  také pro teploty první a třetí řady. Máme tedy výsledkem tabulku první na str. 508.

Z diferencí při řadě druhé mezi hodnotami  $e$  pozorovanými za přítomnosti pole a počítanými, kdyby pole nebylo, jest bezpečně viděti, že jest vzhledem k mědi železo longitudinálně magnetické vskutku více elektropositivním než železo nemagnetické, čímž pokus Thomsonův i kvantitativně potvrzen. Avšak difference tyto jsou příliš malé než aby stačily ke spolehlivému vypočítání mohutnosti thermoelektrické železa magnetického vzhledem k železu nemagnetickému, jak bylo v úmyslu autorů. Bylo třeba jíti k vyšším teplotám pro  $T$ , což provedli autoři pomocí 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 tak, že velmi citlivý galvanometr neukazoval úchylky, objevila se trvalá úchylka ihned, jakmile proud magnetisující byl uzavřen.

Vzhledem k stálosti teplot  $T$  a  $t$  a počtu měření bylo lze obdržeti velmi spolehlivé hodnoty střední, jak je udává následující druhá tabulka (viz str. 508).

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

	$t$ °C	$T$ °C	$e$ pozorováno mikrovolt	$e$ počítáno mikrovolt	Diff.	
I. Železo nemagnetické	15·5	71·9	564·1	564·0	+0·1	$a = 11·860$
	15·4	60·1	456·9	458·3	-1·4	$b = -0·0213$
	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. Železo magnetické	15·1	83·6	674·2	(669·3)	+4·9	
	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. Železo nemagnetické	14·8	90·8	733·8	732·3	+1·5	$a = 11·863$
	14·8	79·3	635·9	637·2	-1·3	$b = -0·0211$
	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	

*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	117·8	-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	



Jest tedy elektromotorická síla thermoelementu železo nemagnetické — železo magnetické longitudinálně (do nasycenosti) dána vzorcem

$$e = 0.035 (T - t) + 0.00014 (T^2 - t^2),$$

při čemž proud jde na místě zahřátém od železa nemagnetického k magnetickému.

§ 21. Jest tedy touto prací *přítomnost elektromotorické síly magnetisace* v článku thermoelektrickém, obsahujícím železo, nejen dokázána, nýbrž nalezena též její závislost na teplotě pro případ magnetisace do nasycenosti. Závislost její na magnetickém poli studovali později Bachmetjew (85, jenž nalezl úměrnost s magnetisující silou a závislost na napjetí drátu studovaného, tak že s přibývajícím napjetím drátu železného elektromotorická síla magnetisace klesá a dle okolností i své znamení mění, a Chassagny (86). Chassagny na elementu železo-měď udržovaném trvale na teplotách  $t = 0$ ,  $T = 100^\circ C$  nalezl znovu, že podélná magnetisace železa způsobuje vždy zvětšení elektromotorické síly tohoto článku a dále jako nové zjistil :

1. že toto zvětšení nezávisí na smyslu magnetisace ;
2. že s rostoucím polem  $e$  roste až do 55 gauss, kdež dosahuje maxima 6,1 mikrovolt, načež zvolna klesá, tak že při poli 200 gauss obnáší již jen 3,2 mikrovolt ;
3. naneseme-li  $e$  jako ordinaty, intensitu pole jako abscissy, obdržíme parabolu s osou poněkud nakloněnou.

§ 22. Nejobširněji s celou otázkou se zabýval *Houllévigie* (87). Užívaje uspořádání v podstatě shodného s tím, kterého použili Strouhal a Barus, studoval thermoelektrické chování se jak železa tak oceli měkké (nekalené) a to v jejich závislosti na poli i teplotě.

U článku měď-železo nalézá *Houllévigie* vždy *zvětšení* elektromotorické síly longitudinální magnetisací železa, v polích pod 350 gauss, v polích vyšších nastává *zmenšení* elektrom síly. Je-li  $y$  toto zvětšení v mikrovoltech, pak platí v intervalu teplotném  $0^\circ - 350^\circ C$  a magnetickém  $0 - 350$  gauss vzorec :

$$y = 10^{-7} [125 (T - t) + 0,508 (T^2 - t^2)] \frac{\mathfrak{H} (350 - \mathfrak{H})}{1 + 0,0428 \mathfrak{H}}.$$

U článku měď-ocel shledává Houllevigue naopak v týchž intervalech tepelných a magnetických vždy *zmenšení* elektromotorické síly, jinými slovy magnetisace oceli má též účinek, jako by mělo *ochlazení místa teplejšího*. Zkoušen též efekt transversální magnetisace; je mnohem menší, ale téhož smyslu jako efekt magnetisace longitudinální, tak že nutno připustiti jako experimentální faktum, že thermoelektrické vlastnosti železa a nekalené oceli se mění v protívěm smyslu, vystavíme-li je účinku poli slabších než 350 gauss za teplot ne příliš vysokých.

Označíme-li nyní  $y$  toto zmenšení elektromotorické síly článku měď-ocel, máme v témž rozmezí v mikrovoltch:

$$y = 10^{-7} [7,4714 (T - t) - 0,031 (T - t)^2 + 0,0000495 (T - t)^3] \frac{\mathfrak{H}^2}{1 - 0,000289 \mathfrak{H}}$$

Houllevigue kreslí také thermoelektrické diagramy, udávající thermoelektrickou mohutnost železa a oceli magnetické (pro různá  $\mathfrak{H}$ ) vůči olovu. Nalézají zajímavé faktum, že přímky odpovídající ocelím magnetickým protínají pravděpodobně přímku oceli nemagnetické poblíž  $400^\circ C$ , kdežto u železa obdobný průsek leží poblíž  $-50^\circ C$ . Z toho plyne, že při teplotách vyšších  $400^\circ C$  magnetisace musí působiti u oceli tak, jako působí u železa za teplot obyčejných a naopak měkké železo za teplot dostatečně nízkých bude se chovati jako ocel za teplot obyčejných. Vnucuje se ke srovnání následující analogie: Při dostatečně vysokých teplotách tyč ocelová nemá remanentního magnetismu, ale může ještě doznati magnetisace dočasné právě tak jako železo za teplot ne příliš vysokých. Naopak, měkké železo ponořeno do směsi tuhého kysličníku uhličitého a etheru má remanentní magnetismus značný, jako ocel za teplot obyčejných.

Autor dále aplikuje své výsledky na chování se efektu Peltierova, když místo stykové samotné vystavíme účinku magnetického pole, paralelního s plochou styčnou. Nachází u dvojice železo-měď zvětšení tepla Peltierova, jež vždy roste s teplotou a má své maximum při poli  $\mathfrak{H} = 93$  gauss. U dvojice ocel-měď naopak nastává zmenšení efektu Peltierova, jež roste

s polem stále, ale s rostoucí teplotou má pro všechna pole minimum, a sice při teplotě asi  $215^{\circ} C$ .

Ze svých pozorování Houllevigue soudí, že efekt Thomsonův se v oceli magnetickým polem zmenšuje u železa až do polí 350 gauss se zmenšuje, v polích silnějších zvětšuje. Ale vedle efektu Thomsonova nalézá jiný, jemu obdobný, jenž v tom spočívá, že, proudí-li elektrický proud drátem železným neb ocelovým nestejněměrně magnetickým, má to za následek transporty tepelné, oteplování na jedné, ochlazování na druhé straně. Speciálně dokázal pokusem, že nastává vývoj tepla, jde-li proud skrze měkké železo, transversálně magnetické, od partií neutrálních k partiím magnetickým.

§ 23. Vznik elektromotorické síly magnetisace u článků thermoelektrických není vázán na přítomnost kovu ferromagnetického. Tak Grimaldi (88) zjistil na článku vismut-měď, jehož jednu spájkou udržoval na  $0^{\circ} C$ , druhou na teplotě síně, že elektromagnetická síla jeho se účinkem pole zmenšuje při vismutu komerčním, zvětšuje, jde-li o vismut čistý. Pro daný článek výsledek se mění co do velikosti, ale ne co do směru, dle orientace vzhledem k magnetickému poli. Mně pak samotnému (89) se podařilo dokázat existenci této elektromotorické síly magnetisace pro článek měď-zinek. Ovšem bylo mé uspořádání poněkud rozdílné od všech dosavadních, při kterých celý článek thermoelektrický se nacházel v magnetickém poli. Lze totiž se tázati, co nastane, když udržujeme celý článek na stejné, co možno stále teplotě, a vystavíme jen jednu jeho stykovou plochu účinku silného pole magnetického. Zabýval jsem se k návrhu prof. Pellata v Paříži řešením této otázky, vkládaje celý článek do tajícího ledu tak, že jeden jeho konec byl mezi póly silného elektromagnetu. Zjistil jsem pro dvojice zinek-železo, měď-železo a zinek-měď, že vzbuzením magnetického pole vzniká elektromotorická síla, jež jest směru opačného s elektromotorickou silou, jež by vznikla zahříváním té spájkou článku, jež se nachází mezi póly magnetu. Článek zinek-měď dává účinek nejslabší, patrný teprve při polích značně vysokých, 7000 gauss a výše. Přes všechno úsilí zůstal v galvanometrickém kruhu, do něhož studovaný článek byl zapjat, vždy, byť nesmírně slabý, proud thermoelektrický: tak že otázka, zda by

také v případě naprosté stejnoměrnosti teploty zmíněné elektromotorické síly magnetisace vznikly neb ne, zůstává experimentálně nerozřešenou.

§ 23. Vystupování elektromotorické síly magnetisace v člancích hydroelektrických i thermoelektrických, jakož i změna Peltierova tepla účinkem magnetického pole činí plausibilním předpoklad, že také kontaktní potenciální difference mezi dvěma kovy, jak ji pozorujeme při pokusu Voltově, může účinkem magnetického pole doznati změny. Pro dvojici železo-zinek jsem také vskutku očekávaný efekt pozoroval, a sice jest Voltova potenciální difference mezi těmito kovy za přítomnosti magnetického pole větší než bez něho (90).

## Věstník literární.

### Recense knih.

Prof. Dr. *Jan Sobotka*: **Diferenciální geometrie**. Část I. Křivky rovinné (lithogr, 543 + X, 333 obr.). V Praze 1909, nákl. J. Č. M. (ve sbírce „Mathematické přednášky české university v Praze“).

Naše mathematická literatura je dosud velmi chuda na učebnice jednotlivých oborů; nutno tedy vítati co nejvřeleji vydávání lithografovaných universitních přednášek z matematiky a fysiky, ve které se uvázala Jednota č. matematiků, ježto znamená nejen rozmnožení pomůcek nutných pro universitní studium, nýbrž skutečné obohacení naší chudé učebnicové literatury, a obrací se tedy k širšímu publiku, než je posluchačstvo, pro které je ovšem určeno v první řadě. Není pochybnosti, že právě také přednášky prof. Sobotky, jichž první díl byl nedávno dokončen, mají nárok na širší zájem naší mathematické veřejnosti; tento nárok se zvyšuje skutečnou vnitřní cenou tohoto díla, zakládající se nejen v jakosti a rozsahu látky, v jejím účelném zpracování, v jasnosti a přesnosti výkladu, nýbrž také v tom, co původního je v tomto díle podáno.

Vlastnímu posouzení předešleme stručný obsah přednášek, při čemž upozorníme hlavně na významnější partie.

Po stručném úvodu, obsahujícím definici diferenciální geometrie, je vymezen (kap. I.) pojem křivky, jak v dalším ho má být užíváno, a přikročeno k analytickému vyjádření křivek, zvláště k vyjádření parametrickému; zajímavá prostorová inter-