

# Časopis pro pěstování matematiky a fysiky

---

Vladimír Novák

Několik poznámek ku přednášce prof. Dra. V. Felixe "O zjevu Hallově"

*Časopis pro pěstování matematiky a fysiky*, Vol. 38 (1909), No. 1, 41--49

Persistent URL: <http://dml.cz/dmlcz/123494>

## Terms of use:

© Union of Czech Mathematicians and Physicists, 1909

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>

## Několik poznámek ku přednášce prof. Dra. V. Felixe „O zjevu Hallově“.

Napsal Dr. Vlad. Novák, prof. české techniky v Brně.

Ve 12. sekci čtvrtého sjezdu českých přírodopytců a lékařů přednášel dne 8. června t. r. pan Dr. *Václav Felix*, professor české vys. školy technické v Praze, „O zjevu Hallově“ a uveřejnil stručný obsah své přednášky ve Věstníku IV. sjezdu <sup>1)</sup>.

Přednáškou touto měl býti podán — dle slov pana přednášejícího — především theoretický výklad zjevu Hallova a demonstrována potom kompenzační metoda k měření velikosti efektu Hallova na daném preparátu. Ve shodě s tím praví se ve výtahu přednášky:

„Vlastním účelem práce bylo rozhodnutí mezi teorií, která vykládá zjev Hallův jen změnami odporu v magnetickém poli (Goldhammer <sup>2)</sup>) a teorií elektronovou, která hledí vyloužit zjev tento působením pole magnetického přímo na elektrony. (Drude <sup>3)</sup>).“

Rozhodujícím měl býti pokus se rtutí, která prý změnila svůj odpor v poli magnetickém (nezávisle na směru pole) a která neukazuje efektu Hallova. Z toho se soudí na neúplnost theorie Goldhammerovy. Dle mého mínění soud tento není oprávněn. Především nevyplývá z práce Golhammerovy, že by příčinou zjevu Hallova byly *pouhé změny odporové*, Goldhammerovi jest základní hypotesou *změna materiálu*, původně isotropického na aeotropický — „Eine ganz natürliche Hypothese in diesem Falle wird darin bestehen, dass man annimmt, im magnetischen Felde werden die isotropen Metalle äolotrop“ <sup>4)</sup>. Goldhammer *rozeznává* zjev Hallův a pouhou změnu odporovou, což vysvětluje jasně na př. ze slov:

„Durch das Hallsche Phänomen selbst wird also der Plattenwiderstand gar nicht geändert . . .“ a dále

<sup>1)</sup> Věstník IV. sjezdu českých přírodopytců a lékařů 1908, pg. 455.

<sup>2)</sup> *D. Goldhammer*, Wied. Ann. d. Phys. *31*. 370. 1887.

<sup>3)</sup> *P. Drude*, Ann. d. Phys. *1*. 566. 1900; *ibid.* *3*. 369. 1900.

<sup>4)</sup> l. c. pg. 374.

„Da aber das Hallsche Phänomen und die Widerstandsänderung durch eine und dieselbe Ursache hervorgerufen zu werden scheinen, ...“

Vedle toho zdá se mi změna odporu rtuti v magnetickém poli velmi pochybnou. Změna tato dosud pozorována nebyla. *Felix* popisoval tuto změnu při své přednášce jako náhlé stoupnutí úchytky, původně malé a dané potenciálním rozdílem, připadajícím mezi dva kontakty ponořené do vrstvy rtuti 0·3 až 0·5 mm silné. Při přednášce své se vyjádřil, že úchytky původně malá stoupla o mnoho dílců — z čehož by následovalo, že polem magnetickým nastane ve rtuti změna *mnohonásobná*. Veškerý odpor vrstvy rtuťové odhaduji okrouhle na 0·002  $\Omega$ , naproti tomu odpor měřícího galvanometru byl jistě alespoň několik jednotek, tak že i z toho by následovala možnost pozorování změny odporové jen při změně mnohonásobné. Ostatně kdo jen zahlédl preparáty Felixovy, sklíčka ovázaná kaučukovými proužky a volné kontakty přívodních drátů, ten jistě nenabyl důvěry k podivuhodnému výsledku pozorování. Jednalo-li se o změnu odporu rtuti v magnetickém poli jako o rozhodující otázku, pak nebyla metoda Hallova vhodná a mělo být užito metody spolehlivější. Pochybnosti moje o správnosti pokusů Felixových sesíleny byly demonstrací *kompenzační metody*, kterou měl být měřen zjev Hallův v jiných případech. Metoda kompenzační, při níž se na zvolených kontaktech kompenzuje tam se vyskytující potenciální difference *zvláštním proudem*, není nová. *Auerbach* <sup>5)</sup> praví o těchto metodách: „Ferner hat man verschiedene Kompensationsverfahren angewandt, über deren Zulässigkeit sich eine Diskussion entsponnen hat.“

I když by proti metodě nebylo námitek po stránce theoretické <sup>6)</sup>, nelze v *provedení* metody kompenzační, jak bylo při přednášce demonstrováno, nevidět některá základní nedopatření. Především *nebyl* preparát zmíněný opatřen *kontakty pevnými* (spájením), ale pouze drátky k vrstvě zkoušené *přitlačenými*.

<sup>5)</sup> *F. Auerbach*, v V. díle Winkelmannova Handbuch der Physik 453. 1905.

<sup>6)</sup> Kompensací zdeformují se původní proudová vlákna a to tak složitě, že nelze pak vliv pole magnetického představit si ve všech částech destičky shodným.

Že se odpor takovýchto kontaktů velmi snadno změní, je všeobecně známo, mimo to měněn byl směr pole komutací proudu, při čemž vždy silná jiskra indukční se ukázala. Kontakt takový chová se v tomto případě jako *koherer* i nelze nikterak jeho odpor za stálý považovati. Další výtka týká se *úpravy pole magnetického*. Póly elektromagnetu byly opatřeny konickými nástavky a preparát nebyl *nikterak* v poli *homogenním*. Úprava kompensace a měření nesnesla by i nejmírnější, povrchní kritiky. Kompensující rheostaty, které nutno rychle ovládati, byly umístěny několik metrů od sebe a pozorovatel s nimi manipulující *neviděl*, co se děje na škále galvanometru.

Všechny tyto okolnosti podepřely výše zmíněnou nedůvěru k objevům Felixovým, která se zvláště zvýšila, když přednášející zmínil se o *methodě Koláčkové*<sup>7)</sup> jako méně vhodné nejen po stránce měření, ale i po stránce theoretické.

Poněvadž jsem sám tuto metodu se svým adjunktem p. Dr. B. Macků r. 1905 (v listopadu) zkoušel a jak její praktičnost, tak i správnost potvrdil, ohradil jsem se proti onomu výroku přednášejícího již na sjezdu. Chci v dalším ukázati, kterak onen výrok postrádá skutečně jakéhokoliv základu.

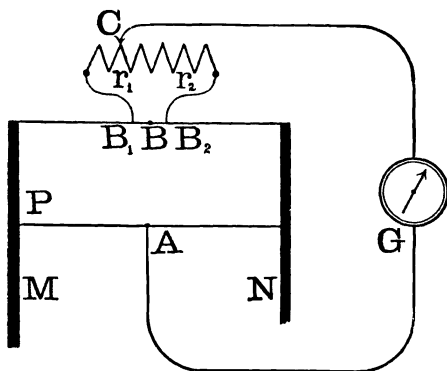
*Methoda Koláčková* odstraňuje při měření Hallova zjevu nesnáz, která vzniká hledáním místa stejného potenciálu na hraně preparátu vzhledem k bodu na protější hraně pevně zvolenému. Koláček hledá toto místo na *zvláštní* větvi, kterou ke zmíněné hraně preparátu připojuje tak, jak je to naznačeno v obr. 1.

Na preparátu  $P$ , k jehož dvěma rovnoběžným hranám připájeny jsou silné vodivé dráty  $MN$ , jsou tři pevné kontakty  $A$ ,  $B_1$  a  $B_2$ . Kontakt  $A$  jest uprostřed hrany destičky kolmé k vodičům primárního proudu, protilehlé kontakty  $B_1$  a  $B_2$  jsou blízko středu hrany rovnoběžné a to tak voleny, aby mezi nimi nalézal se bod  $B$ , jenž má též potenciál jako bod  $A$ . Tento bod  $B$  nahrazuje se ve větvi  $B_1CB_2$  bodem  $C$  vhodnou úpravou odporů  $r_1$  a  $r_2$ . Odporů  $r_1$  a  $r_2$  jsou proti odporu destičky značné, tak že připojením větve  $B_1CB_2$  nenastane v destičce

<sup>7)</sup> Dr. Fr. Koláček, *Elektrina a magnetismus*, Sborník J. Č. M. IX. 246. 1904.

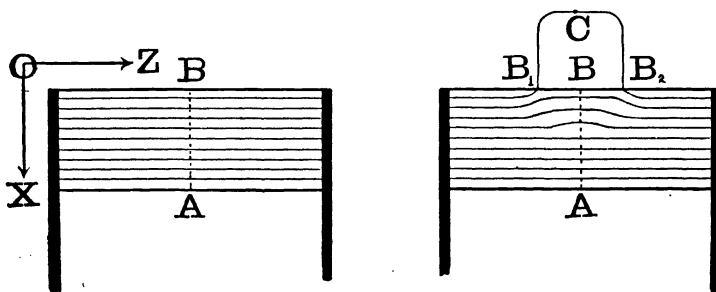
než nepatrná změna v poměrech proudových, jak to přehnaně naznačuje obr. 2.

Deformace křivek proudových vztahuje se jen k nejbližšímu okolí bodu  $B_1$  a  $B_2$  a poloha bodu  $B$  se tím nikterak nezmění.



Obr. 1.

Je-li destička v poli magnetickém, jehož siločivky stojí kolmo k rovině destičky, změní se průběh proudových křivek,



Obr. 2.

tak že se přímka  $\overline{AB}$  stočí. Složky elektrické síly ve směrech  $X$  a  $Z$  jsou dle Kolářka<sup>8)</sup>

$$\begin{aligned} X &= K_{11}u + (K_{13} - q')w, \\ Z &= (K_{13} + q')u + K_{33}w, \end{aligned}$$

<sup>8)</sup> l. c. pg. 244.

kde  $u$  a  $w$  značí hustoty proudové a  $K_{11}$  atd. koeficienty vodi-  
vostí v patričných směrech. Koeficient  $q'$  vyznačuje Hallův  
efekt.

Předpokládáme-li proud Hallův slabý proti proudu primár-  
nímu, redukuje se hořejší výraz na

$$X = (K_{13} - q') w,$$

tak že elektromotorická síla Hallova zjevu  $e$  jest určena výrazem

$$e = X \cdot \overline{AB} = (K_{13} - q') w \cdot \overline{AB} = (K_{13} - q') \frac{J}{\delta},$$

při čemž  $J$  značí intensitu primárního proudu a  $\delta$  průřez  
destičky.

Pokusy skutečně byla potvrzena úměrnost elektromotorické  
síly Hallova zjevu s intenzitou primárního proudu a nepřímá  
úměrnost s tloušťkou destičky.

Byla-li deska isotropickou, pak jest  $K_{13} = 0$ <sup>9)</sup> a výraz  
pro Hallův efekt redukuje se na

$$e = -q' \frac{J}{\delta},$$

kde koeficient  $q'$  záleží na intenzitě magnetického pole.

Při galvanometrickém měření určí se místo  $e$  intenzita  
proudu  $i$ , která jest

$$i = \frac{e}{g + \varrho + v + d},$$

kde  $g$ ,  $\varrho$ ,  $v$ ,  $d$  jsou odpory galvanometru, větví  $\overline{B_1C}$  a  
 $\overline{B_2C}$  vedle sebe, odpor vedení a odpor v destičce mezi  $A$  a  $B$ .  
Z těchto odporů lze odpor  $v$  a  $d$  vypustiti, odpor  $\varrho$  jest pak  
určen

$$\varrho = \frac{r_1 r_2}{r_1 + r_2}.$$

Změří-li se tloušťka destičky  $\delta$  a intenzita magnetického  
pole  $M$ , lze ze změřených veličin počítati velikost *rotačního*  
*koeficientu*  $R$  dle vztahu

$$R = \frac{i(g + \varrho)\delta}{2MJ}.$$

Pro orientaci o zjevu Hallově, nebo k objektivní demonstraci  
tohoto úkazu hodí se dobře jako materiál *vismut*. Tenké des-

<sup>9)</sup> Koláček l. c. pg. 245.

tičky z tohoto kovu připraví se litím roztopeného vismutu na vyhrátou desku šamotovou nebo i sádrovou, příslušně vyhloubenou neb kovovým rámečkem opatřenou, na kterou, dříve než vylitý vismut vychladne, přitiskneme desku skleněnou. Ulitá destička nebývá zcela homogenní, ale lze z ní snadno potřebný kousek vybrati. Přitavení postranních kontaktů a drátků na hranu destičky nečiní obtíží, není k tomu potřebí cizího kovu (pájky), vismut se spájí s mědí zcela dobře.

Jako *příklad* uvedena tu buďtež měření zjevu Hallova *methodou Koláčkovou* na třech vismutových preparátech různé jakosti. K měření užito *D'Arsonvalova galvanometru*, jehož konstanta a balistická konstanta (pro určitý odpor v kruhu) předem byly určeny. Intensita primárního proudu měřena Siemensovým miliampèremetrem, intensita pole měřena balisticky cívečkou známých rozměrů. Výsledky pozorování sestaveny jsou v následující tabulce :

Preparát	Odpory v $\Omega$			Intensita proudu $J$ v ampère	Intensita pole $M$ v gauss.	Hallův zjev	
	$r_1$	$r_2$	$\varrho$			$\epsilon$ v millivolt	$R$ v absol. j.
Bi I tloušťka destičky = 0·067 cm	100	107	51	0·147	5800	0·0198	0·774
				0·295	5820	0·0392	0·764
				0·295	5320	0·0357	0·762
				0·295	4900	0·0334	0·774
				0·581	5320	0·0710	0·760
			0·581	5820	0·0756	0·746	
Bi II tloušťka destičky = 0·071 cm	100	70	41	+ 0·760	— 5680	0·328	2·70
				+ 0·760	+ 5650	0·343	2·84
				— 0·760	+ 5640	0·335	2·77
				— 0·760	— 5620	0·337	2·80
Bi III tloušťka destičky = 0·047 cm	100	60	37	+ 0·596	— 5730	0·287	1·97
				+ 0·596	+ 5730	0·296	2·03
				— 0·596	+ 5710	0·286	1·96
				— 0·596	— 5710	0·301	2·02

Preparáty Bi I, II, III, ulity byly z obyčejného prodejného vismutu různého původu, preparát I byl spájen s měděnými dráty přívodnými *cinem* (podobně i kontakty tenkých drátů byly tak připojeny), ostatní dva preparáty spájeny vismutem z destičky. Touto okolností — poněvadž rotační koeficient jest na čistotě kovu velmi závislý -- vysvětluje se nízká hodnota  $R$  pro Bi I jakož i několikrát menší hodnoty  $R$  pro Bi II a Bi III proti hodnotě této veličiny při *čistém* vismutu. Udává na př. *Hall* pro Bi číslo — 8·58, *Ettingshausen* a *Nernst* číslo — 10·1. (Na znamení  $R$  není v hořejší tabulce vzat zřetel.)

Měření u prvního preparátu ukazuje dostatečně úměrnost elektrom. síly zjevu Hallova s intenzitou proudu. Pro totéž pole ( $M=5820$ ) vychází  $e$  přepočítané na 1 ampère ve třech případech : 0·135, 0·133, 0·130. Úměrnost elektrom. síly zjevu Hallova a intenzity pole magnetického vysvítá z posledního sloupce měření Bi I.

V ostatních dvou případech měřen efekt Hallův při *stálé* *intensitě primárního proudu* jakož i při *stálém poli*, za to však měněno *znamení* jak pole tak i proudu. Poněkud rozdílné hodnoty, které tu pro elektrom. sílu  $e$  vycházejí, lze uspokojivě vyložit jednak asymetrií v preparátu, jednak i thermoelektromotorickou silou, která tu při ohřátí preparátu proudem primárním se vyskytne.

Podrobné experimentální vyzkoušení metody Koláčkovy, kterým se právě v laboratoři se svým adjunktem p. Drem. *B. Macků* zabývám, a které ukázalo, že tato metoda, omezí-li se kontakty pomocné na místo *blízko B* ležící (viz obr. 2.)<sup>10)</sup> dává výsledky docela přesné, bude uveřejněno v době nejbližší.

Konečně připojuji kritickou poznámku, týkající se metody elektrometrické, kterou přednášející sice navrhl, ale neprovedl „poněvadž se dosud nepodařilo odstraniti některé experimentální rozdíly“<sup>11)</sup>. Metoda měla záležeti v tom, aby se potenciální diferencí Hallova efektu nabíjel kondensátor, který by se dále vybíjel galvanometrem. Metoda tato při bližší úvaze je nemožnou, jak stručně chci tu dokázati.

<sup>10)</sup> Koláček l. c. pg. 246.

<sup>11)</sup> Věstník l. c.



Je-li  $S$  redukční faktor galvanometru a  $B$  jeho konstanta balistická, jest <sup>12)</sup>

$$B = S \frac{T}{\pi},$$

kde  $T$  značí dobu kyvu galvanometru. Měříme-li tímto galvanometrem elektromotorickou sílu  $e$  zdroje, jehož odpor je malý proti odporu galvanometru  $r$ , jest

$$\frac{e}{r} = Sn_1,$$

kde  $n_1$  značí statickou úchylku galvanometru způsobenou potenciální diferencí  $e$ . Touto diferencí budiž dále nabit kondensátor kapacity  $C$ , jenž se vybije galvanometrem, způsobiv úchylku  $n_2$ .

Nehledíme-li k útlumu, jest

$$Ce = Bn_2 = S \frac{T}{\pi} n_2.$$

Má-li tato balistická metoda býti alespoň tak citlivá, nebo citlivější, než metoda statická, plyne z toho podmínka

$$C \geq \frac{T}{\pi} \cdot \frac{1}{R}.$$

Pro případ  $T = \pi$  a vnitřní odpor galvanometru  $R = 1000 \Omega$  (jak tomu u balistických galvanometrů bývá), bylo by potřebí ohromného kondensátoru o kapacitě

$$C \geq 1000 \text{ Mikrofarad.}$$

Nehledě k obtížnému zjednání tak veliké kapacity, byla by tu ještě jedna nesnáz. Odpor izolace musil by býti proti odporu galvanometru značně velikým. Kapacitu  $C$  složenou z listů celkové plochy  $P$ , izolovaných ústředím o dielektrické konstantě  $K$ , při tloušťce izolace  $\delta$ , lze vyjádřiti vzorcem

$$C = \frac{KP}{4\pi\delta} \cdot \frac{1}{9} 10^{-11} \text{ Farad.}$$

Odpor dielektrika jest

$$e = \frac{1}{v} \frac{\delta}{P},$$

při čemž  $v$  značí spec. vodivost dielektrika.

Má-li býti  
jest nutno, aby

$$\rho > R,$$

$$v < \frac{K}{4\pi CR \cdot 9 \cdot 10^{11}}.$$

Dosadíme-li do tohoto výsledku hořejší vztah

$$CR = \frac{T}{\pi},$$

vychází pro stejnou citlivost obou method

$$v < \frac{K}{T} \frac{1}{36 \cdot 10^{11}},$$

čili

$$v < \frac{K}{T} 2 \cdot 8 \cdot 10^{-13}.$$

Znamení  $<$  značí, že vodivost  $v$  má býti alespoň 1000kráté menší nežli vyraz na druhé straně, aby chyba v methodě nebyla větší 0·1%, jest tedy další podmínkou

$$v \leq \frac{K}{T} 2 \cdot 8 \cdot 10^{-16},$$

jež *nemusí býti ani při nejlepším druhu slídy splněna!*

Z této úvahy vychází zřejmě nevhodnost navrhované metody, jejíž experimentální provedení naráží na překážky nepřekonatelné.

## Poznámka o novém přístroji k demonstraci stálosti polohy.

Sděluje prof. Stanislav Petíra.

Partie fysikální, jednající o stálosti polohy, bývá v učebnicích probírána obyčejně na podkladě jaksí zkušenostním a osvětlována příslušnými výkresy, méně však demonstrována, abychom řekli, experimentálně a názorně. Zejména věta, že

<sup>12)</sup> *J. Kohlrausch, »Lehrbuch der prakt. Physik« X. 480.*