

Josef Zahradníček

Nová metoda pro měření Peltierova tepla

Časopis pro pěstování matematiky a fysiky, Vol. 62 (1933), No. 4-5, 188--192

Persistent URL: <http://dml.cz/dmlcz/123901>

## Terms of use:

© Union of Czech Mathematicians and Physicists, 1933

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>

## Nová metoda pro měření Peltierova tepla.

Josef Zahradníček.

(Došlo 24. září 1932.)

U. Ph. Lely<sup>1)</sup> uvádí pro demonstraci Peltierova efektu jednoduché uspořádání pokusné, a to v té úpravě, že dvojice spájených kovů  $M-N$  následují několikrát za sebou na př. měď-konstantán-měď-konstantán-měď . . . konstantán-měď. Elektrickým proudem intenzity  $i$  zavedeným do kruhu této soustavy vodičů vzniká jednak teplo Jouleovo  $\Sigma ri^2$ , jednak teplo Peltierovo  $\pm \Sigma Iit$ . Jouleovo teplo je souměrně rozděleno kol středu soustavy vodičů a nemůže tedy vzniknouti elektromotorická síla v důsledku zahřátí Jouleovým teplem. V důsledku Peltierova tepla vzniká na rozhraních látek  $M, N$  oteplení resp. ochlazení vůči místům okolním a po přerušení elektrického proudu objeví se na koncích soustavy vodičů elmsíla, jež se dá změřiti vhodným galvanometrem.

Je-li při soustavě vodičů postaráno o izolaci tepelnou, dá se snadno pro teplo Peltierovo prokázati vztah

$$Q_P = kIit,$$

t. j. úměrnost s první mocninou intenzity proudu a času. Neměří se tu však teplo Peltierovo přímo, kalorimetricky, nýbrž nepřímou pomocí elmsíly, vznikající v důsledku oteplení Peltierovým teplem. Při  $k$  dvojicích  $M-N$  platí

$$Q_P = Ck\Delta T, \quad e = ke_0\Delta T = rG\Delta n,$$

kde  $G$  je citlivost galvanometru,  $r$  celkový odpor v kruhu,  $\Delta n$  výchylka galvanometru a  $\Delta T$  rozdíl teplot na sousedních spájených místech. K měření Peltierova koeficientu se ovšem tato metoda v uvedené úpravě nehodí.

Uvedu zde přímou multiplikační metodu pro měření Peltierova tepla, a to v uspořádání následujícím<sup>2)</sup>: Ve dvou Dewarových nádobách jako kalorimetrech je řada za sebou spojených  $k$  dvojic spájených kovů  $M-N-M$  na př. měď-konstantán-měď. Každá dvojice jest opatřena dvěma svorkami — zdířky — a konec jedné dvojice v kalorimetru druhém je spojen se začátkem následující

<sup>1)</sup> Physica 11, 83, 1931; Zeitschrift für Physik 70, 562, 1931.

<sup>2)</sup> Podotýkám, že multiplikační metodu pro měření zjevu Peltierova uvádí také Barker (Phys. Rev. 31, 321, 1910 a 34, 224, 1912); zde bylo ale teplo Peltierovo kompensováno Jouleovým, a to v té formě, že spájená místa, teplem Peltierovým ochlazovaná, byla uváděna elektrickým topením na teplotu míst teplejších.

dvojice v kalorimetru prvním atd. Měření Peltierova tepla je v tomto případě obdobné jako při jediné dvojici, vyvinuté teplo Peltierovo je tu však  $k$ -násobné a tím se dá zvýšiti přesnost měření; podmínkou ovšem tu je, jako při metodě jednoduché, aby úprava obou kalorimetrů byla pokud možno shodná a aby Jouleovo teplo bylo poměrně malé.

Vedle spájených míst vodičů jsou v kalorimetrech umístěny též dva termoelementy diferenciálně spojené, jakož i odporové spirály na určení vodních hodnot  $M_1$ ,  $M_2$  obou kalorimetrů. Soustava vodičů je držena jednak na kotoučcích dřevěných, vyvařených v parafinu — víka nádobek —, jednak deštičkami, ke kotoučkům kolmo připevněnými, rozměru  $6,5 \text{ cm} \times 3 \text{ cm} \times 0,2 \text{ cm}$ . Na těchto deštičkách jsou též navinuty odporové spirály drátu manganového hedvábím izolovaného průměru  $0,25 \text{ mm}$  po 80 závitěch. Náplň kalorimetrů je na př. petrolej.

Prochází-li svrchní soustavou vodičů proud intenzity  $i$  po dobu  $t$  sekund, je vyvinuté teplo Jouleovo v jednom resp. ve druhém kalorimetru  $Q_1$ ,  $Q_2$  a teplo Peltierovo  $P$  a  $-P$ . Změna teploty v prvním resp. ve druhém kalorimetru jest

$$\Delta T_1 = \frac{Q_1 + P}{M_1}, \quad \Delta T_2 = \frac{Q_2 - P}{M_2}$$

a rozdíl teplot termoelementy naměřeny jest

$$\Delta T = \Delta T_1 - \Delta T_2 = \frac{Q_1 + P}{M_1} - \frac{Q_2 - P}{M_2}$$

Prochází-li za těchto podmínek kalorimetru proud  $i$  směru opačného, je Jouleovo teplo stejné, Peltierovo teplo změni znamení a jest obdobně

$$\Delta T' = \Delta T_2 - \Delta T_1 = \frac{Q_2 + P}{M_2} - \frac{Q_1 - P}{M_1}$$

odtud plyne

$$\Delta T + \Delta T' = 2 \left( \frac{1}{M_1} + \frac{1}{M_2} \right) P, \quad P = kIit,$$

z čehož možno určití hodnotu Peltierova koeficientu  $\Pi$ .

Touto cestou možno provésti měření Peltierova tepla různých dvojic vodičů  $M-N$  za teploty nastavené termostatem. Měření jsou poměrně jednoduchá a z toho důvodu, že hodnota veličiny měřené je  $k$ -násobná, vystačíme s galvanometrem obvyklé citlivosti ( $G = 10^{-8}$  amp/mm).

V našem případě obsahuje každá z obou válcových nádob Dewarových vnitřního průměru  $4,5 \text{ cm}$  a výšky  $10 \text{ cm}$  pět párů termoelementů měď-konstantán-měď o průměru drátů  $1 \text{ mm}$ . Obsah každého z kalorimetrů byl  $110 \text{ cm}^3$  petroleje. Pokusy

a měření možno již provést při proudové intenzitě 0,2 ampéru, galvanometr měl citlivost  $G = 5 \cdot 10^{-9}$  amp/mm při vnitřním odporu 5 ohmů.

Nebudu zde podrobně uvádět měření, jež jsou v dobrém souhlasu s měřeními jiných autorů; podávám tu jen následující tabulku:

Tabulka 1.

Peltierův koeficient kombinace měď-konstantán.

teplota °C	$\Pi \cdot 10^3$ cal/coul	autor
15,5	2,436	Beck (1910)
20	3,00	Borelius-Lindh (1917)
20	2,45	Zahradníček (1932)

Uvedená metoda hodí se též dobře jako experiment přednáškový. Ve spojení s komutátorem rtuťovým dá se ovšem jako u Lelyho předešlý pokus upravit také tak, aby v jedné fázi pokusu procházel řadou vodičů proud intenzity  $i$  po  $t$  sekund, potom se spojení kruhu se zdrojem proudu přeruší a řada vodičů se připne na galvanometr. Peltierovým teplem vzniknou na spojených místech řady vodičů rozdíly teplot — řada za sebou spojených termoelementů. V prvním přiblížení jest

$$Q_1 = Q_2, \quad M_1 = M_2$$

a tedy

$$\Delta T = 2 \frac{P}{M}, \quad P = k \Pi i t.$$

Proti obvyklému pokusu s jediným termočlánkem — na př. s křížem Klemenčičovým — má tento pokus tu přednost, že termo-síla je  $k$ -násobná.

Popsaná metoda hodí se také zvláště v tom případě, kdy Peltierovo teplo je malé a z toho důvodu jeho měření obtížné. Dá se jí s výhodou použít tehdy, kdy skok ve struktuře vodiče je způsoben jinak než chemickou růzností molekul, t. j. kdy skok ve struktuře téže látky vzniká působením silového pole na př. magnetického.

Látka v magnetickém poli je jinou, než vně magnetického pole a prochází-li elektrický proud rozhraním těchto látek

$$(\bar{X}_{H=0}) \dots \dots \dots (\bar{X}_{H>0}) \dots \dots \dots (\bar{X}_{H=0}),$$

pak musí se objevit v rozhraních Peltierovo teplo jednak kladné — vývin — jedna záporné — spotřeba tepla — a v důsledku toho rozdíl teplot na rozhraních obou látek. Jde tu o tak zvaný longitudinalní galvanomagnetický efekt teplotní. Efekt tento byl obvyklou cestou pozorován jen u vizmutu,<sup>3)</sup> dá se však popsanou

<sup>3)</sup> W. Nernst, *Anualen der Physik* 31, 760, 1887.

metodou multiplikační měřiti, nebo aspoň demonstrovati též u látek jiných na př. feromagnetických.

Úprava pokusu byla v našem případě následující<sup>4)</sup>: Na obvodě obdélníkového rámu 20 cm × 10 cm × 0,8 cm mezi dvěma izolantními deskami 30 cm × 18 cm byla navinuta cívka drátu železného izolovaného<sup>5)</sup> 1 mm v průměru o 55 závitů. Svorky jsou umístěny těsně vedle sebe, aby teplota spojů železo-měď byla pokud možno stejná; případná termosíla, vyskytující se snad ještě před vzbuzením magnetického pole, může být známým způsobem vykompensována. Cívka jest umístěna mezi plochými nástavky elektromagnetu o 8 cm v průměru a 1,6 cm vzdálenosti, takže závity cívky probíhají částečně magnetickým polem ve směru průměru nástavků.

Pokud není magnetické pole vzbuzeno, působí elektrický proud cívkou procházející souměrné rozdělené Jouleovo teplo ve vodiči, látka vodiče má v celé své délce jednotnou strukturu a nemůže tedy v cívce vznikat ani teplo Peltierovo, ani termoelektrická síla. Když však vzbudíme magnetické pole, tu vznikne na hranicích silového pole skok ve struktuře látky. Jsou tu vlastně látky dvě, a to  $(\text{Fe})_{H=0}$  a  $(\text{Fe})_{H>0}$  v řadě za sebou a v důsledku toho vzniká na rozhraních těchto látek

$$(\text{Fe})_{H=0} \dots (\text{Fe})_{H>0} \dots (\text{Fe})_{H=0}$$

Peltierovo teplo. Po přerušení proudu a po zařazení galvanometru — magnetické pole stále trvá! — projeví se těchto  $k$  vodičů v magnetickém poli jako řada termoelementů s teploturní diferencí, jež závisí na velikosti tepla Peltierova  $k\Pi_{it}$  a na tepelné kapacitě vodiče.

Z předběžných měření je patrna závislost efektu na intenzitě elektrického proudu a na intenzitě magnetického pole  $H^2$ . Podrobná měření tohoto efektu naznačenou metodou multiplikační budou podána v práci jiné.

#### Souhrn.

Podána jest multiplikační metoda pro měření Peltierova efektu, jež pro řadu  $k$  dvojic vodičů  $M-N$  dává  $k$ -násobnou hodnotu koeficientu Peltierova. Pokusné uspořádání osvědčuje se jak při přímém měření kalorimetrickém, tak při demonstraci zjevu pomocí termoproudu, způsobeného teplem Peltierovým. Metoda tato hodí se zvláště při měření malých termosil Peltierových, jaké na př.

<sup>4)</sup> Podobné úpravy pokusné užil autor při měření longitudinálního termomagnetického efektu potenciálového. Viz Spisy přírod. fakulty Masarykovy university č. 95, Brno 1928.

<sup>5)</sup> Drát takový možno odebrati v květinářských závodech.

vznikají při longitudinálním galvanomagnetickém efektu temperaturním u látek feromagnetických; hodí se u těch vodičů, jež se dají upravit ve formě drátu.

*Fyzikální ústav Masarykovy university.*

\*

### Une méthode nouvelle pour mesurer l'effet Peltier.

(Extrait de l'article précédent.)

L'auteur donne une méthode multiplicative pour mesurer l'effet Peltier laquelle fournit, pour une série de  $k$  couples de conducteurs  $M-N$ , la valeur  $k$ -uple du coefficient de Peltier. Le dispositif expérimental fait sa preuve aussi bien dans la mesure calorimétrique directe, que dans la démonstration du phénomène produit par la chaleur Peltier, à l'aide d'un courant thermique. Cette méthode se prête particulièrement pour mesurer des petites forces thermiques de Peltier, telles, p. ex. qui prennent naissance dans l'effet longitudinal galvanométrique de température dans les corps ferromagnétiques; elle s'applique aux conducteurs susceptibles de prendre la forme de fils.

---