

Časopis pro pěstování matematiky a fysiky

Bohumil Kučera

Poznámka k povrchovému napětí

Časopis pro pěstování matematiky a fysiky, Vol. 41 (1912), No. 3-4, 403--407

Persistent URL: <http://dml.cz/dmlcz/122941>

Terms of use:

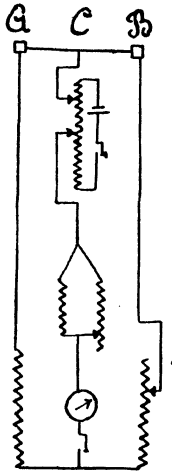
© Union of Czech Mathematicians and Physicists, 1912

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*.

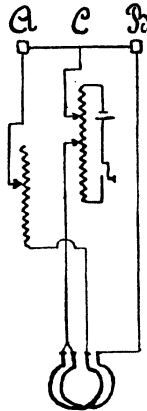


This paper has been digitized, optimized for electronic delivery and stamped with digital signature within the project *DML-CZ: The Czech Digital Mathematics Library* <http://project.dml.cz>

Na místě metody Wheatstoneova mostu můžeme k měření užít i method jiných, na př. mostu Thomsonova nebo galvanometru diferenciálního dle schemat 2. a 3., jež nepotřebují dalšího komentáře. Metoda poslední zdá se mi pro pozorování subjektivní zvláště výhodnou.



Obr. 2.



Obr. 3.

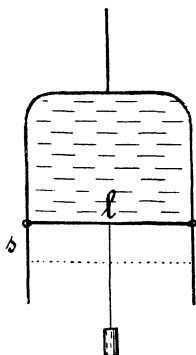
Není vyloučeno, že se mi podaří z této metody demonstrační vybudovati přesnou metodu měrnou ku stanovení Thomsonova efektu a různých vlivů na jeho velikost a vyhrazuji si referovati později o postupu a výsledcích prací za tím účelem se nesoucích.

Poznámka k povrchovému napětí.

Sděluje prof. Dr. B. Kučera.

V *Strouhal-Kučerově* Mechanice (Praha 1910), v části mnou napsané, nachází se na str. 714. a 715. následující odstavec: „Na malé vidlici z drátu zhotovené pohybuje se volně jiný drát. Pomocí štětečku můžeme v rámečku vytvořiti blánu kapalinovou z vody, glycerinu nebo mydlinové kapaliny, na př.

Terquemovy a p. Postavíme-li vidlici vertikálně, drží se pohyblivý drátek povrchovým napětím F na obou stranách blanky působícím, ba můžeme ještě závažíčko přidati, jež se tím napětím udrží. Napětí toto jest po každé straně $= F \cdot l$, tudíž celkem $2Fl$. Pošíneme-li drátek o délku s , vykonáme práci $2Fls$. Povrch blány vzrostl při tom na každé straně o ls , celkem o $2ls$. Na jednotku povrchu připadá tudíž práce $= F$. Tolik činí vzrůst energie povrchové. Znamená tudíž povrchové napětí přímo povrchovou energii jednotky plošné.“



Obr. 1.

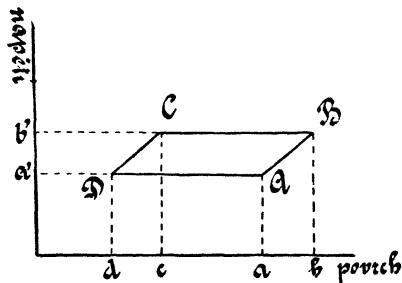
Píše tato slova, neuvážil jsem, že konkluse obsažená v posledních dvou větách je nesprávnou. Není sporu o tom, že *povrchové napětí* jest rovno, ba *dá se přímo definovati prací, již nutno vykonati, aby povrch kapaliny vzrostl o jedničku plošnou*. Avšak rozhodně *nesprávným* jest tvrzení, že *se povrchové napětí rovná povrchové energii jedničky plošné*, ač nachází se i v jiných všeobecně za dobré považovaných knihách, jako je *E. Rieckeho*: Lehrb. der Physik (IV. vyd. 1908, díl I. str. 282.) nebo *O. D. Chwolsonova*: Lehrb. der Physik (něm. překlad Pflaumův 1902, díl I. str. 561., 609.) a velmi mnohých jiných. To snad bylo také příčinou, proč chyba moje unikla kritice.

Přesná úvaha musí zníti následovně: O hoření pokusu se předpokládá, že se děje isothermicky. Při isothermickém napínání blány však nastává vyrovnávání eventuálních tepelných

změn v bláně s okolím a energie nové blány není dána pouze mechanickou prací, nýbrž nutno mít na zřeteli také energii, která do blány vniká, resp. z ní odchází ve tvaru tepla.

Znáznorňujeme-li si poměry v kapalině obvyklým obrazem molekulárním, tedy nepůsobí na molekulu uvnitř kapaliny žádná výsledná síla od sousedních molekul; všechny jejich síly přitažlivé se navzájem ruší. Na molekulu v povrchu však působí síla přitažlivá od spodní poloviny sféry molekulární atrakce, jejíž výslednice jde vertikálně dolů. Aby tudíž se molekula z vnitřka kapaliny dostala na povrch, musí se přemoci podél jisté dráhy tato síla, vykonat práci, a to, není-li vnějších sil, na útraty kinetické energie molekuly samé. A má-li střední kinetická energie všech molekul býti táž, to jest teplota kapaliny všude táž, musí se ona ztráta nahraditi teplem z vnějška dodaným. Z toho vyvozujeme, že při isothermickém zvětšení povrchu se teplo absorbuje; při adiabatickém zvětšení ovšem klesne teplota povrchu.

Můžeme pak s povrchem provéstí následující zvrtný proces cyklický, znázorněný diagrammem 2.



Obr. 2.

Vycházejíce z bodu *A* diagrammu daného povrchu a povrchového napětí F za teploty (absolutní) T , nechme povrch se zvětšiti o \overline{ab} a to: adiabaticky. Při tom klesne teplota na $T - dT$ a vzroste povrchové napětí, které, jak víme, s klesající teplotou u všech kapalin stoupá, na $F + dF$. Stav dán je bodem *B*, *AB* je za malého dT přibližně přímkou. Zmenšíme povrch za stálé teploty $T - dT$ o $dS = \overline{bc}$; při tom vydá se jím

teplo Q_2 a vykoná vnější práce $(F + dF) dS$. V grafickém znázornění je BC přímkou rovnoběžnou s osou absciss, ježto povrchové napětí na velikosti povrchu nezávisí. Potom zmenšíme adiabaticky povrch tak, až teplota stoupne na T ; v diagrammu je to trať CD . Na konec zvětšením povrchu (trať DA) za stálé teploty T uvedeme vše na stav původní, při čemž nutno vykonati práci $F \cdot dS$ a zabsorbuje se povrchem teplo Q_2 .

Jest tedy celkem práce vnější silou vykonaná $F \cdot dS$, práce systémem vykonaná $(F + dF) dS$. Vnější práce vykonaná za adiabatického zvětšení povrchu je rovna práci vykonané systémem za adiabatického zmenšení, neboť změny povrchu jsou až na členy vyšších řádů stejné a rovněž i střední povrchové napětí v obou případech totéž. Byla tedy v celém cyklu systémem celkem vykonána práce $dF \cdot dS$, v níž změněno teplo $Q_1 - Q_2$, takže $J(Q_1 - Q_2) = dF \cdot dS$, kde J je mechanický aequivalent tepla. Práce tato je rovna ploše diagrammu, neboť $bc = ad = dS$ a $a'b' = dF$. Cyklus je zvrtný a proto jeho výkonnost táž jako cyklu Carnotova, pracujícího mezi teplotami T a $T - dT$ čili

$$\frac{Q_1 - Q_2}{Q_1} = \frac{dT}{T} \text{ nebo dosazením } \frac{dF \cdot dS}{JQ_1} = \frac{dT}{T}.$$

Teplo nabrané povrchem při isothermickém zvětšení povrchu o jedničku plošnou jest tedy

$$\frac{Q_1}{dS} = \frac{1}{J} T \frac{dF}{dT}.$$

$\frac{dF}{dT}$ jest temperamentní koeficient β povrchového napětí, zavedený jakožto pozitivní učiněným předpokladem, že *klesnutí* teploty o $-dT$ odpovídá *vzrůst* povrchového napětí o $+dF$.

Dosavadní vývody můžeme shrnouti ve větu: Při zvětšení povrchu kapaliny o jedničku plošnou za absolutní teploty T vykoná se vnější silou, jež blánu napíná, práce F a současně vstoupí v ni množství tepla $\frac{1}{J} \cdot T\beta$. Jest tudíž na příklad u vody,

kde za 0° jest povrchové napětí F asi $76 \frac{dyn}{cm}$ a $\beta = 0.15$ po-

vrchová energie jedničky plošné

$$76 \frac{\text{erg}}{\text{cm}^2} + \frac{273 \cdot 0.15}{4 \cdot 2 \cdot 10^7} \text{ gramm-kalorií} = (76 + 41) \frac{\text{erg}}{\text{cm}^2},$$

tedy daleko větší než povrchové napětí. Změníme-li u $\frac{dF}{dT}$ znamení tak, aby vzrůstu T odpovídal vzrůst F , můžeme správně tvrditi, že je energický obsah plošné jedničky povrchu kapaliny roven

$$E = F - T \frac{dF}{dT}.$$

Povrchové napětí je tedy rovno *volné energii* jedničky plošné.

Príspevek ke studiu zákonitosti spekter čárových.

Podává V. Láska.

Stavbu spekter lze studovati dvojím způsobem, jednak a priori*) theoreticky a dále a posteriori empiricky. Volíme-li cestu druhou, snadnější, ale i nebezpečnější, pak úkolem jest vyhledávati zákonitosti jednotlivých spekter a studovati vztahy jich charakteristik, t. j. funkcí tyto zákony vyjadřujících.

Nehledě k theoretické důležitosti jest studium zákonitosti spekter vděčným thematem pro aplikovanou matematiku již také proto, poněvadž základy tohoto studia, t. j. čísla délek vln, patří mezi nejpřesněji známé veličiny fysikální. Vzorce, vyhovující empirii až k úrovni přesnosti získané měřením, budou tudíž ideálním příkladem aproximace.

Východiskem všech novějších empirických prací jest interpolační vzorec *Balmerův* odvozený r. 1885. Vzorec ten nazývá

*) Prvým, který se stanoviska novější theorie problém tento s úspěchem řešil, byl prof. Dr. *F. Koláček* ve svém pojednání: Ueber elektrische Oscillationen in einer leitenden und polarisationsfähigen Kugel. Ein Beitrag zur Theorie der Spektra einfachster Beschaffenheit. Wied. Annal. 58 (1896). Literaturu předmětu (až do r. 1901) podává *Kaiser* ve své příručce: Handbuch der Spektroskopie II. Band. Srovnej též pojednání p. *Nováka* v Čas. r. 35.