

# Časopis pro pěstování matematiky a fysiky

---

Antonín Svoboda

Příspěvek k metodice nauky o elektřině

Časopis pro pěstování matematiky a fysiky, Vol. 68 (1939), No. Suppl., D216--D219

Persistent URL: <http://dml.cz/dmlcz/120751>

## Terms of use:

© Union of Czech Mathematicians and Physicists, 1939

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>

lení tíže zemské. Podle zákona o zachování energie platí

$$\begin{aligned} p_1 d &= p_2 d + hsgd \\ p_1 - p_2 &= hsg. \end{aligned} \quad (1)$$

Při tom jsme nečinili předpokladů o tvaru nádoby. Úvaha by se nezměnila, kdybychom místo stěn nádoby uvažovali stěny předmětu, ponořeného do kapaliny. Vzorec (1) neplatí tedy jen pro tlak kapaliny na stěny, ale též pro tlak uvnitř kapaliny.

Důsledky:

1. Volný povrch klidné kapaliny je vodorovný. Na každý  $\text{cm}^2$  povrchu působí zvenčí stejná síla, ale zevnitř by v případě výškového rozdílu některých míst povrchu působily různé velké síly. Kapalina by v některém místě povrchu nemohla být v rovnováze.

2. Nepůsobí-li na vodorovný povrch tekutiny žádný tlak, potom působí v hloubce  $h$  pod povrchem na každý  $\text{cm}^2$  tlak  $hsg$ .

3. Vnější tlak se šíří v kapalinách všemi směry stejně, neboť rozdíl tlaků na  $1 \text{ cm}^2$  nezávisí podle (1) na vnějším tlaku.

4. Zákon spojených nádob. Důkaz jako v odst. 1.

5. Rovnice (1) zůstává v platnosti i v případě spojených nádob se dvěma nemísícími se kapalinami, ovšem jen v prostoru jedné kapaliny. V případě rovnováhy je ve výšce společného rozhraní kapalin v obou ramenech stejný tlak na  $1 \text{ cm}^2$ . Z toho vyplývá známý vzorec pro výšky nad společným rozhraním.

6. Násoskou ohnutou proudí voda z nádoby s výše položeným vodním povrchem do nádoby s níže položeným povrchem. Vysvětlíme rozdílem tlaků a soudržností vody.

Připojíme-li k právě odvozeným větám Archimedův zákon, dostaneme téměř úplný systém hydrostatiky, jak se probírá na vyšším stupni střední školy.

## **Příspěvek k metodice nauky o elektřině.**

Antonín Svoboda, Kralupy n. Vlt.

Nové názory na strukturu elektrického náboje přinesly také nové možnosti rázu metodického při výkladech mnohých partií nauky o elektřině. Různé pojmy z této oblasti, které pro svou těžkou představitelnost zůstávaly žákům prázdnými slovy, získávají na zřetelnosti, použijeme-li pro tyto výklady analogie mezi elektřinou a kapalinou. Srovnáváme buď s vodou ve stavu klidném — v elektrostatice, nebo v pohybu — pro elektrický proud. Tato myšlenka není nikterak originální a také v některých učebnicích je jí pro osvětlení různých pojmů užíváno, ale zaslouží blíže si jí všimnouti.

Ještě Poske ve své Didaktice (Didaktik des physikalischen Unterrichts) přímo varuje před těmito analogiemi. Ale dnes máme ještě pádnější důvod a to ten, že Poske v roce 1912 nebral ještě na vědomí elektronovou teorii elektřiny, která je naší hlavní oporou. Poskeho postoj vůči elektronové teorii nemusíme si proto nikterak vykládati jako zpátečnictví.

Je třeba si uvědomiti a také žákům na pravém místě objasniti podstatu elektrického náboje na základě elektronové teorie. Záporné elektrony mohou se samostatně vyskytovat i a pohybovat, byvše vyraženy ze svých drah. Kladné pozitrony jsou součástí jadra a volné neexistují.

Předvedeme-li žákům několik základních zjevů z elektrostatiky, zejména o vzájemném působení nábojů, naskytne se nám brzy příležitost k užití zmíněné analogie a poznáme hned její přednosti na pojmu potenciálu vodiče.

Voda v nádobě má vlivem své váhy tendenci vytéci směrem gravitace. Dno a stěny nádoby jí v tom brání, čímž vzniká hydrostatický tlak, působící zvláště na dno. Je tedy dno nádoby překážkou pohybu kapaliny, která je za to podrobena tlaku.

Podobně se chová náboj na povrchu vodiče. Má tendenci odtud zmizeti. Dielektrikum tvoří překážku, která onomu útěku brání a jest proto také vystaveno tlaku, zde zvanému napětí, neboli potenciálu vodiče. Je-li napětí větší nežli pevnost dielektrika, jest toto proraženo jiskrou.

Také pojmu kapacity vodiče se dostane pomocí této analogie pravého významu. Nebojme se, vypadá-li vysvětlení některých pojmů málo učeně a jednodušeji nežli v samotných učebnicích. Neboť v tom tkví právě přednost výkladu, je-li podán ve formě co nejjednodušší a tím nejprístupnější. Vzpomeňme na př. anglických a ještě více amerických odborných děl, která přes svoji jednoduchou formu nepostrádají vědeckosti.

Nechť si žák prostě uvědomí, co znamená na př. kapacita půllitrové sklenice; je to největší množství kapaliny, které se do sklenice vejde. V uvedeném případě je kapacita sklenice  $\frac{1}{2}$  litru. Podle toho kapacitu vodiče si představí žák jako největší množství náboje, které vodič na svůj povrch pojme.

Nyní můžeme snadno vyložit nepřímo závislost potenciálu na kapacitě vodiče. Dva stejně vysoké válce o různé ploše dna mají různou kapacitu. Do obou nalijeme totéž množství stejné kapaliny. Ta vytvoří ve válci o větším dně a tedy větší kapacitě nižší sloupec nežli v druhém válci. Tlaky na  $1 \text{ cm}^2$  dna nejsou stejné. V nádobě o větší kapacitě je menší a naopak. Takto dobře pochopí žák známý vztah  $V = \frac{a}{C}$ , který se dokazuje jednoduchým pokusem.

Elektroskopem, na jehož deštičku je připojen válcovitý lampion, jenž otevíráním zvětšuje povrch a tedy kapacitu, zatím co elektroskop ukazuje menší potenciál.

Také v elektrokinetice se znamenitě uplatní zmíněné analogie už s počátku, máme-li ukázati vznik elektrického proudu z rozdílu potenciálů, který podle předešlého odpovídá rozdílu tlaků na dno.

Odpovídá tedy elektrický proud proudu kapaliny, který protéká mezi dvěma nádobami s různými výškami sloupců téže kapaliny, jímž se různé tlaky vyrovnávají. Proud trvá jen potud, pokud trvá jejich rozdíl; udržuje-li se rozdíl tlaků na dno stálý, máme ustálený proud. Vysvětlíme takto význam ustáleného elektrického proudu. Rozdíl výšek, odpovídající rozdílu potenciálů koncových bodů vodiče neboli napětí proudu způsobuje podle zákona o zachování energie kinetickou energii vodního proudu, které odpovídá t. zv. elektromotorická síla proudu.

Též můžeme ukázati, proč napětí proudu klesá podél vodiče, provedeme-li nebo připomeneme-li známý pokus o hydrodynamický tlaku s manometrickými trubicemi (Weissbachův přístroj).

Proud — podle starší terminologie intenzitu proudu — můžeme porovnat s průtokem vodního toku. Přirovnáme-li 1 coulomb k 1 litru, pak odpovídá proud 1 ampéru vodnímu proudu s průtokem za 1 vteřinu právě 1 litr.

Také odpor vodiče můžeme přirovnati k vodnímu potrubí, jež působí třením o stěny a vnitřním třením vodních vrstev také „odpor“.

Vysvětlení Ohmova zákona můžeme podati takto: Odpovídá-li proud (intensita) průtoku za 1 vteřinu, potom záleží tento na výškovém rozdílu počátečního a konečného bodu (spádu). Při větším spádu (t. j. velkém napětí proudu elektrického) teče kapalina rychleji a tedy je průtok za 1 vteřinu (intensita proudu elektrického) také větší. Je tedy vysvětlena přímá závislost proudu na napětí.

Stejně lze takto ukázati jednoduchý význam Kirchhoffova zákona při rozvětvení proudu, kdy se součet proudů ve větvích rovná hlavnímu proudu. Totéž musí nastati při větvení proudu vodního, nemá-li nastati hromadění kapaliny. Množství, které odtéče větvemi, musí býti rovno množství, které přiteklo hlavním proudodem a naopak.

Podobnou analogií, zde trochu násilnou, ale zato užitečnou, lze vysvětliti řazení zdrojů elektrické energie. Zdroj elektrického proudu jest zařízení, z něhož následkem rozdílu potenciálů na pólech může „vytékat“ elektrický proud. Takový elektrický zdroj přirovnáme rovné trubici. Její konce znázorňují póly. Ten, kterým voda vytéká (ubývá), minus a naopak. Jak už bylo řečeno, rozdílu výšek (spádu) odpovídá rozdíl potenciálů, t. j. napětí, průtoku pak intenzita.

Nyní je snadná odpověď na otázku, jak spojití zdroje elektrického proudu, aby se jejich napětí sčítalo. Stejně, jako trubice, aby se sčítaly výškové rozdíly. Trubice leží jedna za druhou — tedy zapojeny jsou „za sebou“. Pro spojení paralelní — na proud — musí si žáci předem ujasnit význam toho, čeho chceme dosáhnout: Průtok určitým nívau se má sečíst. Toho u trubice, které představíme na př. jako zapojené do dna nějaké nádrže, dosáhneme, zapojíme-li je vedle sebe, t. j. spojíme začátky, kudy do nich voda vtéká (tedy +), a naopak. Tedy vysvětlení pro spojení vedle sebe. Zejména na nižším stupni je tato analogie pro svou názornost užitečná.

Také při výkladech o práci elektrického proudu můžeme analogie použít. Mechanická práce je rovna účinku síly podél dráhy ( $L = P \cdot s$ ). Padající voda koná práci, při čemž síle  $P$  odpovídá váha padající vody. Ta záleží na jejím množství. Tomu v úvaze o práci elektrického proudu odpovídá množství elektrického náboje — t. j. součin proudu a času ( $I \cdot t$ ). Dráze padající vody odpovídá podle předchozích výkladů spád, t. j. napětí proudu. Jest tedy práce vykonaná elektrickým proudem  $L = I \cdot t \cdot E$ .

Snad by se dala tímto způsobem též zpřístupnit, zejména na nižším stupni, představa střídavého proudu. Způsob, který zde podám, se mi sice nezdá nejlepší, ale snad stačí pro správnou představu. Periodické střídání napětí proudu lze znázornit proudem vody mezi dvěma spojitými nádobami se stejně vysokým sloupcem za klidu, které však pravidelným nakláněním nebo nárazy svoje výšky pravidelně mění, takže vodní proud v jejich spojení jest střídavý.

Podle známého přísloví, že účel světí prostředky, můžeme posuzovati i tento prostředek. Přes řadu vad, jež mu lze oprávněně vytknouti se stanoviska věcného, zaslouží snad povšimnutí jako prostředek vyučovací pro získání správné představy o stavu věci.