

Pokroky matematiky, fyziky a astronomie

Pavel Bartoš

O novom postupe vo vyučování náuky o elektrine na všeobecnovzdelávacích školách

Pokroky matematiky, fyziky a astronomie, Vol. 7 (1962), No. 4, 232--236

Persistent URL: <http://dml.cz/dmlcz/138589>

Terms of use:

© Jednota českých matematiků a fyziků, 1962

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>

VYUČOVÁNÍ MATEMATICE A FYZICE

O NOVOM POSTUPE VO VYUČOVANÍ NÁUKY O ELEKTRINE NA VŠEOBECNOVZDELÁVACÍCH ŠKOLÁCH

(Príspevok k diskusii)

PAVEL BARTOŠ, Bratislava

V poslednej časti článku „Zkušenosti se soustavami jednotek ve vyučovací praxi“ uverejnenom v 6. čísle tohoto časopisu v r. 1961 líči Jan TESAŘ nový postup vo vyučovaní elektriny v poslednom ročníku SVVŠ, ktorý sa začína výkladom o ustálenom jednosmernom prúde. Autor vyskúšal tento postup aj v praxi a dosiahol ním lepších výsledkov než v triede, v ktorej vyučoval tradičným spôsobom.

K tomuto predmetu môžem niečo dodať z vlastnej učiteľskej praxe, lebo približne od roku 1940 do roku 1954 vyučoval som náuku o elektrine v 8. triede gymnázia podobným postupom, ktorý však ešte nebol dôsledný a vyhraný. Začínal som tiež výkladom o ustálenom jednosmernom prúde, ale nepoužíval som jednotnú sústavu jednotiek MKSA, lež inú sústavu jednotiek v náuke o elektrine a inú v náuke o magnetizme.

Popud k novému postupu mi poskytla učebnica nemeckého fyzika POHLA, ktorá vyšla u Springera v Berlíne v tridsiatych rokoch. Postup používaný v prvých kapitolách tejto knihy som si prispôbil pre vyučovanie na strednej škole a používal som ho skoro 15 rokov, čo je dôkazom, že som si ho obľúbil a mal s ním uspokojivé vyučovacie výsledky. Toto prispôbenie záležalo hlavne v obmedzení učebnej látky podľa osnov a vtedajších učebníc. Zvlášť som obmedzil obsah kapitoly o silách v elektrickom poli, vynechal kvantitatívne vzťahy o veľkosti týchto sil (Coulombov zákon atď.) a uspokojil som sa s kvalitatívnymi predstavami vyplývajúcimi z vlastností elektrických nábojov. Pohl používa dôsledne internacionálnu sústavu MKSAV, kým ja som z metodických dôvodov používal v náuke o magnetizme absolútnu sústavu elektromagnetickú, a preto v náuke o elektrine som musel používať sústavu CGSAV, upravenú z internacionálnej MKSAV.

V tomto príspevku chcem naznačiť, ako som pri tomto postupe zaviedol základné pojmy náuky o elektrine: prúd, napätie, náboj, pole. Načrtnem charakteristiku a ukážem prednosti a nedostatky tohoto postupu.

Na začiatku sa pripomenie existencia istých zariadení, zvaných zdrojmi elektrického prúdu (suchý článok, dynamko na bicykli, zásuvka elektrickej siete). Tieto majú dve kovové súčiastky, zvané elektrické póly, na ktorých pozorujeme zvláštny stav. Keď

sa dotkne hoci ktorého pólu (napr. mestskej siete), nič necítíme, ak sa však dotkne oboch pólů súčasne, cítíme trhanie v svaloch. Tento zvláštny stav na póloch zdroja je zapríčinený tzv. elektrickým napätím medzi pólmí zdroja elektrického prúdu. (Vhodnejšiu definíciu napätia ako potenciálového rozdielu medzi dvoma miestami elektrického poľa — pólmí tu nemožno použiť, lebo o týchto pojmoch ešte nebola reč, poľažne — o potenciáli — ani nebude.)

Keď póly (napr. mestskej siete) spojíme sklenenou, drevenou, ebonitovou apod. tyčinkou, nič sa nedeje; tieto látky nazývame elektrickými izolátormi. Takou látkou je aj vzduch, ktorý póly zdroja vždy spája, a vôbec každý plyn. Ak ich však spojíme tenkým kovovým drótkom, tento výbuchom zhorí. Kovy nazývame vodičmi elektrického prúdu a opísaný prípad skratom. Ak však spojíme póly hrubšími kovovými drótmí (prívodnými vodičmi), medzi ktoré je vložené vlákno žiarovky, vlákno sa rozžeraví a žiarovka trvalo svieti. Hovoríme, že prívodnými vodičmi a vláknom žiarovky trvalo prechádza elektrický prúd.

Elektrický prúd nevnímame svojimi zmyslami a presvedčujeme sa o ňom z jeho účinkov. Z chemických účinkov sa určí polarita zdroja a smer elektrického prúdu, ďalej sa pomocou nich definuje aj veľkosť (intenzita) elektrického prúdu ako veličina priamoúmerná množstvu na katóde vylúčeného striebra z vodného roztoku AgNO_3 za 1 sekundu a jednotka (internacionálny) ampér ako intenzita prúdu, ktorým sa za 1 sekundu vylúči 0,00111800 g striebra. Naznačí sa možnosť merania intenzity elektrického prúdu pomocou coulombmetra na striebro a váh. Ďalej sa ukážu základné experimentálne fakty magnetických a tepelných účinkov elektrického prúdu a na nich založené meracie prístroje.

V tomto úvode (i v ďalších jeho častiach) sa uvádzajú iba základné experimentálne fakty za tým účelom, aby bolo možné definovať príslušnú veličinu a jej jednotku a udať princíp prístrojov na jej meranie bez konštrukčných podrobností. Bližšie podrobnosti sa preberú neskoršie, keď už všetky základné pojmy boli zavedené.

Potom sa definuje veľkosť elektrického napätia, ktoré má dvojaké účinky:

1. Statické: ak póly zdroja vodivo spojíme s dvoma vodivými doskami, ktoré sú oddelené izolátorom, tieto dosky sa navzájom priťahujú. Veľkosť elektrického napätia definujeme ako veličinu priamoúmernú druhej odmocnine tejto sily (pri určitom pokusnom zariadení — Kirchhoffových váhach) a jednotka napätia je (internacionálny) volt, čo je približne napätie medzi pólmí Westonovho galvanického článku (toto je pri 20°C presne 1,0183 voltu). Naznačí sa možnosť merania elektrického napätia na základe definície porovnaním s napätím Westonovho článku na Kirchhoffových váhach. Prístroje založené na statickom účinku elektrického napätia sú statické voltmetre (pri nich sa jeden pól zdroja pripojuje k obalu).

2. Ak póly zdroja spojíme vhodným vodičom, elektrické napätie zapríčiní, že ním prechádza elektrický prúd. I na tomto účinku sú založené meracie prístroje, zvané voltmetre.

Teraz sa zavedie pojem elektrického náboja ako častíc, ktoré sa nachodia na póloch zdroja a odtiaľ môžu byť skusnými guľôčkami prenášané na dve vodivé dosky od-

delené izolátorom (kondenzátor), medzi ktorými vzniká následkom toho elektrické napätie. Pomocou skusných guľôčok sa ukáže, že elektrické náboje majú povahu algebraických veličín: sú dvojakého druhu, súhlasné sa v svojom účinku zosilujú, nesúhlasné (nanášané na túže dosku) zoslabujú, preto sa označujú ako kladné, poľtažne záporné elektrické náboje. Miesto prenášania elektrického náboja môžeme kondenzátor nabiť aj tak, že jeho dosky spojíme vodivo s pólmi zdroja. Galvanometer pritom ukáže krátko trvajúci elektrický prúd, a preto predpokladáme, že elektrický prúd je pohyb elektrického náboja vo vodiči.

Veľkosť elektrického náboja sa určí z jeho dynamického účinku definíciou

$$Q = I \cdot t$$

a jednotkou je 1 As zvaná coulomb. Veľkosť elektrického náboja môžeme teda merať pomocou ampérmetra a stopiek. (Pozdejšie pri preberaní pojmu kapacity sa meria elektrický náboj pomocou balistickej výchylky galvanometra, prípadne na základe kondenzátorovej rovnice $Q = C \cdot U$.)

Teraz sa vyloží statický model atómu, objasní sa atómová štruktúra elektrických nábojov; elektrón a pozitron sa označia ako atómy elektrického náboja, vyloží sa pojem neutrálneho atómu, kladných a záporných jednomocných, dvojmocných atď. iónov, ich vznik, pohyb a vzájomné odpudivé sily súhlasných a príťažlivé sily nesúhlasných elektrických nábojov a ich nosičov, ako aj význam týchto síl pre vznik elektrického napätia a prúdu.

Potom sa ukáže, že pre vznik a veľkosť napätia na doskách kondenzátora nie je dôležitý len elektrický náboj na jeho doskách, ale aj priestor medzi nimi, zvaný elektrickým poľom (približovanie, vzdialovanie dosiek, vyplnenie poľa dielektrikom atď). Ukážu sa siločiarly homogénneho poľa pomocou papierových prúžkov; pomocou sond sa ukáže, že medzi dvoma bodmi elektrickej siločiarly je napätie úmerné ich vzdialenosti. Konštantu

$$E = \frac{U}{d}$$

je charakteristická pre homogénne elektrické pole a nazýva sa jeho intenzitou. Jednotkou pre jej meranie je volt/cm.

Tým je dokončený úvod k náuke o elektrine a je veľmi dôležité, aby ho žiaci dobre zvládli. Preto ho treba veľmi pečlivo podložiť pokusmi, ako to robí aj Pohl v svojej učebnici. Učebná látka sa potom doplňuje a prehľbuje v podstate tradičným spôsobom. Menovite celú náuku o magnetizme som preberal čisto tradičným spôsobom, obvyklým v starších učebniciach, vychádzajúc z Coulombovho zákona a používajúc absolútnu elektromagnetickú sústavu jednotiek, lebo sa mi zdal tento postup pre žiakov prístupnejší než používanie sústavy MKSAV, ako to robí dôsledne Pohl.

V čom som videl prednosti tohoto postupu? Vytvárajú sa tu základné pojmy, najmä pojem elektrického napätia a prúdu, hneď na začiatku úvah jasne a lapidárne. Nebľúdi sa najprv v labyrinte elektrostatiky, ktorá svojimi pojмами (napr. potenciál,

kapacita) dezorientuje a deprimuje žiakov a znechutí im náuku, ktorú ináč tak dychtivo očakávali. Tu sa hneď na začiatku ukážu s teóriou dobre zladené experimenty, zamerané na objasnenie základných pojmov. Pri dobrej vôli možno tieto pokusy vždy predviesť. Vystačil som pri nich so zásuvkou mestskej siete, s lampovým usmerňovačom značky Philips, motorgenerátorom na jednosmerný prúd 60 V/10 A (ktorý pôvodne slúžil za zdroj prúdu pre oblúkovú lampu v premietacom prístroji) a len pri demonštrácii siločiar a napätia na nich som použil indukčnú elektriku, ale iné pokusy (obligátne hračky) som s ňou nepredvádzal. Obyčajný demonštračný prístroj s pohyblivou cievkou s merným rozsahom do 0,1 mA mi stačil na ukázanie prúdov pri nabíjaní a vybíjaní kondenzátorov, ktorých kapacita bola rádu jednotiek μF , dokonca som pomocou neho aj presvedčivo ukázal správnosť kondenzátorovej rovnice $Q = C \cdot U$ a vzorcov pre kapacity kondenzátorových batérií: $C = C_1 + C_2$ pre paralelné a $1/C = 1/C_1 + 1/C_2$ pre sériové zapojenie.

Tiež je výhodné, že sa obíde bez pojmu radiálneho poľa elektrického, bez Coulombovho zákona elektrostatiky a bez pojmu potenciálu. Pohl sám len pripomína potenciál ako zbytočné pomenovanie pre napätie medzi telesom a ľubovoľným bodom jeho elektrického poľa. V praxi sa skutočne vyskytujú iba rozdiely potenciálov čiže elektrické napätia.

V úvode načrtnuté základné pojmy sa pri opísanom postupe stanú žiakom blízke, rozumejú im a rozlišujú ich a v ďalšom postupe pri prehľbovaní týchto pojmov sú schopní nové poznatky apercipovať. Učebná látka sa takto rozširuje koncentricky, buduje sa na jednoduchých začiatkoch a postupuje sa ku zložitejším faktom.

Menovite sa dobre naučia žiaci rozumieť elektrickým obvodom tak v schémach, ako aj na experimentálnom stole. Zvlášť treba oceniť, že týmto postupom vypestovaná predstava kapacity sa veľmi dobre hodí pre porozumenie náuky o elektrických osciláciách a elektromagnetických vlnách.

Za nedostatok tohoto postupu považujem strojené (z hľadiska žiakov) zavádzanie veličín, čo zvlášť bije do očí pri definícii veľkosti elektrického napätia. Žiakom bolo treba zdôrazňovať účelnosť týchto definícií, čo sa potom prejavuje v jednoduchosti vzťahov odvodených z teórie lebo vyplynutých z pokusov. Príčinou tohoto nedostatku (z hľadiska metodického) ovšem je, že sa nenadväzuje na mechanické jednotky, ale sa používa internacionálnych definícií ampéru a voltu. Tiež nie je namieste úplné vynechanie pojmu potenciálu, lebo tento pojem je i v iných odvetviach fyziky dôležitý.

Používanie sústavy CGS v náuke o magnetizme má síce na jednej strane svoje výhody, na druhej strane však nezladenosť sústavy elektrických a magnetických jednotiek zapričiňuje, že vo výrazoch pre intenzitu magnetických polí prúdovodičov sa objavujú také konštanty, ktoré sú ináč vo fyzike neobvyklé. Napr. v poli priameho prúdovodiča je v oerstedoch ($\text{g}^{1/2} \text{cm}^{-1/2} \text{s}^{-1}$)

$$H = 0,2 \frac{I}{r},$$

v strede kruhového závitu

$$H = \frac{0,2\pi I}{r}$$

a vnútri solenoidu

$$H = \frac{0,4\pi ZI}{l},$$

kde I sa meria v ampéroch a r, l v cm. Podobne pre veľkosť sily F v dynoch, ktorou je vychyľovaný priamy prúdovodič dĺžky l cm v homogénnom poli intenzity H oerstedov smeru kolmého na prúdovodič platí vzťah

$$F = 0,1 HIl$$

a pre veľkosť indukovaného napätia U vo voltoch, keď indukčný tok Φ meriame v maxwelloch ($\text{cm}^{3/2} \text{g}^{1/2} \text{s}^{-1}$), platí vzťah

$$U = -10^{-8} \frac{d\Phi}{dt}.$$

Pripomenutie žiakom, že ampér, poľažne volt sa tu nejaví „prirodzenou“ jednotkou prúdu a napätia, nezdalo sa mi nijak uspokojivé.

Na záver musím povedať, že som bol s vyučovacími výsledkami pri tomto postupe viac spokojný než pri vyučovaní podľa vtedajších učebníc, ale som túto metódu kvôli učiteľskej disciplíne prestal používať, keď sa zaviedli nové učebnice pre JSS. Moje skúsenosti môžu teraz, keď je vec aktuálna, poslúžiť tak so svojou kladnou ako aj zápornou stránkou a to ma povzbudilo k napísaniu tohoto príspevku.

Elektromotory s tlaštým vinutím

pro stejnosměrné napětí 6–150 V byly vyvinuty ve Francii. Kotva má tvar kruhové desky z plastické nebo keramické hmoty. Na obou jejích stranách jsou natištěny holé vodiče z tenkých měděných pásků radiálně umístěných a spojených na obvodu a u středu desky pokovenými otvory tak, že tvoří jakousi vlnovku (meandr). Budicí pole je tvořeno permanentními magnety a má směr rovnoběžný s osou; na druhé straně rotoru se magnetický obvod uzavírá deskou z měkkého železa. Motor nemá komutátor, kartáčky kloužou přímo po vodičích. Vyrábí se typizovaná řada 5 motorů o výkonu 4–2200 W při 3000 ot/min. Váha motorů je 0,3–25 kg, jejich vnější průměr 62–295 mm. Podobně lze zhotovit vinutí i pro motory na střídavý proud.

Ivan Soudek