

Pokroky matematiky, fyziky a astronomie

Ladislav Dunajský

Poznámky k didaktickému problému při zavádzení základních pojmů elektrodynamiky v úvodním kurzu fyziky na technické vysoké škole

Pokroky matematiky, fyziky a astronomie, Vol. 14 (1969), No. 2, 107--110

Persistent URL: <http://dml.cz/dmlcz/138786>

Terms of use:

© Jednota českých matematiků a fyziků, 1969

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>

POZNÁMKY K DIDAKTICKÉMU PROBLÉMU PRI ZAVÁDZANÍ ZÁKLADNÝCH POJMOV ELEKTRODYNAMIKY V ÚVODNOM KURZE FYZIKY NA TECHNICKEJ VYSOKEJ ŠKOLE

LADISLAV DUNAJSKÝ, Nitra

Na základe výzvy redakcie tohoto časopisu uverejnenej na konci článku M. RÁDLA [1] chcem urobiť poznámky k tejto problematike, pričom sa dotknem aj elektrických veličín, nakoľko elektrické a magnetické vektory poľa sú tesne viazané medzi sebou.

Veličiny a rovnice makroskopickej elektrodynamiky buď sa priamo (axiomatically) napíšu (pozri napr. J. A. STRATTON [2]), alebo sa odvádzajú z mikroskopických rovníc (pozri napr. V. VOTRUBA - Č. MUZIKÁŘ [3] alebo J. D. JACKSON [4]). Výuka podľa J. A. Strattona [2] sa nehodí pre terajší kurz fyziky na technickej vysokej škole. D. ILKOVIČ [5] definuje ako základné vektory poľa vektor \mathbf{E} (intenzita elektrického poľa a \mathbf{B} (magnetická indukcia). Po zavedení \mathbf{P} (dielektrickej polarizácie) na základe posunutia elektrických nábojov v atómoch a molekulách a \mathbf{M} (magnetizácie) na základe atomárnych alebo elementárnych prúdov definuje vektory \mathbf{D} (elektrická indukcia) a \mathbf{H} (intenzita magnetického poľa) v sústave SI ako

$$(1) \quad \mathbf{D} = \varepsilon_0 \mathbf{E} + \mathbf{P},$$

$$(2) \quad \mathbf{H} = \frac{1}{\mu_0} \mathbf{B} - \mathbf{M},$$

kde ε_0 , resp. μ_0 je permitivita, resp. permeabilita vákua.

Podľa mienky autora týchto riadkov je treba vopred experimentálne definovať štyri vektory elektromagnetického poľa, potom určovať vzťahy medzi nimi experimentálne a ich zovšeobecnením zapisovať fyzikálne zákony. Takýto postup volí A. I. KITAJGORODSKIJ [6] a na vyššej abstraktnej úrovni A. A. VLASOV [7], ktorý na str. 13 prichádza k záveru, že len experimentálne určenie \mathbf{D} umožňuje spojiť \mathbf{E} a \mathbf{P} v jediný vektor. Analogicky je to aj u \mathbf{B} .

Experimenty, ktorými sa určujú vektory poľa, sú jednotné len pre \mathbf{E}

$$(3) \quad \mathbf{E} = k_1 \frac{d\mathbf{F}}{dQ} \cdot ^1)$$

Vektor \mathbf{D} sa určí:

\mathbf{D} — 1° ako pomer sily a elektrického náboja, pričom elektrický sa nachádza

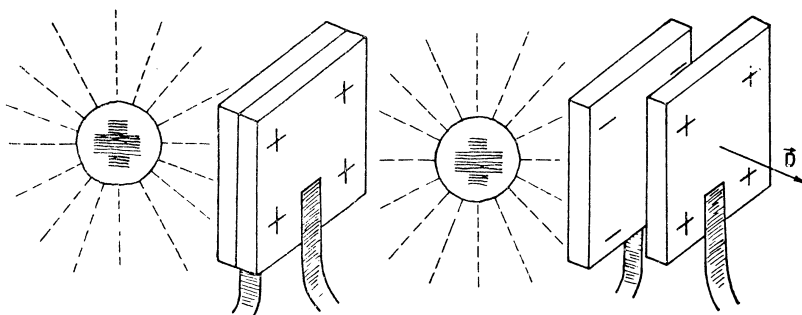
¹⁾ V tomto a ďalších vzorcoch konštanty úmernosti k závisia len od voľby sústavy jednotiek fyzikálnych veličín. Pre SI všetky k sa rovnajú jednej.

v priečnej plochej dutine. Ku vzťahu (3) sa pripojí, že meranie uskutočňujeme v pozdĺžnej štíhlej dutine. Takto zavádza \mathbf{E} a \mathbf{D} A. A. VLASOV [7] str. 11—13.

\mathbf{D} — 2* pomocou Mieho doštičiek (obr. 1), ktoré sa umiestnia tak do elektrického poľa, že indukovaný elektrický náboj Q po ich rozdelení je maximálny. V tomto prípade

$$(4) \quad D = |\mathbf{D}| = k_2 \frac{Q}{S},$$

kde S je plošný obsah doštičky a orientovaný smer vektora \mathbf{D} udáva vonkajšie normála kladnej doštičky.



Obr. 1. Mieho doštičky na určenie vektora \mathbf{D} .

Pre výuku neprichádzajú dnes do úvahy spôsoby určiť \mathbf{B} a \mathbf{H} pomocou magnetického pólu (náboja).

Vektor \mathbf{B} sa určí:

\mathbf{B} — 1* na základe momentu dvojice síl pôsobiacej na malý uzavretý obvod elektrického prúdu (napr. A. I. Kitajgorodskij [6] str. 254—256).

\mathbf{B} — 2* podľa vzťahu

$$(5) \quad \mathbf{B} = k_3 \frac{1}{Q} \frac{\mathbf{F}_m \times \mathbf{v}}{v^2},$$

kde \mathbf{v} je rýchlosť elektrického náboja, \mathbf{F}_m je experimentálne zistený vektor sily pri jej maximálnej veľkosti.

Vektor \mathbf{H} sa určí:

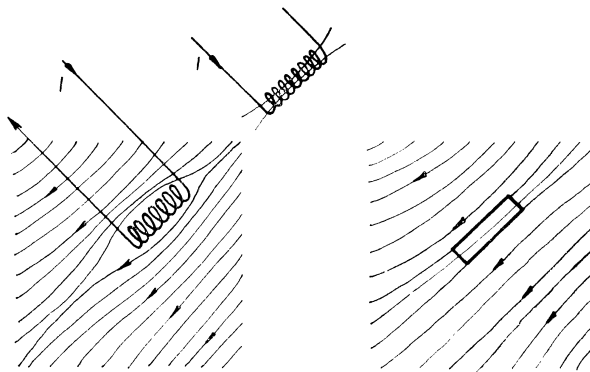
\mathbf{H} — 1* na základe momentu dvojice síl pôsobiacich na otáčavú magnetku (kniha [6] str. 264).

\mathbf{H} — 2* pomocou kompenzačného solenoidu (J. HORVÁTH [8] str. 20—21), ktorým prechádza elektrický prúd I , ktorý kompenzuje vonkajšie magnetické pole vo vnútri

solenoidu (obr. 2). V tomto prípade

$$(6) \quad H = |\mathbf{H}| = k_4 \frac{nI}{l},$$

kde n je počet závitov a l dĺžka solenoidu. Smer vektora \mathbf{H} udáva os solenoidu a orientáciu \mathbf{H} určíme podľa tohoto pravidla: ľavú ruku položíme na solenoid tak, aby jej prsty ukazovali orientovaný smer elektrického prúdu, potom odchýlený palec ľavej ruky udáva orientovaný smer vonkajšieho magnetického poľa.



Obr. 2. Kompenzačný (Rogowského) solenoid na určenie vektora \mathbf{H} .

Autor týchto riadkov pokladá za najvhodnejšie spôsoby definície vektorov poľa podľa $\mathbf{D} - 2^\circ$, $\mathbf{B} - 2^\circ$, $\mathbf{H} - 2^\circ$. Tieto definície vychádzajú z existencie elektrického náboja a na základe ním definovaného elektrického prúdu I .

Po definovaní I a vektorov elektromagnetického poľa na základe zovšeobecňovania pokusov formulujeme postupne základné zákony²⁾ elektromagnetického poľa v integrálnom tvare

$$(7) \quad \oint \mathbf{D} \cdot d\mathbf{S} = k_5 Q,$$

$$(8) \quad \oint \mathbf{B} \cdot d\mathbf{S} = 0,$$

$$(9) \quad \oint \mathbf{E} \cdot d\mathbf{s} = -k_6 \frac{\partial}{\partial t} \int \mathbf{B} \cdot d\mathbf{S},$$

²⁾ Vo fyzikálnom zákone musia byť všetky fyzikálne veličiny vopred definované. Zákon vyjadruje vzťah medzi nimi. Tým sa líši zákon od definičného vzťahu. Pri vhodnej voľbe sústavy jednotiek fyzikálnych veličín konštanty úmernosti sa rovnajú jednej, tak v definičných vzťahoch (3) – (6), ako aj v zákonoch (7) – (10). Takto postupuje práve SI.

$$(10) \quad \oint \mathbf{H} \cdot d\mathbf{s} = k_7 I + k_8 \frac{\partial}{\partial t} \int \mathbf{D} \cdot d\mathbf{S}.$$

Vztahy mezi \mathbf{D} a \mathbf{E} , \mathbf{H} a \mathbf{B} , \mathbf{J} (vektorem hustoty elektrického prúdu) a \mathbf{E} zapíšeme ako výsledok experimentov. Po makroskopickom výklade podáme mikroskopickú interpretáciu látkových konštant ε , μ a σ (konduktivita).

Literatúra

- [1] RÁDL M.: *Didaktické problémy při zavádění základních pojmů o magnetismu v úvodním kursu fyziky na vysoké škole technické a pokus o jejich řešení*. Pokroky matematiky, fyziky a astronomie 13 (1968), č. 1, str. 42–52.
- [2] STRATTON J. A.: *Electromagnetic Theory*. New York—London, Mc Graw-Hill Book Company 1941, alebo *Teorie elektromagnetického pole*. Praha, SNTL 1961.
- [3] VOTRUBA V. - MUZIKÁŘ Č.: *Teorie elektromagnetického pole*. Praha, NČSAV 1958.
- [4] JACKSON D. A.: *Classical Electrodynamics*. New York—London, J. Willey and Sons 1962, alebo *Klassičeskaja elektrodinamika*. Moskva, Mir 1965.
- [5] ILKOVIČ D.: *Fyzika*. Bratislava—Praha, SVTL—SNTL 1962.
- [6] KITAJGORODSKIJ A. I.: *Vvedenie v fiziku*. Moskva, GIFML 1959.
- [7] VLASOV A. A.: *Makroskopičeskaja elektrodinamika*. Moskva, GITTL 1955.
- [8] HORVÁTH J.: *Optika*. Budapest, Tankönyvkiadó 1966.

Stejným potrubím lze dopravit ke spotřebiteli dvaapůlkrát více přírodního plynu ve stavu zkapalněném než v plynné fázi. Tato skutečnost by mohla v budoucnosti hrát roli při projektování dálkových rozvodů.

-XO-

Při sledování signálů v pásmu 21 cm z rádiového vesmírného zdroje Taurus A bylo zjištěno, že zdrojem vysílaný kmitočet poklesl v případě, že signál prošel k pozemskému pozorovateli v těsné blízkosti Slunce. Pokus byl ověřen se stejným výsledkem po roce, kdy se zdánlivá poloha rádiového zdroje na obloze opět přiblížila ke Slunci. Vzhledem k tomu, že vznikla domněnka, že jde o vliv hmoty (v tomto případě Slunce), byl navržen a uskutečněn podobný pokus v pozemských podmínkách. Patero shodných atomových cesiových hodin po dlouhodobé kontrole jejich naprosté vzájemné stability bylo rozděleno tak, že dvoje hodiny zůstaly na původním místě a další troje byly postupně převáženy na další až 1500 km vzdálená místa, odkud byl srovnáván jejich 100 kc/s a 1 c/s signál. Ačkoliv kontrolní hodiny na obou místech nevykázaly žádné odchytky, lišily se kmitočty obou skupin hodin mezi sebou a rozdíl ve frekvenci byl úměrný mezilehlé vzdálenosti. Popsaný jev nelze zatím nijak vysvětlit, např. ani Dopplerovým jevem (vzájemná poloha zdrojů se nemění) ani rudým gravitačním posunem (všechna použitá pozemská místa byla volena na stejném gravitačním potenciálu). Přitom posun kmitočtu radarových impulsů vyslaných a odražených zpět k zemi od planet Venuše a Merkur při průchodu v těsné blízkosti Slunce v obou směrech nebyl naměřen.

-XO-