

Pokroky matematiky, fyziky a astronomie

Milan Rádl

Didaktické problémy při zavádění základních pojmů nauky o magnetismu v úvodním kursu fyziky na vysoké škole technické a pokus o jejich řešení

Pokroky matematiky, fyziky a astronomie, Vol. 13 (1968), No. 1, 42--52

Persistent URL: <http://dml.cz/dmlcz/137205>

Terms of use:

© Jednota českých matematiků a fyziků, 1968

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>

závěrům se došlo. Je-li na závěr vyslovena definice nebo věta, není nijak zdůrazněna (tiskem, výkladem, vysvětlením) a navíc i v ní samé ještě žáci doplňují některé slovo, takže se nutně jeví jako krok programu. Z výkladu získá žák určitě jisté povědomí o vykládaných pojmech, bude umět řešit jednoduché úkoly, pochybují však o tom, že by dovedl sám podat definici pojmu, vyslovit větu. Zcela určitě by nedokázal souvisle o probrané teorii hovořit.

Závěrem je tedy možno říci, že učebnice přináší řadu podnětů k modernizaci obsahu vyučování matematice; v tomto směru je cenná i jako soubor příkladů, úkolů a formulací k výkladu nových pojmů; v některých případech ukazuje i na nutnost hledat vhodnou českou terminologii. Programované zpracování učebnice vyvolává však pochyby o jeho vhodnosti pro vyučování, mělo-li by být jedinou formou práce ve vyučování matematice.

Výzkumy, prováděné v USA, v SSSR i u nás však potvrzují, že se programované učebnice osvědčují při nácviku dovedností a algoritmů, že se doba nutná k osvojení těchto činností podle programovaných učebnic zkracuje i na polovinu dosud obvyklého času. Proto by bylo účelné vyzkoušet kombinovanou formu práce, při které by na učitelův výklad navazoval nácvik žádoucích algoritmů a dovedností pomocí programovaných textů, popř. pomocí vyučovacích strojů. Formu programované učebnice by tedy neměl veškerý výklad (jako v popisované knize), ale jen nácvik těch činností a řešení problémů, u kterých je nutné vyžadovat bezpečnou znalost alespoň jednoho, předem stanoveného postupu, algoritmu. Žákům by pak ovšem musela být dána možnost, aby mohli problémy řešit i vlastními samostatnými postupy.

DIDAKTICKÉ PROBLÉMY PŘI ZAVÁDĚNÍ ZÁKLADNÍCH POJMŮ NAUKY O MAGNETISMU V ÚVODNÍM KURSU FYZIKY NA VYSOKÉ ŠKOLE TECHNICKÉ A POKUS O JEJICH ŘEŠENÍ

MILAN RÁDL, Plzeň

Úkolem tohoto referátu je připomenout stav, jaký je dnes ve výuce elektřiny a magnetismu na vysokých školách především technického směru a podnítit diskusi, v níž by bylo možno navrhnouti taková opatření a postup výuky, která by vedla k lepším výsledkům než dosud.

I když didaktických problémů je v uvedeném oboru celá řada, chtěl bych se zabývat pouze jedním a podle mého názoru základním, to jest, jak co nejjednodušeji

a nejsrozumitelněji zavést základní veličiny elektrického a magnetického pole, ukázat jejich vlastnosti, fyzikální význam a vztahy mezi nimi. Jde tedy především o zavedení veličin \mathbf{E} (intenzita el. pole), \mathbf{D} (elektrická indukce), \mathbf{B} (magnetická indukce), \mathbf{H} (intenzita magnetického pole) a s nimi souvisejících dalších veličin Ψ (elektrický indukční tok), Φ (magnetický indukční tok) atd.

Učitelé vysokých škol vědí, že právě tyto základní pojmy činí mnohým studentům značné potíže, které jsou mnohdy znásobeny nejednotností v postupu, definování, vysvětlování fyzikálního významu apod.

Snaha sjednotit názvy, označení, definice veličin a jednotek vedla u nás k vydání československé státní normy ČSN 01 1301, která platí od 1. 6. 1958. Doplněna byla normou zákonných měrových jednotek ČSN 01 1300 platnou od 1. 7. 63. Zde třeba poznamenat, že závazné pro vyučování, vydávání učebnic apod. jsou podle normy pouze názvy a označení jednotek a veličin a nikoli jejich definice. V normě je výslovně stanoveno, že uvedené tam definice nejsou částí normy a slouží toliko k doplnění a vysvětlení pojmů. Nemusíme se tedy při řešení našeho problému cítit vázání definicemi normy, zvláště tam, kde definice je nevhodná. Na tyto případy během referátu upozorním.

Přistupme tedy k vlastnímu postupu při výuce elektřiny a magnetismu v základním kursu fyziky na vysoké škole. Tento kurs bývá na technikách zařazen nejčastěji ve druhém a třetím semestru studia a je přípravou dalším náročnějším přednáškám z teoretických oborů (teoretická elektrotechnika apod.). Náš postup a vyučovací výsledky tedy musí být takové, aby na ně uvedené předměty mohly nejen navázat, ale aby mohly na dříve probrané veličiny a vztahy dát nový, hlubší pohled, aniž by přitom musely opravovat nepřesnosti či dokonce nesprávnosti úvodního kursu.

Nejprve tedy kterou kapitolou by měla nauka o elektřině a magnetismu začínat. Skutečnost, že jednotka el. náboje je definována v soustavě internacionální (SI) pomocí proudu vztahem $Q = \int I dt$ i další jiné důvody vedou k úvaze, zda by nauka o elektřině neměla vycházet z pojmu stacionární proud a jeho vlastnosti podobně, jak to uplatnil ve své knize „*Einführung in die Physik - Elektrizitätslehre*“ profesor university v Göttingen R. W. POHL. I když Pohlova učebnice je po stránce metodické vynikající, přece jen vývoj ukazuje, že pro vysokou školu dávají autoři učebnic přednost předcházení elektrostatiky před naukou o proudu. Přednosti tohoto postupu a kritické zhodnocení kladů i nedostatků obou soustav podal dr. E. KAŠPAR, profesor pražské university, na konferenci Jednoty čs. matematiků konané dne 23. a 24. října 1961 v Praze. Jeho referát je otištěn v časopise Pokroky matematiky, fyziky a astronomie roč. 1962 č. 2. I když se referát zabývá především výukou elektřiny na školách středních, platí jeho obecné závěry i pro výuku na školách vysokých. Nehodlám se zabývat v tomto referátě nadhozeným problémem, který považuji ve shodě s vývodou profesora Kašpara za vyřešený ve prospěch předcházení elektrostatiky před naukou o proudu, nýbrž navrhuji některé změny v postupu a způsobu definování veličin elektrického a magnetického pole při zachování tradičního sledu oddílů, to jest při zachování tohoto pořadí oddílů:

Elektrický náboj a jeho pole, stacionární proud, magnetické pole, střídavé proudy, elektromagnetické pole. Z časových důvodů a ve shodě s názvem referátu přistoupím ihned k zavádění veličin magnetického pole, kde problémy jsou ožehavější než u pole elektrického. Na možnost analogického postupu v obou oddílech však během referátu poukáži.

Ve starší literatuře výuka magnetismu vycházela buď z Coulombova magneto-statického zákona, nebo ze zákona Biotova-Savartova, kterým byla jakožto první magnetická veličina definována intenzita magnetického pole \mathbf{H} a pomocí ní pak veličiny ostatní.

Kromě těchto dvou postupů, dnes již nevyhovujících, máme v zásadě ještě několik možností. Např.:

1. Vycházet ze silových účinků stac. magnetického pole na el. náboj q pohybující se v poli rychlostí v a definovat jakožto první magnetickou veličinu magnetickou indukci \mathbf{B} vztahem

$$\mathbf{F} = q[\mathbf{v} \times \mathbf{B}] \quad B = \frac{F}{qv \sin \varphi}$$

a pak indukční tok

$$\Phi = \iint \mathbf{B} \cdot d\mathbf{S}.$$

2. Vycházet z jevů elektromagnetické indukce a definovat nejprve indukční tok Φ a směr toku v daném bodě pole a pak teprve indukci \mathbf{B} vztahem

$$d\Phi = \mathbf{B} \cdot d\mathbf{S} = B dS \cos \alpha \quad B = \frac{d\Phi}{dS \cos \alpha}.$$

Povšimněme si nejprve kladů a nedostatků prvního způsobu. Po stránce matematické a fyzikální přesnosti jistě nelze proti němu mít námitek. Horší je to již po stránce názornosti a vyjádření fyzikálního obsahu veličiny a rozměru jednotky, i možnosti měření veličiny a možnosti demonstrací při přednáškách. Indukce se zde předvádí pomocí síly působící na náboj jistých vlastností. Směr indukce však nesouhlasí se směrem této síly. Skutečně používaný rozměr veličiny Vs/m^2 přímo s definičním vztahem nesouvisí a pochopení veličiny neusnadňuje. Veličina $\Phi = \iint \mathbf{B} \cdot d\mathbf{S}$ pak tím více připadá studentům jako uměle vykonstruovaná, její fyzikální význam uniká, neboť pod \mathbf{B} studenti vidí stále jistou sílu a ani odvozený rozměr toku Vs nepřispěje při tomto postupu k pochopení veličiny. V rozhovorech se studenty je možno se přesvědčit, že k řádnému pochopení veličiny B , Φ , jejich rozměrů a jednotek, dochází teprve po prostudování jevů elektromagnetické indukce a indukčního zákona.

Všechny tyto nevýhody nemá způsob druhý, kde první magnetickou veličinou, kterou studentům předložíme, je magnetický indukční tok Φ . Jeho reálnou existenci lze ukázat jak celou řadu snadno proveditelných demonstrací, tak i ukázkami měření

toku. Demonstrujeme vždy současně jak jevy v magnetickém poli proudu, tak v magnetickém poli permanentního magnetu, abychom tím vyzdvihli společnou podstatu jevů.

Při definici a budování pojmu indukčního toku Φ se opřeme o nejzákladnější jevy elektromagnetické indukce. Za tím účelem je nutno ukázat pilinové obrazy toku i to, že je možno snadno dosáhnout změny toku $\Delta\Phi$ různým způsobem (přidáním dalšího magnetu, zesílením nebo zeslabením proudu apod.), a že každá takováto změna vyvolává v uzavřeném vodiči, jímž tok protéká, elektromotorickou sílu \mathcal{E} . Pokusy ukazují, že tato elektromotorická síla je přímo úměrná rychlosti změny toku, a tedy je

$$|\mathcal{E}| = k \left| \frac{d\Phi}{dt} \right|.$$

Volíme-li $k = 1$, dostáváme

$$|\mathcal{E}| = \left| \frac{d\Phi}{dt} \right|,$$

tj.

$$|\Phi - \Phi_0| = \int |\mathcal{E}| dt$$

a současně tím definujeme jednotkový tok $1 \text{ Vs} = 1 \text{ Wb}$. Je to takový tok, který protékaje uzavřeným obvodem vyindukuje v něm elektromotorickou sílu právě 1 V , klesne-li rovnoměrně během jedné sekundy k nule.

Zde bych chtěl zdůraznit, že právě takto definuje jednotkový tok 1 Wb zmíněná již čs. norma. Proč nevyužít obdobné definice i pro definici veličiny? Výhody jsou zřejmé. Ihned je jasný rozměr veličiny Φ (1 Vs) a fyzikální význam její jednotky, definice je v souladu s některými metodami měření toku (Rogowského cívka nebo malá drátěná smyčka ve spojení s balistickým galvanometrem). I když se pro definici veličiny užívá její časové změny, je možno definice použít i pro pole magnetostatická, zařídíme-li, aby na konci měření $\Phi = 0$.

Časový průběh indukované elektromotorické síly lze ukázat na osciloskopu a měřený tok je pak úměrný ploše vzniklého obrazce.

Podobným způsobem zavádí indukovaný tok ve své knize „*Elektrizitätslehre*“ R. W. Pohl, který výklad doprovází celou sérií pokusů, aby tento zvlášť důležitý pojem objasnil. Pokud ovšem používá cívek s mnoha závity, jde u něho vlastně o tok spřažený s cívkou (Spannungsstoss). Pokud bychom snad nechtěli začít rovnou vztahem pro indukovanou EMS, můžeme použít rovnocenného, experimenty podloženého vztahu

$$Q \sim \frac{\Delta\Phi}{R}.$$

Indukovaný náboj Q měřený balistickým galvanometrem závisí totiž pouze na

velikosti a poloze zkušební smyčky, tedy na jisté vlastnosti pole $\Delta\Phi$ (tok protékající smyčkou při dané poloze smyčky v magnetickém poli). Volbou konstanty úměrnosti $k = 1$ dostáváme

$$Q = \frac{\Delta\Phi}{R}.$$

$$\Delta\Phi = RQ = R \int I dt = \int \mathcal{E} dt \quad \text{atd.}$$

Takto postupují Nejman a Kalantarov ve své učebnici Teoretické základy elektrotechniky.

Použili jsme zde tedy pro budování pojmu indukční tok jediného vzorce z kapitoly elektromagnetická indukce, se kterým se studenti setkali již na střední škole, a tento vztah jsme předložili jako definiční. Více z této kapitoly zatím nepotřebujeme a později bude probrána v obvyklém rozsahu. Pokud se týká použitých jevů indukce, seznámili se s nimi studenti dokonce již dvakrát, a to na škole základní i střední, a mají s nimi mnohem více zkušeností než s jevy silového působení pole na volný náboj. Naopak, vztah pro toto silové působení $\mathbf{F} = q[\mathbf{v} \times \mathbf{B}]$ se nyní pohodlně a lehce odvodí ze zákona o zachování energie.

Další výhodou naznačeného postupu je to, že umožňuje dále definovat veličinu \mathbf{B} tím způsobem, který odpovídá jejímu prvotnímu fyzikálnímu významu, to jest indukčnímu toku plošnou jednotkou. Vždyť hovoříme-li o indukci v některém místě magnetického obvodu, máme na mysli vždy tok jednotkovou plochou a obvykle si nepředstavujeme silové účinky na náboj, který by vnikl do jádra magnetického obvodu.

Ukážeme tedy, že element toku $d\Phi$, protékající plochou dS , je úměrný velikosti plochy a závisí na poloze plochy vzhledem ke směru toku. (Směr toku v daném bodě je opět možno snadno definovat i demonstrovat známými jevy.) Platí tedy

$$d\Phi = \mathbf{B} \cdot d\mathbf{S} = B dS \cos \alpha \quad B = \frac{d\Phi}{dS \cos \alpha},$$

čímž je dán jasně nejen fyzikální význam indukce \mathbf{B} , ale také její rozměr $\text{Vs/m}^2 = \text{Wb/m}^2$.

Z uvedeného definičního vzorce vyplyne nenásilně i pojem toku vektoru \mathbf{B} danou plochou a v tom případě se tento pojem

$$\Phi = \iint \mathbf{B} \cdot d\mathbf{S} = \iint B dS \cos \alpha$$

bude zdát studentům samozřejmý.

Konečně nemalou důležitost pro volbu postupu by měla mít i snaha definovat veličiny nějakým způsobem analogické (názvem, rozměrem, fyzikálním významem

apod.) na základě obdobných jevů či analogickým vztahem. To by v navrženém postupu mohlo být splněno, neboť lze ukázat, že elektrický indukční tok Ψ (jak už sám název veličiny nabízí) by mohl být definován na základě indukčních účinků elektrického náboje (pomocí jevů elektrostatické indukce) např. tím, že po předvedení příslušných demonstrací definitoricky prohlásíme: „Z elektrického náboje Q vytéká do celého prostoru celkový indukční tok $\Psi_c = Q$ “. Elektrická indukce \mathbf{D} je pak (podobně jako magnetická \mathbf{B}) tok vztažený na jednotku plochy

$$d\Psi = \mathbf{D} \cdot d\mathbf{S} = D dS \cos \alpha \quad D = \frac{d\Psi}{dS \cos \alpha}$$

$$\Psi_c = \oiint \mathbf{D} \cdot d\mathbf{S} = Q.$$

(Snadno proveditelné demonstrace elektrostatické indukce ukáží, že indukovaný náboj se vždy rovná náboji Q , který původní pole vytvořil bez ohledu na prostředí obklopující náboj Q .)

Takto by všechny čtyři veličiny Ψ , \mathbf{D} , Φ , \mathbf{B} , které svými fyzikálními významy i názvy vyjadřují indukční účinky, byly definovány na základě elektrostatické a elektromagnetické indukce, nezávisle na vektorech \mathbf{E} a \mathbf{H} .

Zbývá nám tedy ještě pohovořit o zavedení vektorů intenzity elektrického pole \mathbf{E} a intenzity magnetického pole \mathbf{H} .

Vektor \mathbf{E} spolu s elektrickým nábojem Q se zavádějí jakožto první elektrické veličiny vůbec pomocí Coulombova zákona. Intenzita elektrického pole \mathbf{E} představuje sílu, kterou v daném bodě působí elektrostatické pole na kladný jednotkový náboj

$$\mathbf{E} = \frac{d\mathbf{F}}{dq}.$$

Tento postup je jistě účelný.

Podstatně horší je to s definováním a fyzikálním významem veličiny \mathbf{H} . Její původní význam spočíval v tom, že tato veličina měla udávat sílu, kterou magnetické pole působí v daném bodě na kladný jednotkový magnetický pól tam vnesený. Z toho vyplývala definice $\mathbf{H} = d\mathbf{F}/dm$ (analogická definici \mathbf{E}) a rozměr jednotky $\text{N}/\text{Vs} = \text{A}/\text{m}$. Se zánikem fluidové teorie ztrácel postupně tento fyzikální význam na důležitosti; přesto však dodnes se v některých případech veličiny \mathbf{H} v uvedeném smyslu používá. Vzájemné působení permanentních magnetů popisují dnes autoři učebnic upraveným Coulombovým zákonem, v němž místo magnetických množství m_1 , m_2 uvádějí toky Φ_1 , Φ_2 , které z pólů vytékají. Pod slovem intenzita magnetického pole ve vakuu (ať už příčinou pole je permanentní magnet či proud) stále ještě rozumíme a budeme rozumět i nadále míru silových účinků pole na magnetický pól nebo magnetickou střelku.

Tento význam však uvedená veličina ztrácí, je-li pole vyplněno magnetikem a výše uvedená definice obecně nevyhovuje. A tak se setkáváme s celou řadou definic dalších, jako např

a) Biotův-Savartův zákon ve tvaru

$$dH = \frac{1}{4\pi} \frac{I dl \sin \varphi}{r^2},$$

popř. vzorce z něho odvozené

$$H = \frac{nI}{l} \quad (\text{Pohl})$$

$$b) \quad \mathbf{H} = \frac{\mathbf{B}}{\mu_0 \mu_r}$$

$$c) \quad \mathbf{H} = \frac{\mathbf{B} - \mathbf{J}}{\mu_0} \quad \text{nebo} \quad \mathbf{H} = \frac{\mathbf{B}}{\mu_0} - \mathbf{H}_i \quad \mathbf{J} = \mathbf{H}_i \mu_0$$

$$d) \quad \oint \mathbf{H} \cdot d\mathbf{l} = \sum I.$$

Způsob a) není vhodný. Nedefinuje např. vůbec intenzitu v okolí permanentního magnetu, intenzitu zemského magnetického pole ani intenzitu v mezeře mezi póly elektromagnetu.

Definice b) ve většině případů vyhovuje. Její slabinou je, že v této formulaci se budí u studentů přesvědčení, že vektory \mathbf{B} a \mathbf{H} jsou vždy stejného směru, což obecně není pravda.

Po této stránce vyhovuje lépe definice podle c) $\mathbf{H} = (\mathbf{B} - \mathbf{J})/\mu_0$. Mají-li však studenti dobře porozumět, jak této definici, tak i fyzikálnímu významu veličiny H , není vhodné čekat se zavedením a definicí veličiny H až do kapitoly „Hmota v magnetickém poli“, jak to v poslední době někteří autoři učebnic dělají (Slavíček, Ilkovič aj.). Naopak, věci by bylo na prospěch, kdyby při probírání magnetických jevů ve vakuu byla ihned po definici veličin Φ a B definována intenzita magnetického pole ve vakuu vztahem $\mathbf{H} = \mathbf{B}/\mu_0$. Zde by byla příležitost poukázat na to, že ve vakuu jsou vlastně obě veličiny rovnocenné, i když se liší multiplikačním faktorem μ_0 a že veličina H ve shodě s původním jejím významem v teorii fluidové vyjadřuje silové účinky magnetického pole na magnetický pól. Zde je možné a účelné uvést magnetostatický zákon Coulombův ve vakuu.

(V podobném pořadí zaváděných pojmů, tj. B_0 , H_0 , Coulombův zákon atd., postupují autoři HORÁK, KRUPKA, ŠINDELÁŘ v jejich *Technické fyzice* z r. 1961.)

Současně se ukáže, že pro takto zavedenou veličinu H platí ve vakuu pro magnetické pole proudu:

$$\oint \mathbf{H} \cdot d\mathbf{l} = \sum I.$$

V kapitole „Hmota v magnetickém poli“ se pak položí požadavek, aby poslední integrál platil i v homogenním prostředí; z toho teprve vyplyne úplná definice intenzity

$$\mathbf{H} = \frac{\mathbf{B} - \mathbf{J}}{\mu_0},$$

kteřá pro vakuu přejde v definici původní. Současně s tím se vysvětlí studentům, že v magnetiku ztrácí veličina H svůj původní význam a stává se veličinou pomocnou, pomocí níž studujeme chování materiálu v magnetickém poli.

I když definici

$$\mathbf{H} = \frac{\mathbf{B} - \mathbf{J}}{\mu_0}$$

považuji za nevhodnější, je třeba upozornit i na některé nesnáze. Předpokládá totiž, že byla nezávisle na ní definována veličina J (magnetická polarizace), popř. veličina H_i (magnetizace), $\mathbf{J} = \mu_0 \mathbf{H}_i$. Uvedená čs. norma však definuje magnetickou polarizaci vztahem

$$\mathbf{J} = \mathbf{B} - \mu_0 \mathbf{H}$$

a tak bychom vlastně došli k nepřipustné definici kruhem. Je sice pravda, že magnetickou polarizaci možno definovat i jiným způsobem. Uvedená definice \mathbf{J} je však v souladu s tím, jak se veličina J skutečně měří, a proto je snad nevhodnější.

Kdybychom připustili uvedenou definici magnetické polarizace podle čs. normy, museli bychom se podívat ještě po jiné definici veličiny \mathbf{H} . A to je definice podle bodu d) užitá právě v uvedené normě

$$\oint \mathbf{H} \cdot d\mathbf{l} = \sum I.$$

I když pomineme nedostatek normy, že neuvádí podmínky pro něž uvedený vztah platí, nemůže nás tato definice uspokojit. Integrální tvar je málo vhodný, neboť neukazuje na chování vektoru \mathbf{H} v určitém bodě pole. A také nedefinuje podobně jako některé předchozí definice intenzitu magnetického pole v poli permanentního magnetu. Kromě toho nedává tato definice např. jasno, jak je tomu s intenzitou magnetického pole v okolí a uvnitř tyčového elektromagnetu, uvnitř toroidu vyplněného železným jádrem přerušeným vzduchovou mezerou apod. Ve všech těchto případech připouští dvojí výklad. Má-li např. i v uvedených případech nehomogenního prostředí být splněn vztah $\oint \mathbf{H} \cdot d\mathbf{l} = \sum I$, je zřejmé, že intenzita uvnitř tyčového jádra železného elektromagnetu musí být menší, než by v těchto místech byla ve vakuu, pokud by vinutím protékal týž proud.

Integrál by však mohl být též splněn i při jiné představě o průběhu veličiny \mathbf{H} . Z uvedených důvodů považuji proto za nevhodnější definici podle bodu c).

Postup a návaznost jednotlivých kapitol při výuce magnetismu podle předloženého návrhu ukazuje závěrečná tabulka. Z ní je též patrné, jakým způsobem a v jakém sledu by jednotlivé veličiny byly definovány. Tabulka není úplná, neboť obsahuje pouze stěžejní partie učiva.

I když jsem nevypočítal všechny didaktické problémy a nesnáze, s nimiž se při výuce magnetismu setkáváme, přece jen se ukazuje naléhavá potřeba zabývat se

Tabulka 1
Postup ve výuce magnetismu

Téma	Zavedené	
	definiční vztahy	jednotky
<p>A. Magn. jevy ve vakuu</p> <p>1. <i>Magn. ind. tok Φ</i> (zdroj toku solenoid i perm. magnet) Směr toku v daném bodě pole</p>	$\left\{ \begin{array}{l} \mathcal{E} = \left \frac{d\Phi}{dt} \right \\ \Phi = \int_{t_0}^t \mathcal{E} dt \end{array} \right.$ <p>nebo:</p> $\left\{ \begin{array}{l} Q = \frac{\Delta\Phi}{R} \\ \Delta\Phi = RQ = \int_{t_0}^t RI dt = \int_{t_0}^t \mathcal{E} dt \end{array} \right.$	<p>Vs = Wb</p>
<p>2. <i>Magn. indukce B</i> indukční čáry</p>	$d\Phi = \mathbf{B} \cdot d\mathbf{S} = B dS \cos \varphi$ $B = \frac{d\Phi}{dS \cos \varphi}$	<p>Wb/m² = T</p>
<p>3. <i>Permitivita vakua μ_0</i> demonstrujeme pro přímý vodič</p> $B = k \frac{I}{a}$ <p>Upozorníme, že volbou k definujeme vlastně jednotku proudu — z toho vyplyne definice ampéru v SI (viz bod 7.)</p>	<p><i>volíme:</i> $k = 2 \cdot 10^{-7} \text{ N/A}^2$ píšeme v rac. soust.: $k = \frac{\mu_0}{2\pi}$ tedy vlastně <i>volíme:</i> $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ N/A}^2$</p>	<p>$\frac{Vs}{Am} = \text{N/A}^2$</p>
<p>4. <i>Intenzita magn. pole H ve vakuu</i> ukázat na původní fyzikální význam (síla na jedn. magn. pól) magnetické siločáry</p>	$\mathbf{H} = \frac{\mathbf{B}}{\mu_0}$	<p>A/m = N/Wb</p>
<p>5. <i>Práce v magn. poli</i> při pohybu jednotkového pólu</p> $\oint_l \mathbf{H} d\mathbf{l} = \Sigma I$ <p>Magnetomotorická síla</p>	$\mathcal{M} = \Sigma I$	<p>A</p>

Tabulka 1 (pokračování)

Téma	Zavedené	
	definiční vztahy	jednotky
<p>6. Pole toroidu a ve středu dlouhé cívky</p> $H = \frac{nI}{l}$ <p>Biotův Savartův zákon</p> $dH = \frac{1}{4\pi} \frac{I dl \sin \varphi}{r^2}$		
<p>7. Vodič a el. náboj v cizím magn. poli</p> $d\mathbf{F} = I d\mathbf{l} \times \mathbf{B} \quad d\mathbf{F} = dq(\mathbf{v} \times \mathbf{B})$ <p>vzájemné působení dvou proudů (definice 1 A v SI)</p>		
<p>8. Magnetický moment \mathbf{m}</p> <p>proudové smyčky a magnetu (M je otáčivý moment síly) odvodit $\mathbf{m} = \mu_0 I \mathbf{S}$</p>	$\mathbf{M} = \mathbf{m} \times \mathbf{H}$	$\frac{\text{Nm}^2}{\text{A}} = \text{Wbm}$
<p>B. Jevy v magnetiku</p> <p>9. Magnetická polarizace \mathbf{J}</p> <p>Zavést jako magn. moment Objemové jednotky. Z rozměru ukázat fyz. význam: odpovídá indukci způsobené atomárními proudy v magnetiku</p>	$\mathbf{J} = \frac{\mathbf{m}}{V}$	Wb/m^2
<p>10. Obecná definice vektoru \mathbf{H}</p> <p>Z požadavku, aby integrál</p> $\oint \mathbf{H} \cdot d\mathbf{l} = \sum I$ <p>platil pro jakékoli prostředí</p>	$\mathbf{H} = \frac{\mathbf{B} - \mathbf{J}}{\mu_0}$	A/m
<p>11. Paramagnetismus, diamagnetismus, feromagnetismus, hystereze, susceptibilita κ, relativní permeabi- lita μ_r</p>		
<p>12. Elektromagnetická indukce, vlastní a vzájemná indukčnost L</p>	$\Phi_s = LI$	$\text{Wb/A} = \text{H}$
<p>13. Energie magn. pole a hustota energie</p>		

touto výukou a problémy řešit. Svým příspěvkem jsem chtěl především na ně upozornit a vzbudit diskusi, která by snad mohla k řešení přispět.

Poznámka redakce:

Článek byl napsán autorem asi před 2 1/2 roky. Mezitím vyšly nové učebnice a vysokoškolská skripta, která se s uvedenou problematikou různým způsobem vypořádávají. Vhodné uspořádání učiva o magnetismu se týká nejen škol vysokých, ale i škol středních všeobecně vzdělávacích a odborných a proto očekáváme, že se k návrhu vysloví i učitelé těchto škol.

MODERNIZACE VYUČOVÁNÍ MATEMATICE VE FRANCOUZSKÝCH UČEBNICÍCH

BŘETISLAV ŠIKOLA, Praha

Mezi prvními autory učebnic matematiky s modernizační tendencí, ovlivněných zejména pracemi G. PAPHO v Belgii a M. J. FLETSCHERA ve Velké Británii, byli francouzští pedagogové.

Již po řadu let se na středních školách ve Francii i v některých jiných zemích, jejichž školství se vyvíjelo pod francouzským vlivem (např. v Africe), užívá učebnic BRÉARDOVÝCH i knih kolektivu vedeného Rolandem MAILLARDEM, které se svými pojetím a zpracováním značně liší od dřívějších učebnic. Z nejnovějších jsou v moderním duchu napsány učebnice V. LESPINARDA a R. PERNETA a sbírka učebnic řízená M. QUEYSANNEM a A. REVUZEM.

Autoři všech těchto učebnic se snažili především postavit vyučování matematice na množinový základ a zdůraznit zavedení a důsledné používání teorie množin ve výuce jako jeden z nejvýznamnějších bodů modernizace matematiky. Učivo o množinách, stejně jako i jiné partie matematiky, se tu uvádí koncentricky s postupným zvyšováním náročnosti ve vyšších ročnících. Pro srovnání bude jistě zajímavé sledovat, kdy se začíná se souvislým výkladem množin a do jaké hloubky se francouzští autoři odvážili jít.

Učebnice Bréardovy začínaly s výkladem základních množinových pojmů v pátém ročníku (odpovídá našemu sedmému ročníku) tak, aby jich mohlo být využito zejména při výkladu aritmetických operací. Vlastní teorii množin autor podrobněji rozvedl a dále užíval v učebnici pro druhý ročník lyceí, který odpovídá naší první třídě střední školy. Této partii je tu věnována mimořádná pozornost a plně je jí užito v dalším výkladu k postupnému vybudování pojmu okruhu celých čísel, tělesa čísel racionálních a tělesa čísel reálných. Užitím množinových pojmů a operací je dopro-