

Časopis pro pěstování matematiky a fysiky

Jaroslav Friedrich

K reformě vyučování v oboru elektřiny

Časopis pro pěstování matematiky a fysiky, Vol. 63 (1934), No. 6, D49--D71

Persistent URL: <http://dml.cz/dmlcz/123455>

Terms of use:

© Union of Czech Mathematicians and Physicists, 1934

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>

A: Für Gymnasien, Unterstufe, 2. vyd., str. 193 a další, nebo nejnověji v učebnici O. Zoll „Mathematisches Arbeits- und Lehrbuch für alle Arten höherer Lehranstalten. Arithmetik und Algebra, Mittelstufe“, Braunschweig, 1931, str. 223 nn. Toto označování také přijali Holanďané, jak vidíme v učebnici J. Droste-W. F. de Groot „Functies“, I. díl, 2. vyd., Groningen, 1926, str. 105, nebo ve velmi rozšířených učebnicích P. Wijdenesových, na př. „Nieuwe School-Algebra, Amsterdam, III. díl, 2. vyd., 1928, str. 46 nn. V Itálii E. Bortolotti ještě ve své „Aritmetica generale e algebra per i licei classici e moderni“, díl II, 2. vyd., Milán, 1921, str. 109 nn. označuje logaritmus značkou lg s označením základu jako indexu, avšak dnes užívají Italové rovněž označení shodného s naším, jak na př. vidíme v učebnici Alp. Natucci „Algebra per i licei scientifici“, 1° biennio, Milano, 1931, na str. 149 nn. Přirozený logaritmus označuje však Natucci (tamtéž, 2° biennio, str. 146) značkou log s indexem e . O rozšíření označení logaritmu dekadických a se základem jiným shodného s naším svědčí, že je nalézáme také v japonské učebnici algebry T. Sumiho, vydané v Osace, díl II, str. 200 a nn.

Tyto výsledky lze takto shrnouti: Po Joostu Bürgim nalézáme symbol logaritmus teprve u Václava Veselého (1734). Nejdříve to vlastně byla jen zkratka pro slovo logaritmus, jak svědčí tečka, ke zkratce připojená, jakož i to, že, byl-li text knihy tištěn švabachem a vzorce a rovnice latinkou, zkratka ta byla také tištěna švabachem. Vědomé a důsledné rozeznávání zvláštních značek pro logaritmy s libovolným základem, přirozené a dekadické provedl u nás Christian Doppler r. 1844. Časem však tečka vymizela a ujal se označení dnešní, totiž log s indexem pro logaritmus o libovolném základě, l pro logaritmus přirozený a lg pro logaritmus dekadický. O rozšíření zvoleného označování nejvíce rozhodly středoškolské učebnice, dříve zvláště učebnice Močnickovy. Dnešní symbolika stala se všeobecnou svým zavedením v učebnici Studničkově r. 1877. Také symbolika v cizině užívaná se naší dnešní symbolice blíží.

JAROSLAV FRIEDRICH:

K reformě vyučování v oboru elektřiny.

Bylo jen zcela přirozeno, že za mohutným a kvapným pokrokem fyziky v oboru elektřiny vyrůstaly také snahy upravití přiměřeně i vyučování této nauky. Nejenom že přibývalo poznatků, z nichž přemnohé zasahovaly svými aplikacemi do samého života, ale pronikalo se také hlouběji do podstaty elektřiny a její vazby

s hmotou. Naléhavě se proto počala hlásiti potřeba získati v pensu učebním místo pro neodkladnou novou látku i provésti potřebné opravy a změny jak v jednotlivostech, tak event. i v celkovém postupu. Že provádění takové úpravy pro výuku středoškolskou vykazuje proti stavu vědy jakési zpoždění a volnější tempo, přičítá jest jen zčásti známé školské tradici a konservativnosti; vážně tu spolupůsobí řada jiných okolností — nezbytnost vyčkati zralosti vědeckého řešení, jakost nové látky, meze dané potencí a kapacitou žactva, zvláště pak rozdíl v povaze úkolu vědeckého a didaktického, jenž se může vystupňovati až do kolise. Nebýti při vyučování také zřetele k cílům vzdělávacím a výchovným, bylo by řešení úpravy prostě směrem nových cest, poznatků a technických pokroků věcí poměrně jednoduchou a provázenou — až snad na kvantum látky — souhlasem odborníků, zvláště pokud jsou nakloněni didaktickému materialismu. Zřetelně musí však rozpor obojích cílů vystoupiti tam, kde návrh reformy zasahuje restrikcí oddíly metodicky a výchovně cenné neb samu kostru dosavadní výstavby, takže vyvolává potřebu podložiti — abych tak řekl — vrchní stavbu novými základy.

Také u nás bylo již přihlédnuto k požadavkům úpravy v posledním vydání Maškovy Fysiky z r. 1928, avšak změny byly provedeny v rozsahu jen zcela mírném. Kromě několika málo změn v jednotlivostech*) byl pouze úvod do elektrostatiky vzhledem k známým steskům na jeho vleklost zkrácen na stručný jen historický přehled, a rozšíření doznaly stati o vedení elektřiny v plynech a o elektrických vlnách. Naproti tomu zůstal magnetismus ještě samostatným oborem — dokonce neuveden ani Ampèrův výklad ferromagnetismu —, kvantitativní stránka jeho pojednána v dosavadních kolejích vybíhajících z pojmu magnetického množství, také v nauce o elektřině zůstalo se při běžných základech podle absolutní soustavy měr, a elektrony vystupují teprve tam, kde je postup žákovi opravdu odkryvá (z rozkladu elektrolytů a proudu katodových paprsků). Naproti tomu se v posledním vydání učebnice pro nižší třídy od Petíry-Šmoka užívá elektronů již při popisu a výkladu zjevů v elektrostatice.

Ruch zvláště čilý panuje na tomto poli v Německu, kde zájem i výsledky zdají se býti na vyšším stupni než jinde, i volím proto na tomto místě pro obraz vývoje reformy historii vývoje tamějšího. Myšlenky na rekonstrukci nauky o elektřině datují se tam sice již z posledních let minulého století, doznaly také vydatného posílení dílem Mieovým, avšak snahy o uvedení jich v život vystupňovaly se v skutečné činy vydatněji teprve od roku 1927, kdy předvedl Robert Wichard Pohl, profesor university v Göttingách,

*) Viz Březinovu recenzi v Příloze did.-met. r. 4, 62.

proslulým svým dílem „Einführung in die Elektrizitätslehre“ obraz plně realizace reformních myšlenek ze svých univerzitních přednášek, upoutal jakostí svého řešení pozornost nejširšího kruhu odborníků a podnítil rázem velmi mnohé k následování. A nebylo také divu při zajímavosti koncepce celkové, jasném podání jednotlivostí, pevné linii je dosažením stupně vyššího než obvykle a proto i za omezením v látce překonané dobou, rychlém vstupu in medias res, důrazu na empirické zajištění základů, neuhýbavosti ve věci pokusů a mistrném jich založení, zřetelně svěžím proudem z dnešního stavu vědy, skvělém slohu a formálním vypravení díla. Myšlenky kvapně byly od mnohých přijaty a přeneseny i na půdu středoškolskou, vydány učebnice tohoto nového směru, někteří šli v načaté reformě ještě dále, ale vyvstali i odpůrci a to nejen proti tomuto radikálnímu křídlu, ale i proti původním zásadám samým a proti nedosti kritickému přenesení jich na školu střední. A tak došlo vedle hojné literární výměny názorů také k tomu, že na program loňského sjezdu Erfurtského*) bylo položeno thema „Methodik der Elektrizitätslehre“ jako jeden z hlavních bodů, k němuž referát základní podal sám Pohl.

U nás referoval o reformě Pohlův poprvé prof. dr. Vladimír Libický na VI. sjezdu čsl. přírodovědců r. 1928,**) avšak dalších zpráv o eventuálním snad vyzkoušení této cesty v praxi a o jeho výsledcích prozatím není, a také nová osnova učebni neobsahuje dosud jejích zásad. Ježto nelze upříti problému reformy nauky o elektřině aktuálnosti vzhledem k pokrokům fyzikálního poznání a k stavu civilisace i — což nesmí se přezíratí — k stupni rozvoje v Německu, na druhé straně však řešení jeho mohlo by míti dosah na přípravu k vědě i na humanistický obsah přírodovědeckého vzdělání, jeví se mi býti nezbytným, aby také naše kruhy a to nejen středoškolské, ale i vědecké věnovaly problému v celém jeho rozsahu náležitou pozornost, a aby se tak mohlo společnou prací po zevrubném a všestranném rozboru dospěti k stanovisku zralému pro skutečné rozřešení. Jest účelem tohoto článku poskytnouti jednání o věc potřebnou informační základnu, neboť je nutno seznámiti širě s vývojem otázky, jejím obsahem i dosavadním stavem názorů.

I.

Přehlednouti obsah, pohnutky a cíle reformy umožní nejlépe *historický nástin jejího vývoje*. Na vyučování v oboru elektřiny a magnetismu mohla zapůsobiti znatelněji a pronikavěji teprve

*) 35. Hauptversammlung des Deutschen Vereins zur Förderung des math. und naturw. Unterrichts, Erfurt, 9.—13. dubna 1933.

**) V příslušném Věstníku uveden jest obsah referátu v díle II (část přírodovědecká) na str. 88 a zpráva o diskusi v díle III (část přírv.) na str. 151.

teorie Faraday-Maxwellova. Avšak i v tomto případě šlo zajisté v první řadě pouze o potřebné změny a doplňky v látce a teprve, když s rozvojem této teorie stoupalo také vědomí dosahu jejího, a když se počala zřetelněji vycitovat rostoucí odchylnost školského podání od stavu vědy, docházelo k změnám hlubším a přesunům radikálnějšími. Tento proces trval však velmi dlouho a to nejen na poli ryze školském, nýbrž i ve vědecké literatuře fyziky experimentální. Nicméně nenedostávalo se již v oné době na přechodu století pokusů reformních: Tak podal Meissner*) již r. 1892 propracovaný návod, jak uvést do „galvanismu“ metodou induktivní před „elektrinou třetí“ — jak se tehdy ještě říkalo —, kterýžto krok v takové všeobecnosti odsoudil tehdy Noack v recenzi jako přehmat. Motivem byl Meissnerovi, jak se zdá, onen známý dojem různosti v podstatě obou elektrin, jež u žáka ještě nezavščeného mohl vyvolati běžný přechod s půdy elektrostatiky na půdu „galvanismu“. Podobně načrtává r. 1901 Brunn⁸ pro první vyučování o elektrině úvod proudem, předpokládaje pouze znalost základních zjevů magnetických, neuvádí však sám motivů tohoto přesunu. Elektroskop vyskytuje se v jeho rozvrhu teprve po induktoriu jako přechod k úkazům „třetí elektriny“, již umisťuje až na samém konci nauky. V poznámkách k této práci staví se Spies⁹ proti jeho postupu ne snad ze sklonu k „abstraktnímu“ pedagogickému principu vésti žáka cestou historického vývoje, nýbrž z důvodů vnitřních; pokouší se totiž vésti důkaz, že jest přednost dáti postupu s předchozí znalostí aspoň jisté skupiny látky elektrostatické, ježto se pak nauka o proudu vyvíjí názorněji a v přísnější logické výstavbě. Zastává se také popisu fluidového pro školu z důvodu jeho názornosti a ilustruje nepřirozenost postupu od proudu obdobným pochodem od aerodynamiky. Rovněž již r. 1901 vystupuje Kleinpeter¹⁰ s požadavkem, upustiti i ve škole od představy dvojího druhu elektriny, při čemž obtížím spojeným s výkladem zjevů čelí — opíraje se o obdobu z termiky — výhradním a důsledným založením jeho na potenciálu jako jediném základním pojmu elektrickém. Úplně byla vypuštěna elektrostatika v pozoruhodné učebnici Bremerově**) z r. 1904, ale důvod byl zde v domnělém nedostatku tohoto oboru co do vhodných úloh a laboratorních cvičení. Zaslouží také zmínky, že již zde byla autorem předvedena

*) Meissner, Einleitung in den Galvanismus nach induktiver Methode; Programmabhandlung Realprogymn. in Pillau, Königsberg 1892. — Recense ZfU 6, 41.

**) Fr. Bremer, Leitfaden der Physik für die oberen Klassen der Realanstalten mit besonderer Berücksichtigung von Aufgaben und Laboratoriumsübungen; Leipzig 1904. Druhé, dvoudílné vydání z r. 1913 a 1914 pod titulem „Leitfaden der Physik auf Grundlage gemeinsamer Schülerübungen“ rozšířeno jest i na stupeň nižší.

možnost vystačiti bez soustavy absolutní, avšak vědomě na útraty přísné logické výstavby.

Důležitým mezníkem v řešení úkolu, přiblížití odborníkům úspěšněji Maxwellovu a Lorentzovu teorii, bylo velké dílo Mieovo „Lehrbuch der Elektrizität und des Magnetismus“ z r. 1910. Že se až do té doby známost o nich rozšířila jen nevalně, toho příčinu spatřoval Mie v tom, že s výjimkou děl teoretických učebnice experimentální stále ještě byly založeny na starém stanovisku působení do dálky, a proto se pokusil vypěstiti myšlení elektromagnetické induktivně a vybudovati tak celou nauku o elektromagnetismu — „kámen za kamenem“ — z faktů již od samotných pokusných základů. Se snahou touto nesnášelo se ovšem ani dosavadní východisko mechanické, ani způsob definování veličin elektrických a tudíž ani absolutní soustava jich měr. Odkluku od mechaniky musí tudíž sledovati Mie již při zavádění potřebných dvou základních elektrických veličin, nezávisle na sobě definovaných; — volí jimi napětí a náboj — a při definici jich „přirozeně“ volených jednotek (volt, coulomb), jež rovněž je provedena ryze elektricky. Že nauka o magnetismu splývá s elektrodynamikou, a že se měření magnetická převádějí na míry elektrické (ampérvávity, voltsekundy), plyne ze základní koncepce jako samozřejmost. Je však nutno také připomenouti, že celým dílem prostupuje a nemálo přispívá k zvýšení dojmu jednotnosti myšlenka světového éteru, jenž připadá autorovi předpokladem nezbytným pro možnost plánovitého seskupení faktů a pro terminologii, a jemuž dává pro funkci nositele jistých vynikajících vlastností, u hmoty neexistujících, přednost před prázdňým prostorem (srovnej také podtitul díla¹¹).

Důraz na stránku elektromagnetickou projevil se v téže době didakticky ještě jiným způsobem. Kdežto Mie počíná ještě — jistě ne z pouhé tradice — elektrostatikou, a prvním krokem je mu dokonce jen dotyk ruky a skla, chce Kleinpeter¹³ míti myšlenku elektromagnetickou přímo v popředí. Proto po obvyklém projednání magnetostatiky odkrývá z některých zjevů provázejících pohyb magnetu (tlumení kyvu, rotační magnetismus) proud elektrický jako nový jakýsi děj a vyšetří jej touto neobvyklou cestou elektromagnetické indukce kvalitativně i kvantitativně. Řešení toto je nemálo poučné, ježto nemůže snad býti působivější školní ukázkou pro nepřirozenost a obtíže situace pátrati k vůli konstrukci soustavy s jiné strany po novém skloubení hotových článků. Touto právě otázkou po novém, logicky soustavném celku, jež je didakticky ožehavou zvláště pro školu střední, zabývají se Classen¹⁴ r. 1912 a Hochheim¹⁵ r. 1917. Pro praktické míry elektrické volí první na rozdíl od Mieho jakousi cestu kompromisní, kdežto Hochheim setrvává důsledně na nové linii, vyhýbající se kritériím mechanickým a opírá postup o velmi případný pokusný

základ; pro měření magnetická upouštějí však oba autoři od vedoucí zásady a podržují v užívání gauss, ač se výslovně zříkají veličiny „Polstärke“. Také Nitz*), jenž se jinak k vůli získání času přimlouvá za zkrácení cesty k měřám elektrickým a žádá definování jich bezprostředně způsobem elektrochemickým, připouští pro školu úvod do jednotek magnetických pokusy na pólových vahách.

Zvláštní pozornosti si zasloužil a zaslouží článek Orlichův¹⁶ z r. 1923, ježto na rozdíl od díla Mieova obrací se přímo k úkolu školy střední v tomto oboru a dotýká se odvážně cíle, metody, učiva i osnovy. Také Orlichovi jde o hlubší proniknutí do teorií Faraday-Maxwellovy a Lorentzovy, ale co do metody pomýšlí na to „podati podstatné výsledky těchto teorií, pokud jsou bezprostředně názorné a porozumění žactva přístupny, jako dané a ukázané, že se dají nejdůležitější zjevy těmito názory vysvětliti“, co se pak týče výběru látky, zdůrazňuje, aby se pamatovalo zvláště na fakta, která podávají moderní představy co nejcharakterističtěji a pro vysvětlení těchto představ na takové děje, jichž je upotřebeno prakticky k zájmu všeobecnému. Aby žactvo porozumělo aspoň obsahu zákonů Maxwellových, chce Orlich dáti vypěstovati pojem pole a vyvoditi vektory vyjadřující pole elektromagnetické, i navrhuje proto jako přímočarou cestu k tomuto hlavnímu cíli vybudovati nauku o elektřině na 3 základních případech — zákonu Ohmově, kondensátoru, magnetickém kruhu — a dověsti vyšetřování vyskytujících se tu tří polí až do vztahů $\mathfrak{E} = \rho\mathfrak{S}$, $\mathfrak{D} = \epsilon\mathfrak{E}$, $\mathfrak{B} = \mu\mathfrak{H}$, odpovídajících zákonu pole mechanických napětí $\mathfrak{D} = E\mathfrak{E}$. Důvod takového postupu dá se snad v duchu autorově vyjádřiti tak, že vztahy ty zaučují žáka dívati se na zákonitost děje v každém jednotlivém místě pole „blízkově“ a že se představě té napomáhá onou význačnou jich jednotností. Pojednání Orlichovo nese se sice co do tendence směrem do jisté míry technickým, nicméně účinek na čtenáře-odborníka projednanou látkou i poskytnutým výhledem dal by se po stránce teoretické dobře postavit po bok účinku díla Pohlova. Proto také úloha Rosenbergova¹⁷, jenž již v následujícím sešitě téhož časopisu vystoupil k obraně dosavadního postupu, nebyla snadná. Před podrobnějším rozбором thematicu přímo ustupuje a jen povšechně vyslovuje dojem dogmaticčnosti a domněnku, že by nový postup neposkytoval té možnosti, nové navazovati na známé, a proto také možnosti spolupráce žakovské podle zásad pracovní školy; snad vztahuje se sem také poznámka, že rozvoj nauky o elektřině zhusta přináší k projednávání látky, jež přesahuje průměrnou kapacitu většiny žactva. Jádrem článku je spíše obhajoba postupu dosa-

*) Nitz, Die Berücksichtigung der neueren Ergebnisse und Theorien der Physik im Unterricht, ZfU 34, 283.

vadního. Poukazuje na humanistický cíl školy střední vůbec a fyziky zvláště; vyzdvihuje poučnost jednoduchého, cení hodnotu postupu historického po stránce výchovné i metodické, a věcně i didakticky odůvodňuje úvod elektrostatikou.

Nějakého řešení souborného, všestranného nedoznaly vyrůstající sporné otázky ani v metodikách fyzikálního vyučování. U starších z nich — Kiesslingovy a Grimsehlvy — je to ovšem přirozené, ale ani u pozdějších z doby před Pohlem nezanechaly nové proudy, ač jim pozornost byla věnována, stop hlubších. Ještě Poske, Hahn i Gasz setrvávají při původním, abych tak řekl, „klasickém“ postupu, řízeném výstavbou absolutní soustavy měř; teprve Müller⁴, stojící již pod vlivem díla Pohlova, sleduje plně postup nový a užívá také potřebných k tomu prostředků dneška. Nicméně je přece dobře znatelné, jak se vlivem vnějšího tlaku také podání didaktické znenáhla přizpůsobovalo změně poměrů, názorů a prostředků. Poske na vyšším stupni přeložil magnetismus na vhodná dvě místa elektrokinetiky; Gasz zřekl se na nižším stupni elektrostatiky jako samostatného oboru a počíná proudem ze zásuvky sítě, avšak s vložkami elektrostatickými; Hahn i Gasz vyslovili se pro omezení látky z elektrostatiky pouze na část potřebnou k vývoji pojmů; na rozdíl od Grimsehla, jenž zavrhoval předvésti přístroj i v některé jen části ještě cizí, připustili již všichni užívání moderních přístrojů, byť nezapadaly ještě hladce do pásma postupu, spokojující se pouhým sdělením, po případě vytčením problému a odkazem na pozdější dobu, v čemž Poske vidí dokonce podstatný prvek fyziky t. zv. problémové; také při uvedení do soustavy měř by přál větší jednoduchosti (viz návrh Mieho), kdyby nebyla vykoupěna závadami po jiných stránkách. Zda neb do jaké míry pronikly nové myšlenky do samotných učebnic, to vyšetřiti je při značném jich počtu a nepřístupnosti velmi nesnadno. Lze však usuzovati, že výsledek dlouho ještě zůstal negativní, neboť Emde³³ (str. 359) vyslovuje se r. 1917, že přes jednodušnost díla Mieova a jednoduchost jeho v podání i při vědecké výši účinku na učebnice pozorovati nemohl. Myšlenku užívati jen praktické soustavy měř a přizpůsobiti této zásadě také postup, shledal jsem provedenu v učebnici Moschově² z r. 1927.

Jestliže za takového stavu věcí dílo Pohlovo z r. 1927 vyvolalo nejen pozornost, ale ukázkou proveditelnosti nového postupu uvedlo jej i jinde do kolejí praxe a přivedilo další didaktické zpracovávání, je úspěch tento důkazem nejen vynikajících jakostí díla, ale i závažnosti tohoto směru reformy. V díle shledáváme se většinou se zásadami, které již přinesl historický vývoj, ale přece jen je třeba uvést k vůli informaci a zaujetí kritického stanoviska

aspoň v tomto případě celkový postup, pokud o něj jde v rámci tohoto článku k účelu středoškolskému, a některé význačné změny.

Vlastní projednávání látky počíná se v kapitole druhé studiem elektrického pole. Mezi dvěma kovovými deskami (nebo i dvěma vodiči libovolného tvaru) vytvoří se elektrické pole dotykem s póly sítě, ukáží se polní čáry, zjistí elektrometrem změna napětí se vzdáleností desek a zavedou elektrické substance — zde již s odkazem na jejich podstatu atomistickou — na obou koncích polních čar (tato oboustrannost se důsledně dodržuje). Rozpad pole vedením poskytne možnost náboj balisticky změřiti a dospěti tak k zákonu kondensátoru s pojmem jeho kapacity. Po řadě se pak projednají sídlo elektřiny, indukce, stav v izolátorech a elektrická pole v atomu a ve styčné vrstvě dvou hmot (elektřina „třetí“). Následující kvantitativní proměření homogenního pole deskového kondensátoru vede k zákonu pole mezi hustotou posuvu a intenzitou pole (Feldstärke), která se měří elektrometrem zasahujícím do pole plamenovými sondami. Pak teprve dochází na kvantitativnost pole s čarami radiálními a rovněž teprve po vyšetření zákona síly, práce a energie, které je v tomto postupu thematem závěrečným a je založeno opět na měření (vážení) v poli homogenním, vyřizuje se krátce případ pole nehomogenního se silovým zákonem Coulombovým. Oddíl končí se naznačením známého pokusu, jenž z proměření velmi drobných, zelektrovaných kapek, v homogenním poli se vznášejících, vede k elementárnímu elektrickému množství. — Z vylíčeného postupu v této části je zřejmo, že Pohl chce zásadně provedení potřebných pokusů ulehčiti a zdokonaliti užíváním moderních měřicích prostředků, a z tohoto důvodu — ve své přednášce Erfurtské²⁹ (str. 190) vyslovuje se jen o „technische Äusserlichkeit“ — předesílá v první kapitole stručný a přehledný nástin známek proudu a napětí, jež si zvolil za základní veličiny o jednotkách výhradně jen ampér a volt, a popis měřicích přístrojů s výkladem překalibrování ampérmetru na voltmetr podle zákona Ohmova. Při posuzování schůdnosti takové cesty, jež na 14 stránkách zhušťuje značné kvantum látky, nesmí se pouštěti se zřetele ta okolnost, že jde tu o podání z přednášek vysokoškolských. Podrobně projednává se látka o proudu teprve v kapitole osmé. — Vlastní pásmo přechází kapitolou třetí k poli magnetickému. Studuje se především pole proudu, kvantitativně na základě pokusů s torsijním magnetoskopem v homogenním poli solenoidu zavede se výraz in/l jako intenzita magnetického pole (Feldstärke) o jednotce 1 ampérvávit na 1 cm a teprve do této půdy vkládá se magnetismus permanentní svými proudy molekulárními. — Vzájemná vazba obou polí projednává se v kapitole čtvrté a sice vyšetřuje se nejprve balisticky indukční náraz v cívce, stanoví jeho hodnota ve voltsekundách a odvodí zákon indukce. Část

další, totiž pojem magnetického napětí, zákon průtoku a rovnice Maxwellovy, sahá již za hranice našeho dosavadního středoškolského pensa. — Silový tok a tudíž i silové poměry v magnetickém poli jsou projednávány až v kapitole páté, kde také konečně dochází v samém závěru k pojmu magnetického momentu. — Také v přednášce Erfurtské²⁹ prohlásil se Pohl pro počátek elektrostatikou („Ich beginne wie jedermann mit der Elektrostatik . . .“) a konstatuje jako jedinou svou podstatnou změnu v postupu, že v klasickém pořadí 4 základních experimentálních pilířů: Coulombův zákon elektrostatiky, Coulombův zákon magnetostatiky, zákon Biot-Savartův, zákon indukce, přemístil Coulombův zákon magnetostatiky až na místo čtvrté; tím se ovšem také zaměnily obory, v nichž permeabilita vystoupí po prvé, Zákonem Coulombovým míní tu Pohl — podobně jako Mie — především vztah mezi hustotou posuvu a intenzitou elektrického pole a zákonem Biot-Savartovým stejnost magnetického pole při stejnosti výrazu in/l . Co se týče magnetostatiky, odchyluje se Pohl v přednášce²⁹ (str. 192) i v třetím vydání své knihy od podání původního v tom, že pohybem indukční cívky přes solenoid zjistí na obou koncích lokalizovaný silový tok, jenž právě je to, co bývalo nazýváno pólem, resp. množstvím magnetickým. Tato lokalizace nebývá u permanentních magnetů pravidelná a proto nechce je činiti východiskem pro magnetostatiku. — Bylo by ovšem záhodno provést srovnání s postupem ostatních autorů, ale není k tomu bohužel v tomto článku místa; poukáží podle potřeby na jednotlivosti až při přehledu změn, jež reforma přináší. — Zasluhují pozornosti také některé charakteristické odchylky od tradičního podání. V otázce druhů elektřiny stojí Pohl na stanovisku dualistickém, avšak výklad zjevů statických zakládá důsledně jen na přitažlivých silách pole; sil tak zvaných „odpudivých“ mezi náboji souhlasnými u něho není. V okruhu proudovém vyznačuje směr podle pohybu elektronů. Absolutní soustavu ignoruje úplně a ovšem i dimenze veličin elektrických z ní konstruované; nicméně, přes vlastní nechuť k dimensím vůbec, svým označováním měř (tak na příklad ampérsekunda místo coulomb, voltsek/amp místo henry, ampsek/volt/cm pro jednotku dielektrické konstanty atd.) nové tvary dimensí, založené ovšem na zvolených veličinách specificky elektrických, tvoří.

Po vydání díla Pohlova rozmohla se akce reformní měrou neobyčejnou, a není ani dobře možno o všech zjevech příslušné literatury podrobněji se zde šířiti. Pod prvním dojmem psáno jest pojednání Heusselovo*); první pokus soustavného zpracování pro

*) G. Heussel, Aufgabe, Stoff und Methode des Unterrichts in der Elektrizitätslehre; Jahresbericht des Hessischen Realgymnasiums zu Gieszen 1927/28.

školu střední v duchu zásad Pohlových a také jeho prostředky vyskytuje se již r. 1928 v metodice Müllerově⁴; zvláště intenzivně vkládá se do úkolu raziti novému směru cestu do školy K. Hahn, jenž vydává nově r. 1932 svou učebnici fyziky⁶ ve dvojí úpravě. tofiž s novým (A) neb dosavadním (B) podáním nauky o elektřině.*) a provází kromě toho učitele v tomto novém podání metodicky i věcně knihou „Zur Reform des Unterrichts in der Elektrizitätslehre“, vydanou r. 1933; rovněž v nové formě vychází nauka o elektřině v učebnici Sumpf-Güntherově z r. 1933; Heussel⁵ vydává r. 1932 a 1933 první dva svazky své „Elementare Elektrizitätslehre“, určené za příručku pro učitele; dále pak vyvstává řada článků v časopisech (jsou zčásti registrovány v připojeném přehledu literárním).

Podstatně nového toto období mnoho již nepřineslo, ale vzhledem k účelu článku je třeba dotknouti se i některých jednotlivostí, jež by při řešení problému mohly přicházeti v úvahu. Ze svízelné situace, jež je dána s jedné strany potřebou vykládati zjevy působením zblízka, s druhé popřením éteru, domnívá se Hahn nacházeti východisko v zásadě, že ne hmota, nýbrž prázdný prostor jest nositelem elektrických a magnetických vlastností. Proto projednává nejprve strukturu elektrického pole — i kvantitativně! — pouze s pojmy napětí, „Feldstärke“, počtu a hustoty polních čar a teprve po této vlastní „teorii pole“ přistupuje k zavedení elektrické substance ve vodičích pole omezujících. Zde a v odluce od představ mechanických jde Hahn dále než Pohl, a četné námitky proti jeho postupu týkají se právě té jeho „fyziky prázdného prostoru“. — Dílo Heusselovo rozvrženo je vysloveně podle koncepce Orlichovy; první díl jedná — po zpracování základních pojmů — o poli v proudovodiči (zákon Ohmův), druhý o poli elektrickém, třetí bude věnován poli magnetickému. Dílo má několik znaků charakteristických. Po včasném zavedení elektronů je veškerá látka podána ryze unitárně, tělesa záporně zeлектроvaná jsou označována jako tělesa mající „Über(—)ladung“ a „Über(—)spannung“; obdobný smysl mají termíny „Unter(+)ladung“ a „Unter(+)spannung“; tělesa neelektrická neoznačují se jako taková, nýbrž jako „spannungslos“, a směr proudu je brán samozřejmě podle pohybu elektronů; tak zvané „zdroje elektřiny“ jsou tu správněji „zdroje napětí, resp. proudu“, i zavádí pro ně Heussel název „Elektrizitätspumpen“; při pokusech nápadně častěji, než je obvykle, vyskytuje se spojení se zemí; přímo zvláštností pak jest nadměrné až využívání obdoby s chováním plynu, ne pouze v stručných poukazech, nýbrž v soustavném provádění paralelních, mnohdy i dosti složitých pokusů. — Předmětem článků časopiseckých jsou zprávy

*) Podrobný referát od dr. V. Ryšavého jest otištěn zde na str. 73.

o uvedení zásad Mie-Pohlových do střední školy, rozbor některých otázek o jich soustavách veličin a měr, kritika řešení Hahnova a nové návrhy, z nichž u některých (Weber³¹, Weiss³²) pozoruhodný je motiv odporu proti zavádění napětí jako veličiny základní. O tom však blíže bude pojednáno až v následující části článku.

II.

Kdokoli si nyní položí otázku po *syntese* vyznačených reformních myšlenek, shledá při objektivním, nestranném posuzování úkol tento velmi nesnadným, a zvláště pak je tomu tak na poli středoškolském, kde vedle zřetele odborné věcného přichází v úvahu také cíl všeobecně vzdělávací a úkol průpravy vyhovující pro studium vysokoškolské; kromě toho v některých bodech je řešení problému ztíženo také nejednotností ve vědě samotné. Přehledneme-li jen zhruba změny, jež nové konstrukce nauky o elektřině do vyučování vnáší, a to jak věcné, tak formálně didaktické, shledáme se s mnohým, co lze míti snad obecně sympatickým a co sotva by se samo o sobě setkalo se zásadním odporem: Upouští se od tradičních nesprávných představ a formulací; podání přizpůsobuje se více dnešnímu stavu vědy a techniky; soustava veličin a měr buduje se zcela neb zčásti na základních pojmech specificky elektrických; výrazy pro rozměry nabývají tím na průhlednosti, vystihují způsob měření veličin a stávají se teprve takto upotřebitelnými i pro školu; nekompromisní bývá podání zjevů magnetických a příslušné jednotky vystihují pak zřetelně spojitost s elektrinou; definice jednotek založeny jsou na situacích představitelnějších; případy pro základní kvantitativní projednávání jsou přístupnější k realizaci a tedy i k měření; vstup se urychluje a úsporami ve prospěch věcí významnějších hledí se proniknouti i školsky v látce dále než dosud.

Naproti tomu však je také nutné vzíti v úvahu i *dosah změn* reformními návrhy prováděných. Kdyby bylo možné omeziti se v této věci pouze na samotný, uzavřený soubor fyzikálních poznatků, který má střední škola žákovi poskytnouti, mohla by otázka ta jako bezpředmětná odpadnouti. Žák je tu veden stavbou nauky o elektřině poprvé, jiné nepoznal, a tudíž by jej tato jednotnost pojetí, dodržovaného v ryzosti, uchránila před kolisemi; naučil by se dívati na svět elektrických veličin a zjevů očima podaného nového výkladu, jehož výhody by mu byly opravdu k prospěchu. Dosah převratu týkal by se tu spíše jen učitele. Nicméně studující přece jenom narazí na jiné, cizí, dosud převahou rozšířené pojetí s rozdíly nemálo pronikavými, jakmile jen sáhne k četbě odborné literatury anebo když pokračuje ve studiu fyziky na škole vysoké; shledá je ve významu pojmů, ve smyslu zákonů, v hodno-

tách veličin i v postupu. Je velmi charakteristické pro tuto situaci, co přiznává Hauser³⁷ ve svém referátu, jak probírají s Burgerem ve Freiburgu nauku o elektřině již několik let podle Mieho a Pohla. Byli totiž nuceni přizpůsobiti se Miemu, jenž tam přednáší; poněvadž se však ukázalo, že to mělo na druhé straně velmi nepříjemné následky pro ony, kdo se na vyšší studia odebrali jinam než do Freiburgu a Göttink, působiště Pohlova, musili pro tyto absolventy pořádati k závěru mimořádný kurs (!). A z článku Emdeova³⁸, jenž sleduje směr spíše technický, zřetelně zase znatelný jsou obtíže u studujících, již mají za sebou základy jen podle postupu tradičního. Je proto třeba věnovati pozornost oněm rozdílnostem a provésti tak *paralelu obojího postupu*; je toho však třeba nejen v zájmu žádoucího souladu mezi středoškolskými základy a další vědeckou výstavbou, nýbrž i vzhledem k další otázce, jaký je pro střední školu dosah reformního postupu po stránce obecně vzdělávací.

K dalšímu musím předeslati několik poznámek.

Především je nutné rozhodnouti se, který z reformních pokusů učiníti předmětem srovnání s postupem klasickým; není totiž, jak již výše poznamenáno, za zamýšleným didaktickým zdokonalením výuky o elektřině cesta jen jedna. Mám za to, že je třeba sáhnouti k takové cestě, která poskytuje proti způsobu dosavadnímu rozdíl zcela charakteristický důsledně od základů dodržovaný, a tou je podle mého soudu cesta Pohlova; vedlejším důvodem je mi úplnost obrazu jejího provedení, daná známým dílem, přednáškou Erfurtskou a učebnicí Hahnovou, jakož i nepopíratelný význam pro následování.

Dále je dlužno vzíti zřetel k tomu, že paralelu, jakož vůbec současné užívání obojího způsobu, může ztěžovati nemálo okolnost, že se některé *termíny* vtírají do úvah ve dvojím smyslu podle toho, pro které hledisko jsou míněny. Jsou to zvláště termíny „napětí“ a „intensita pole“ (stejně jako německé „Spannung“ a „Feldstärke“). Aby rozdílly zřetelněji vystoupily a porovnání nabylo na jasnosti, dovolím si provésti separaci tím, že na tomto místě a pro tento účel budu užívati pro ony dvě veličiny, jež v novém pojetí nastupují místo obou „intensit“, jiných termínů: Jak známo, je charakteristickou známkou postupu Mieho i Pohla, že jedním z jejich základních pojmů je pojem elektrického „napětí“, do něhož tedy není předem vnesen prvek silový ani energetický. Pohlova „Feldstärke“ je tudíž zase jen napětí, avšak napětí připadající na 1 cm polní čáry a udávané ovšem ve voltech/cm. Shledá se sice experimentálně, že veličina tato má ve vztazích s pojmy mechanickými totéž místo jako intensita pole elektrického, udávaná v dynech/abs. j. elst., ale přesto termínu tohoto ve smyslu předchozím užívati nesmíme a ani běžného názvu „napětí pro 1 cm“

není radno užívatí vzhledem k jeho immanentnímu již rázu pracovnímu z dosavadní definice rozdílem potenciálů. Dovolují si proto zavést si ad hoc názvy „rozpětí“ a „rozpětí místní“, jež proti beztak nevhodnému „napětí“ případněji vystihují ráz diferenčnosti dvou stavů, jak toho je potřeba zvláště při nynějším zdůrazňování pole. Ukázkou pro dikci uvádím „rozpětí sítě“, „rozpětí svorkové“, „rozpětí na části proudovodiče“, a výroky: „S rostoucí vzdáleností desek kondensátoru zvětšuje se rozpětí jeho pole, avšak rozpětí místní zůstává konstantní“, „S rostoucím poloměrem zelektrované bubliny klesá rozpětí okolního pole“.

Zvláště však je třeba ohlédnouti se po náhradním termínu za „intensitu pole magnetického“ v gaussech, ježto se v nové soustavě naprosto upouští od fikce magnetického množství, resp. jednotkového pólu. Pohlova „magnetische Feldstärke“ poukazovala by sice svou spojitostí s „magnetickým napětím“ čili „magnetomotorickou silou“ na možnost užití i zde termínu „místní rozpětí magnetické“, ale to neodpovídá jednak korespondenci veličin elektrických a magnetických, jednak také elektrickému původu této veličiny. Poněvadž je zavedena známým výrazem IN/l z útvaru solenoidu, a rozhoduje o ní tudíž proud pole obtékající, dovolím si označovati ji zde jménem „hustota obtoku“. Vedle míry odpovídá takto axiální povaze tohoto vektoru také jeho pojmenování; Mieovo „Felderregung“, jímž později — ve své „Elektrodynamik“ z r. 1932 — nahrazuje původní „Feldstärke“, přesunuv tuto jakožto „Feldintensität“ na hustotu magnetického toku \mathfrak{B} , je tvořeno patrně z důvodu obdoby k hustotě elektrického posuvu. Kromě toho myšlenka na čárový součet místního obtoku podél uzavřené polní čáry vede názorně k výsledku, jež ve formulaci „Celkový obtok rovná se průtoku“ činí střední škole přístupnějším zákon průtokový, resp. i I. zákon Maxwellův. Hustota obtoku vyjadřuje se v ampzáv./cm, resp. jednodušeji, představujeme-li si proudovodič jako plášť válce, shoduje se přímo s hustotou dotyčného proudu v amp/cm, a lze si podle toho také v kterémkoli bodě magnetického pole představovati změření místního obtoku provedeno tak, že si do směru pole vmyslíme podobný plášťový vodič a potřebným protiobtokem pole v onom místě vykompensováno.

Co se týče elektromagnetické indukce, užijí pro časový integrál indukovaného elektrického rozpětí k stručnějšimu a zřetelnějšimu vyznačení hodnoty získané metodou balistickou a udané ve voltsekundách výrazu „indukční popud“ s eventuálním přívlastkem „místní“, je-li vztažen na průřez 1 cm^2 .

Pokud bude třeba *veličiny označovati*, užijí pro množství elektrické (posuv) písmena Q , rozpětí P (na rozdíl od potenciálu V), obtok K , indukční popud B a pro jich hodnoty místní, resp. hustoty

písmen malých q, p, k (na rozdíl od intenzity magnetického pole h), b ; zvláštního vyznačování povahy vektorové není — myslím — pro školu střední potřeba.

Konečně budíž ještě poznamenáno, že při rozsáhlosti látky není mi možno všechny myšlenky rozváděti a také ani bráti ve všem zřetel k hlasům literatury.

V partiích novým postupem zasažených — jde z valné části o samy principie — vyskytují se změny v pojetí veličin, ve volbě měř., v postupu a v prostředcích experimentálních. Rozvrhu tohoto hodlám se také přidržeti, ovšem jen podle možnosti, neboť vzájemné zasahování ostrého rozhraničení nepřipouští.

Povšimněme si se stanoviska didaktického nejprve obou základních veličin Pohlovy soustavy, *intenzity proudu a rozpětí*. Klade se důraz na jejich „specifičnost“. Nelze, myslím, říci, že by při dosavadním způsobu nevystupovala také, resp. že by nemohlo býti postaráno o to, aby vystupovala zřetelněji. Předcházel již podobný případ teploty a tepla, při zákonu Coulombově učitel zajisté poukázal na to, že síla je tu pouze prostředkem k zavedení kvantity u elektrického množství, a podobně při posuzování intenzity proudu podle účinku magnetického. Závada může vznikati teprve konstrukcí dimensionálních výrazů,*) což však pro školu střední nepadalo na váhu. Hůře bývalo postaráno po této stránce o napětí. Při obvyklé úvaze energetické za pojem potenciálu — a to dokonce především uvnitř pole — nebyvalo spojitosti s oním stavem daným přírodou ve člancích; zůstával proto v popředí dojem pojmu z mechaniky bez náležité motivace vykonstruovaného.***) Byla v tom zřejmě jedna ze závad odluky elektřin různého původu. Nyní však chce se právě naopak od rozpětí daného vycházeti! Není divu, že se vyskytují námítky; vzpomeňme jen pestrosti případů — rozpětí článku, rozpětí pole mezi elektrovanými vodiči, místní rozpětí v poli, rozpětí indukované — a dvojího druhu projevu! Je to nesporně pojem nesnadný a trvalo také dlouho, než se i vědecky jasně vyvinul. Přesto však s druhé strany: Tažme se, zda je přírodou dána některá jiná, zřetelnější a přístupnější elektrická veličina určité hodnoty než rozpětí článku zaručené silami molekulárními? Nenabízí se již z tohoto důvodu myšlenka měření, obdobná způsobu pro teplotu ze základních bodů? Mnohdy

*) Věci se dotýká také Nachtikal v „Technické fysice“ § 164. Pohl v předmluvě třetího vydání svého díla uvádí, že by se požadavku, aby dimenze udávala současně předpis měřic, mohlo vyhověti, kdyby se za základní zvolilo těchto 6 jednotek: cm, g, sec, 1° abs. teploty, elektrostatičká jednotka náboje a elektrostatičká jednotka napětí; předmětem diskuse mohlo by prý býti jen zavedení ampéru a voltu místo posledních dvou. — V Německu „Richtlinien . . .“ z r. 1925 dimense žádají.

**) Příklad zavdal svou stránkou matematickou podnět ke kontroverzi Strouhala s Höflerem (ZfU 22, 213 a 23, 65).

se ovšem uvádí, že se pro založení pojmu pole pojem síly, jakožto žákovi běžnější, spíše hodí než pojem rozpětí,*) což jinak znamená, povážíme-li, že silově lze zavést pouze rozpětí místní, předložení otázky, zda jest dáti přednost postupu od diferenciálního k integrálnímu či naopak. Myslím, že o odpovědi rozhoduje, čím chceme charakterisovati onen místní stav: Od intensity elektrického pole správně jsme postupovali energeticky k potenciálovému rozdílu jakožto součtu místních prací, místní rozpětí naopak má být posledním krokem při zkoumání pole o zjištěném rozpětí celkovém. Pro sledování cesty Pohlovy je tedy radno, chce-li se čeliti kolísavosti. při pojmu rozpětí vyhýbat se představě energetické; pro otázku po smyslu jeho zde převodu na veličiny jiné není. Tuto značnou odlišnost v obojím pojetí je dlužno dobře si uvědomiti při rozhodování se o volbě postupu.

Zavedení rozpětí jako nové, neodvislé veličiny vyžaduje zvýšené pozornosti k založení jeho stupnice. Pohl sám se ve své knize úkolem tím nezabývá, ale z obsahu odbočky k zákonu Ohmovu k vůli voltmetru lze usuzovati na definici provedenou z účinku statického. Také Hahn i Heussel popisují kalibraci elektrometru použitím baterie článků spojených za sebou. Nesmí se však při tom zapomínati na situaci pozměněnou a přistupovati k úkolu stupnice s poznatky hotovými z cesty dřívější.**). Po orientačních jen, předběžných pokusech (nezávislost statických účinků článku na velikosti a vzdálenosti elektrod, různost u různých článků, vzrůst při kombinování za sebou) je nutno rozhodnouti se definičně pro zásadu stupnice, a tu se ovšem — třeba i po eventuální orientaci také o účinku proudovém — nabízí sáhnouti po aditivnosti. První záznamy na elektrometru jsou nám tudíž značkami pro shodu políčka elektrometrického s polem příslušné baterie co do rozpětí, a interpolace je — přesně vzato — možna teprve po pokusném vyšetření vlastností pole deskového kondensátoru. Proti dřívější pracovní definici rozdílu potenciálového, jež poskytovala spojitost, je v této věci dosah a nedostatek cesty zvrácené patrný. Zdá se, že by se závadě dalo odpomoci založením stupnice na účinku proudovém, to by však, nehledě ani k spletnosti, neprůhlednosti a důsledku cesty, znamenalo zásadní chybu proti vzájemné neodvislosti základních elektrických veličin.

Množství elektrické bylo dříve posuzováno podle síly v poli, nyní má být měřeno podle množství vyloučených iontů. Výhodou nespornou jest přístupnost tohoto měření a rovněž lze uznati, že

*) Zásadou tou řízeny jsou výše citované návrhy Weberův³¹ a Weis-
sův³².

***) Hahn⁶ (str. 199) vyslovuje se tak, jako by tu vlastnost násobnosti byla logickou nutností, a Heussel⁵ (I, str. 43) dokonce kalibruje podle baterie akumulátorů, „deren Spannung man ja kennt“.

nová definice, založená na vazbě elektřiny s hmotou, dobře zapadá do rámce reformního. Je to bohužel vykoupeno ztrátou empirické povahy prvního zákona Faradayova, jenž byl v postupu dřívějším prvním nahlédnutím do struktury hmoty. Ostatně bylo by možno zavedení nynější opřítí do jisté míry o kvalitativní pokusy s elektrickými dvojrůstvy, jež by v úvodu do kapitoly o elektrickém poli zajisté nescházely. Ježto se definice elektrolytická vztahuje jen na elektřinu proudící, a samostatná definice pro množství klidné z rozpětí pole — jediná patrně možná po odsunutí zákona Coulombova — byla by opět porušením zásady neodvislosti, nezbývá v novém postupu skutečně než vzít za míru jeho účinek při přeprouzení. Způsob elektrolytický byl by k tomuto účelu pro svou bezprostřednost a průhlednost didakticky nejlépe doporučitelný, kdyby jen stačil na ta nepatrná, v elektrostatice se vyskytující množství.*) Způsob balistický, jehož Pohl užívá, je po stránce didaktické pravým opakem; technicky je ovšem vynikající, a situace je tudíž taková, že, mají-li se v intencích reformního postupu měření nábojů, potřebná pro kvantitativní vyšetření pole, konati vůbec, nezbude konec konců, než se s ním smířiti. Bude jen úkolem učiniti tuto cestu škole schůdnější.**) Krokem k tomu podstatným bylo by podle mého soudu postup obrátiti, t. j. kvantitativnost vypracovati nejprve pro pojem elektrického množství a míru intensity ponechati vůbec co nejdéle stranou. To by ovšem znamenalo za základní veličiny voliti rozpětí a elektrické množství; dvojice ta tvořila by snad celek případnější než rozpětí s intenzitou proudu.

Veličiny magnetické mají ovšem, když kvantitativní část nauky o magnetismu je přenesena zcela na půdu elektrickou, odpovídati změněné situaci. Proto odpadá tu pojem magnetického množství i intensity magnetického pole ve smyslu síly na jednotkový pól. Veličiny nové mají býti výrazem toho, že lze vystihnouti kvantitativnost pole magnetického veličinami elektrickými již zavedenými. Skutečně se vyjadřují nově v ampzáv./cm a voltsekundách, ale názvy těchto veličin? Ani ve vědě nejsou jednotné a ustálené, i zavádím si pro tuto paralelu z důvodů výše již uvedených „hustota obtoku“ a „indukční popud“. První pojem není

*) Výsledků měřitelných lze se dodělati jednak opětováním výboje — viz Mie¹ § 101, Hochheim^{2b} str. 117, Mosch² str. 139 —, jednak použitím speciálního coulombmetru s jimačem kapilárním — viz Mie na témž místě.

***) V této věci není postup Pohlův (§ 13) pro školu v několika bodech přijatelný. Není radno opíratí konkluse z pouhého předpokladu kvantity o poukaz, že by jinak užití pojmu substance nemělo smyslu; k těmto konklusím máme naopak žáka přivéstí výsledkem popsáných 3 pokusů; nemají také chybět pokusy, jež by potřebu zavedení kvantity teprve objevovaly, a jimž přirozeně náleží místo úvodní.

povahy silové, nýbrž charakterisuje různost magnetických polí, zjištěnou pokusně, hustotou budícího proudu elektrického, po případě jen myšleného, a teprve druhý vyjadřuje indukční a silový projev magnetického pole. Není ovšem vyloučena možnost, že by si nový způsob zavedl také pojem intensity pole — elektrického i magnetického — v dosavadním slova smyslu podle empirických rovnic $f_A = q'p_A$, resp. $f_A = k'b_A$, ale bylo by to snad zbytečné hromadění pojmů; shodovala by se pak měrná čísla těchto veličin v dekamegadynech/cm² s hodnotou místního rozpětí ve voltech/cm, resp. místního indukčního popudu ve voltsek/cm².

Kvantitativnost v oboru magnetismu je i pro didaktiku úkolem nesnadným a neuzavřeným; i v podání školském vystupují stopy otázek a různosti názorů, jež ve vědě samotné působí tak rušivý zmatek. Škola nemůže sledovati různé ty možnosti, nýbrž zde je třeba rozhodnouti se jen pro určitou konstrukci, a to takovou, jež by u žáka započala do připravené půdy co možná přirozeně a hladce.

Povšimněme si po této stránce konstrukce Pohlovy! Když přistoupí k otázce kvantitativnosti pole magnetického, volí za indikátor otáčivý moment, jímž pole působí na magnetku. Neužívá ho zprvu k tomu, aby mu snad hodnota jeho sloužila za míru pole, nýbrž pátrá pouze touž polohou torsijního magnetoskopu po magnetických polích v tomto silovém účinku sobě ekvivalentních a nachází znak této ekvivalence v rovnosti výrazu IN/l . Je tedy patrně studovaný silový účinek funkcí uvedeného výrazu, a vyšetření tohoto vztahu je předmětem teprve druhého kroku měřícího, jenž se provádí na téže aparatuře a vede k poznání přímé úměrnosti. Pro kvantitativnost pole magnetického je tedy tato míra vnesena z účinku mechanického, což jest přece jen — zvláště před vyšetřením účinku indukčního jakožto specificky elektrického — do jisté míry proti prohlašované zásadě odklonu od mechaniky. Také se pak pro studium účinku indukčního nedostává vlastně oprávnění, klásti si otázku po vlivu onoho výrazu IN/l jako celku. Mám za to, že, když je tu magnetismus pojat zplna do nauky o elektrině a jejího již založeného systému měr, na obě otázky — silovou i indukční — má a může být odpověděno výsledkem příslušného pokusu bez zavádění nové nějaké veličiny magnetické. A teprve fakt, že se v obou výsledcích shodně vyskytuje onen výraz IN/l , je upozorněním na pravděpodobnou vnitřní souvislost obou zjevů a na vhodnost toho, kvantitativnost pole magnetického vyjadřovati tímto výrazem, t. j. hustotou obtoku. Jak se ostatně s odporu proti definování veličin elektrických veličinami mechanickými slevuje podle potřeby i u přívrženců reformy, je vidno na př. z toho, jak Mie v „Elektrodynamik“ definuje svou „Feldintensität B“, ač se jako místní indukční popud vyjadřuje ve voltsek/cm², na prvním

místě silou na lineární proudovodič, ježto mu je tento zjev primárním a z něho odvozuje hodnotu indukce.

Druhá závažná změna naléhavě předkládá otázku *soustavy měř.* Soustava absolutní po stránce vědecké nepotřebuje obhajoby a nezaslouží si snižování, a ani s hlediska didaktického neměla by býti zavrhována a limine jako lešení, zralé k stržení po provedené výstavbě. Žádný obor fyziky neposkytuje žactvu cennější příležitosti, aby poznalo vybudování vědecké soustavy pojmů a měř podle ryzích zásad vědecké metodologie jako velkolepý výkon lidského ducha, jenž teprve umožnil proniknutí do této bohaté, smyslům bezprostředně nepřístupné oblasti. A tohoto obrazu soustava mezinárodní, jsouc v samých základních jednotkách závislá na výsledcích soustavy absolutní a sama zase některými svými výsledky překvapující, i přes sebe pečlivější logické uclánkování a vnitřní uzavřenost poskytnouti nemůže. Po této stránce všeobecně vzdělávací znamenalo by úplné ignorování soustavy absolutní ztrátu velmi citelnou; přírůstek dalších poznatků, jež by asi přinesl zisk na čase a didaktický materialism směru technického — zde zvláště svůdný —, sotva by mohl býti považován za náhradu rovnocennou.

Stinných stránek absolutní soustavy byli jsme si ovšem i dříve již vědomi. Pro definiční určování veličin chyběl škole experimentální podklad, takže půda pro představy nebyla náležitě připravena, úvahy měly ráz abstraktní, a tím byl přirozeně ohrožen sám zamýšlený účín, podmiňený propracováním přiměřeným nesnadnosti této látky. Soustava mezinárodní — ovšem v rámci postupu, do kterého je nyní zásazena, — vyznačuje se naproti tomu v definicích pochopitelností, v pokusech přístupností a v četných situacích lepší představitelností. Že nejsou jednotky absolutní na stupnicích měřicích přístrojů, a praxi že ovládly téměř veskrz jednotky zákonité, víme také již dávno. Ale nově přistoupil v neprospěch eventuální akce o udržení soustavy absolutní v středoškolském vyučování ten moment, že je nyní vlastně kusá, ztrativši převratem v magnetismu pro část elektromagnetickou pravý svůj základ.

Prostupování se soustav je svízelem v obou případech, ale nepřijemnější je v soustavě mezinárodní. Dříve byly míry legální nezbytně na programu, zde zbytky absolutních (kapacita v cm, intenzita magnetického pole v gaussech) stojí v cestě jako nemilá přítěž, a místo vysvětlení zhusta se sahá z nouze prostě k převodním číslům, což je didakticky hodno odsouzení. Tyto stopy původní soustavy jsou pro vyučování závadou dosti vážnou, neboť se žactvo samo nad takovými zjevy pozastaví. Patří sem také ony nápadné hodnoty 1,1180 mg a 1,0187 V, i zase naopak ona hladká konstanta úměrnosti 10^7 z pokusného vyšetření elektrické síly. Zajímavý je také případ látkových konstant ϵ a μ , jejichž číselná

hodnota resultující z pokusu zajisté nevzbudí pozornost, ale musilo by překvapiti sdělení o její souvislosti se 4 π . Všechny tyto věci — myslím — ve škole mlčením přecházeti nelze, a také je nesmíme ve škole vyřizovati způsobem, jakým odbývají styk s jednotkami absolutními Mie a Pohl, a jež sotva lze míti za dosti objektivní. Soustava absolutní je podle usnesení pařížského kongresu od června 1929 pro země konvence metrové závaznou, i mám za to, že, kdybychom se v našem školství z důvodů výše uvedených rozhodli postupovati reformně se soustavou měr mezinárodních, bude třeba aspoň pásmo vývoje měr elektrických žactvu přiměřeně na vhodném místě vylíčiti a zjednati tak v této dosti choulostivé věci trochu jasna. Do otázky je ovšem povolána promluvití také škola vysoká.

Problém *postupu* (v jednotlivostech i v osnově) sám o sobě vyžadoval by si tolik místa, že se zde mohou pouze některých bodů a stručně jen dotknouti.

Dřívější úvod polem radiálním poskytoval žákovi obraz pole sice nehomogenního, ale o jednoduché, fundamentální pravidelnosti, a zákonem Coulombovým dával mu již obecný prostředek k řešení případů složitějších. Jest jenom litovati, že se zůstávalo pouze při dálkovosti a že se neučinil po známém pokusu s indukci ve Faradayově válci krůček k zákonu pro místní posuv. Pole homogenní jevílo se jako případ zvláštní, a ježto se jeho homogenost kvantitativně blíže nevyšetřovala a zákon posuvu rovněž zůstal stranou, ušly pozornosti některé jeho typické odchylky od pole radiálního. Nyní se postup Pohlův tímto polem zahajuje. Otázku, zda způsobem a prostředky v knize Pohlově popsanými lze homogenost jeho přesvědčivě doložiti, ponechávám tu stranou; rozhodně však pro ni nestačí poukaz na souměrnost (Pohl³, str. 54). V takovém poli síla na náboj v poli není závislá na jeho poloze, indukce má ve všech místech stejnou hodnotu, deska kondensátoru i po oddálení je do pole vtahována touž silou a výraz pro ni obsahuje k překvapení žákovu součinitele $\frac{1}{2}$; to vše nezdá se nasvědčovati elementárnosti případu. Přejít k poli radiálnímu, při němž prostředníkem může býti pouze diferenciální výsek pole, provádí Pohl, nepřehlížeje k závažnosti změny, bez rozpaků a také beze snahy po verifikaci výsledku, tak podstatně jiného. — Jiným podobným případem jest pochod od magnetického pole v solenoidu k poli kruhové smyčky, resp. lineárního proudovodiče. Přistoupila by vědecká fyzika teoretická na takový postup?

Nynější *zdůrazňování stavu pole* nezůstalo přirozeně bez vlivu také na postup. Pole je v programu středoškolském již hezkou řadu let. Žactvo se počalo dovídati o struktuře jeho ze siločar, zvědělo o vlivu dielektrika a ději v něm, o výkladu působení do dálky, ale to vše jen kvalitativně, a vztahy kvantitativní, termino-

logie i dikce zněly tak, jako by se týkaly jen vodičů jako nositelů nábojů. Nyní je snaha posunouti pole přímo do popředí, nepřehlížeti je vedle vodičů, naopak proniknouti hlouběji a vyšetřiti i kvantitativně. Chce se nyní, aby se věnovala pozornost také tomu, jak se mění rozpětí kondensátoru kvantitativně se vzdáleností desek, jak souvisí hustota elektrického posuvu*) s místním rozpětím, a jakou hodnotu má energie pole. Všechny tyto 3 body nejsou tak vzdáleny dnešní půdě, jak by se zdálo, i mohly by snadno — bez změny postupu — býti připojeny. Zákon o rozpětí $P \propto d$ vyplývá přímo ze vzorce pro kondensátor ve tvaru $Q = \frac{\epsilon S \cdot V}{4\pi d}$, zákon

o posuvu $q \propto p$ rovněž, zavedou-li se tyto veličiny za Q/S , resp. V/d , a vzorec pro energii 1 cm³ homogenního pole je pouhou transformací známého vzorce $\frac{1}{2}QV$, platného pro elektrostatickou energii „nabitého vodiče“. Dodatků těchto je potřeba pro některé aplikace, ale hlavně mají cenu pro přiblížení pojmu pole a vniknutí do jeho vlastností. Zvláště je tomu tak v onom případě energie, kde představa, upjatá dosud vlivem odvození i obsahu vzorce — beztak proti potenciálu trochu opomíjeného — na samotný vodič, byla by přenášena dovnitř pole a na celou jeho rozlohu, jak toho řada dnes známých zjevů vyžaduje. Zákon posuvu pak je účinným prostředkem k tomu, myšlení žákovy z kolejí za nabízejícím se působením do dálky a výsledky integrálními znenáhla odvésti k pozoru na účinek místní a uschopniti k zaostření na veličiny místa. Cesta první rozhodně se nesmí pomíjeti; žákům ani na vyšším stupni nejsou síly dálkové ničím, nad čím by se pozastavovali, a bylo by proto vzhledem k běžnosti takových představ nepsychologické, kdyby se sáhlo k tomu, projednávatí problém uvažovaný neb jiné podobné blízkově, prve než byli žáci přivedeni k poznání potřeby této nové cesty. Příležitost k tomu poskytnou některé zjevy silové u elektrometru a deskového kondensátoru. Proto také při vyšetřování pole v kondensátoru může míti zákon posuvu své místo teprve k závěru. Jak nevhodná by byla předčasnost neb eventuální vylučnost stanoviska blízkového pro pochod didaktický, ukázala by sama dikce, jež by při důslednosti nepřipouštěla vlastně ani věty „Tělesa nesouhlasně elektrická se přitahují“ pro základní zjev v poli. Z této zásady vyplývá i stanovisko ke koncepci Hahnové; ostatně otázka fyzikální reality oné struktury pole, jaké se zdá nasvědčovatí vtroušená hmota, je problémem nezodpověděným i pro vědu samu, a je proto také sotva případné uváděti žactvo do kapitoly o elektrickém poli právě strukturou prázdného prostoru.

Znatelnou metamorfosu prodělává v této reformě kondensátor.

*) Uvésti lze do tohoto pojmu pochodem od hustoty náboje na desce daného přes místní rozpětí k hustotě náboje na vodiči v poli indukovaného.

Zařízení, které dosud teprve po kvantitativním projednání jednoho zelektrovaného svodiče přicházelo na řadu za účelem, ukázati jako nový další fakt vliv okolí na kapacitu a předvésti prostředek k zvýšení kapacity, ocítá se nyní jako normální případ pole s hraničním dvojvodičem na samém počátku elektrostatiky. Při tomto novém významu a postupu zřejmě mu tedy název „kondensátoru“ pro počáteční úvahy dobře nepřísluší a pro odlišení dvojí jeho role, jako pole vůbec a jako pole o vyšší kapacitě dvojvodiče, vůbec nevystačí. Také v samotném projednávání jsou rozdíly dosti podstatné, jak ve způsobu „nabíjení“, tak ve výkladu změn v rozpětí.

V souvislosti s vystoupením Pohlovým počalo se také znovu a více jednati o způsobu, *nduku o elektrické zahajovati proudem*. U Pohla samého jde, jak již výše uvedeno, pouze o účel, připravit si pro vlastní postup základní jednotky a měřicí stroje. Jinde se však soustavné projednávání proudové od samého počátku skutečně vyskytuje, ve škole i v literárních dílech; dlužno tu poukázati zvláště na Francii, kde je nyní elektrostatika ze střední školy takřka úplně (až na pojem kapacity) odstraněna. Je zajímavé, povšimnouti si blíže partií úvodních při takovém postupu. Někde se skutečně žádné bližší vědomosti žáků o proudění nepředpokládají, a vše se teprve krok za krokem experimentálně-induktivně vyvíjí (viz na př. zprávu Brunnovu⁸ a Blumeovu³⁶). Prozrazuje to sice zřetelně, co otázek je vlastně v takovém počátku pro začátečníka nakupeno, ale lze míti za to, že výsledkům přemnoží žáci již předešli, takže způsob ten neodpovídá základní tendenci budovati právě na vlastních znalostech žáků z oboru proudu. Zkusí-li se to však s tímto předpokladem, shledá se zase, že se brzo narazí na mlhavé a nesprávné představy. Zhusta nebývá postup ryzí, a ukáže se žádoucí více méně obšírná odbočka elektrostatická.

Je opravdu zvláštní, že se v době, kdy na jedné straně je kladen na pole v dielektriku zvýšený důraz, současně na druhé straně tento základ pole proudového opomíjí, že se nemíní věnovati pozornost statickému stavu pólů, na nichž má proud svůj původ, že se zapomíná na potřebu zřetelného odlišení množství elektrického od intensity proudu, což je možno právě jen staticky, že se nepamatuje na to, aby pro představu práce proudu bylo předem postaráno o průpravu na názornější práci v poměrech statických, a že se zanedbává také vypěstění smyslu pro spád potenciálu, tak potřebného pro chápání zákona Ohmova! Nemůže býti výmluvnějšího dokladu pro nepřirozenost této mezery v organickém celku, než jsou hlasy učitelů francouzských, hledajících cestu pro vzniklé tak svízelné situace. Lenouvel*) konstatovav, že „l'étude

*) Bulletin de l'union des physiciens, r. 26 (1932), str. 209; v též časopise článek Boryho r. 28, str. 8 a Rimatteiho r. 28, str. 77.

de l'électricité dynamique, sans aucune connaissance de statique, présente un point délicat: la définition de la force électromotrice et de la différence de potentiel“, vede k poznání elektromotorické síly konstantností výrazu $I(R + \rho)$ — odpor definují Francouzi podle zákona Joulova —, rozdíl potenciálů pak zavádí jako veličinu, kterou dlužno násobiti intenzitu, aby se obdržel výkon v proudovodiči ve wattech. Bory řeší touž obtíž známým definičním zavedením úměrnosti mezi napětím a intenzitou, opouští tím ovšem onu energetickou definici odporu a definuje naopak z výkonu volt. Vysvětluje se takto stesk Rossignolův, že „aujourd'hui la loi d'Ohm a été vidée de son contenu physique“ a Bruhatův, jenž vytyká „aux exposés énergétiques de ne nous donner aucune idée du mécanisme des phénomènes“, i návrh Rimatteiho, aby vzhledem k dosahu takové nedostatečné přípravy nastávajících biologů a mediků pro potřeby jich v atomistice, když neslyšeli vůbec o nábojích v klidu a jejich dvojím druhu, ani o elektrickém poli(!), znovu byly určité partie elektrostatiky do programu pojaty.

Snad má odpor proti elektrostatice svůj původ zčásti v bývalém jejím podání, ale jejím žádoucím a přijatelným omezením na moderní nauku o elektrickém poli bude moci motiv ten odpadnouti. A při současné snaze neseparovati zjevy elektrické v klidu a v pohybu nic nestojí v cestě tomu, aby se nauka o nich zahajovala proudem, třeba i ze sítě, a tento kinetický úvod sledoval tak dlouho, pokud si vynořující se závady v představách neb problémy věčné samy nevymáhají vysvětlení, resp. odvození ze stavu statického.

Obšírnou otázkou pro sebe bylo by také postavení a projednání *elektronů* v novém postupu, ale zde stačí poukázati jen stručně k tomu, že za dnešního stavu vědy je nemyslitelné, aby se jako atomy elektřiny nezavedly již na počátku při tématu elektrické substance; otázky kvantitativní nejhodněji přijdou na řadu teprve při příležitostech, které k poznání existence a hodnoty známých veličin e a m vedly.

Pozornosti zvláštní vyžádá si ještě *stránka experimentální*, tvořící významný článek převratu. Byly to v dřívějším postupu právě nedostatky v experimentálním založení, jež nejvíce od oné cesty odvracely. Zavádějí se nyní prostředky nové o slibné výkonnosti, jež by poskytnutými výsledky podávané základy nauky o elektřině lépe než dříve upevnily. A tu tedy vedle otázky dostupnosti takových prostředků pro školu střední trvá otázka oné výkonnosti. Na ty krásné výsledky uváděné v publikacích nelze se totiž plně spoléhati, a také nemůže rozhodovati sám jednotlivec se svým speciálním zařízením a úpravou; bude tu třeba vydatné součinnosti právě na poli těch novinek. Vede mne k této výzvě vlastní zkušenost. Zkoušel jsem některé z těchto nových návrhů prozatím pouze s prostředky mně ve sbírkách ústavu přístupnými,

a výsledky nezanechaly mne bez jakýchsi pochybností. Hochheim¹⁵, jenž popisuje práce podobné, přiznává výsledkům nepokrytě ráz pouze orientační. Musí tudíž teprve hojná zkušební prakse ukázati, pokud budou ony metody našim účelům a možnostem vyhovovati.

Pokusil jsem se provedenou paralelou předvésti, jaký dosah má podle mého soudu projednávaná nyní změna ve vyučování elektríně jak v látce samé, tak po stránce vzdělávací a pro studium na školách vysokých. Velmi mnohé z následků, které by snad mohly býti odborně neb k vůli vzdělání vzaty v odpor, spadají pouze do rámce školy střední, i je tudíž řešení příslušných otázek spíše jen záležitostí naší vnitřní. Jest si jen přáti, aby se v tomto směru vyvinula i u nás činnost intensivnější. Ale v celé řadě věcí — odchýlné pojetí veličin, upuštění od některých pojmů, resp. jejich nepropracovanost, změny ve smyslu zákonů, odložení absolutní soustavy elektrostatické a elektromagnetické, kolise s konvencemi mezinárodními, vědeckost postupu — dotýká se reforma tak těsně i studia vysokoškolského, že pro řešení otázky zásadní — zda pro či proti či jak jinak — bude nevyhnutelno, aby své stanovisko vyjádřili také zástupci experimentální i teoretické fyziky, příp. i ostatních oborů přírodovědných a technických na školách vysokých.

Přehled citovaných prací.

Díla: ¹ G. Mie: Lehrbuch der Elektrizität und des Magnetismus (Eine Experimentalphysik des Weltäthers), 1910. — ² E. Mosch: Lehrbuch der Physik IV, 1927. — ³ R. W. Pohl: Einführung in die Elektrizitätslehre, I. vyd., 1927. — ⁴ K. F. Müller: Der Unterricht in Physik, 1928. — ⁵ G. Heussel: Elementare Elektrizitätslehre, I. 1932, II. 1933. — ⁶ K. Hahn - Henckel: Lehrbuch der Physik, 2. vyd. 1933. — ⁷ K. Hahn: Zur Reform des Unterrichts in der Elektrizitätslehre, 1933.

Články: Zeitschrift für den phys. und chem. Unterricht (ZfU; roku 1930 ročník 43): ⁸ Brunn (14, 83). — ⁹ Spies (14, 86). — ¹⁰ Kleinpeter (14, 153). — ¹¹ Classen (23, 375). — ¹² Strouhal (23, 65). — ¹³ Kleinpeter (24, 129). — ¹⁴ Classen (25, 137). — ¹⁵ Hochheim (30, 113). — ¹⁶ Orlich (36, 73). — ¹⁷ Rosenberg (36, 145). — ¹⁸ Hermann (37, 69). — ¹⁹ Semiller (41, 53). — ²⁰ Pyrkosch (46, 215). — Unterrichtsblätter für Mathematik und Naturwissenschaften (UMN; roku 1930 ročník 36): ²¹ Berlage (37, 359). — ²² Hahn (38, 6). — ²³ Hermann (38, 301). — ²⁴ Hahn (38, 306). — ²⁵ Berlage (38, 310). — ²⁶ Hermann (39, 46). — ²⁷ Berlage (39, 84). — ²⁸ Hahn (39, 158). — ²⁹ Pohl (39, 189). — ³⁰ Heussel (39, 197). — ³¹ Weber (39, 330). — ³² Weiss (39, 365). — Zeitschrift für math. und naturw. Unterricht (ZmU; roku 1930 ročník 61): ³³ Emde (48, 358). — ³⁴ Mayer (58, 411). — ³⁵ Hillers (59, 229). — ³⁶ Blume (62, 64). — ³⁷ Hauser (62, 209). — ³⁸ Weller (64, 71). — ³⁹ Ganzlin (64, 219). — ⁴⁰ Hillers (64, 234). — ⁴¹ Weiss (64, 275). — ⁴² Hahn (64, 279). — ⁴³ Hillers (64, 291). — Praktische Schulphysik (roku 1930 ročník 10): ⁴⁴ Heussel (12, 2). — ⁴⁵ Wolff (12, 16). — ⁴⁶ Lebküchner (12, 94). — ⁴⁷ Heussel (12, 145). — ⁴⁸ Heussel (12, 154). — ⁴⁹ Lebküchner (13, 49). — ⁵⁰ Heussel (13, 77). — ⁵¹ Heussel (13, 170).