

# Pokroky matematiky, fyziky a astronomie

---

Emil Kašpar

Některé didaktické problémy ve vyučování elektřině a magnetismu

*Pokroky matematiky, fyziky a astronomie*, Vol. 7 (1962), No. 2, 91--109

Persistent URL: <http://dml.cz/dmlcz/139734>

## Terms of use:

© Jednota českých matematiků a fyziků, 1962

Institute of Mathematics of the Academy of Sciences of the Czech Republic provides access to digitized documents strictly for personal use. Each copy of any part of this document must contain these *Terms of use*.



This paper has been digitized, optimized for electronic delivery and stamped with digital signature within the project *DML-CZ: The Czech Digital Mathematics Library* <http://project.dml.cz>

# VYUČOVÁNÍ MATEMATICE A FYZICE

## NĚKTERÉ DIDAKTICKÉ PROBLÉMY VE VYUČOVÁNÍ ELEKTŘINĚ A MAGNETISMU\*)

EMIL KAŠPAR

Didaktických problémů, které v nauce o elektřině a magnetismu existují a čekají na řešení, je mnoho, a není možné shrnout do jednoho referátu všechny, ba ani všechny důležité. Můj referát se týká ze současných problémů toho nejnaléhavějšího, tj. otázky *didaktické soustavy* v úvodu do nauky o elektřině a magnetismu na 2. cyklu škol.

V souhlase s tímto tématem bude můj referát obsahovat tyto body:

1. Obecnější poznámky o didaktických *principech*, zejména o principu názornosti a o jejich uplatňování v nauce o elektřině a magnetismu.

2. Ve druhém bodě se chci zmínit o hlavních typech didaktických *soustav* ve fyzice.

3. Třetí bod bude obsahovat rozbor známé didaktické soustavy německého fyzika R. W. POHLA.

4. Ve čtvrté části svého referátu načrtnu návrh didaktické soustavy, která vyhovuje požadavkům moderní didaktiky.

5. V páté části se budu zabývat otázkou vhodnosti didaktické soustavy vycházející z proudových pojmů, a to na 2. cyklu.

### 1. Didaktické principy a povaha fyzikálních poznatků

Z didaktických principů stavíme ve fyzice na 2. cyklu stejně jako na základní devítiletce na první místo *principu názornosti*. Tento princip vychází ze známé BACONOVY věty, že „nic není v poznání, co nebylo dříve ve smyslu“. Mezi nefyziky a nepřírodovědci se velmi často vyskytuje mylné domněnky, že každé přírodovědné vyučování může bez výjimky vycházet z přímého názoru. Ale princip názornosti se ve fyzice, a zvláště v nauce o elektřině a magnetismu, setkává se značnými potížemi, neboť tu nelze často aplikovat známou leninskou tézi „od živého názoru přes abstrakci k praxi“. Plyne to ze zvláštní povahy obsahu elektřiny a magnetismu, kde první stupeň uvedených leninských stupnic poznávání nelze velmi často bezprostředně uskutečnit, neboť elektrický náboj ani v klidu ani při pohybu není na rozdíl od jiných látkových forem hmoty žádným naším smyslem přímo vnímán. Na existenci elektrického náboje, popř. elektrického proudu usuzujeme z různých *mechanických* stavů těles, např. z jejich vzájemných silových účinků, kterými za těchto elektrických stavů na sebe tělesa působí (přitahování nebo odpuzování zelektrovaných těles nebo podobné účinky mezi dráty, jimiž prochází proud atd.), popř. se o existenci elektrických nábojů nebo proudu přesvědčujeme z jiných fyzikálních nebo chemických účinků (tepelné a světelné účinky, vylučování a rozklad látek), které jsme schopni přímo vnímat.

Obtížnost úkolu fyziky zde plyne právě odtud; věda má totiž z pozorovatelných účinků vykonstruovat jednoduché obrazy příčin, které ony pozorovatelné účinky působí. Někteří autoři metodických příruček, popř. učebnic se snažili uvedenou nesnáz odstranit tak, že do úvodu nauky

\*) Referát přednesený na konferenci JČMF v Praze dne 23. října 1961.

o elektřině a magnetismu vkládali hydrostatická nebo hydrodynamická podobenství. Např. někdejší RYŠAVÝHO Fysika pro nižší třídy středních škol vykládá základní elektrostatické jevy srovnáním s vlastnostmi a ději plynu<sup>1</sup>). Pro výklad vzniku elektrického proudu uvádí Ryšavý mechanickou paralelu, při níž se ukazuje vznik proudění vody ve spojovací trubici u spojených nádob, v nichž jsou hladiny nesterjné vysoko. Podobné přímery nacházíme i v jiných učebnicích.

Na první pohled se užití těchto přirovnání zdá vhodné, zejména proto, že jsou názorná. Taková přirovnání však skrývají pro žáky různá úskalí: jedno z nich je, že objasňujeme jevy zcela neznámé na jevech, které žákům po fyzikální stránce nejsou též známé (např. zákony proudění kapaliny nebo plynu v silovém poli). Druhé nebezpečí je v tom, že žáci přenášejí z přímeru na vykládaný jev všechny představy, i ty, které přenášet není správné (v našem případě např. představu, že elektrony jsou v jedné elektrodě nahromaděny a vytékají z ní jako voda z nádoby do potrubí a že se hromadí v druhé elektrodě — u vody na rozdíl od elektrického proudu je to často neuzavřený oběh). Další nevýhodou je, že se neosvětlí všechny stránky objasňovaných jevů, např. polarita elektřiny, proudění nábojů  $+$  a  $-$  proti sobě v elektrolytech, vznik magnetického pole, vzájemné silové působení zelektrovaných vodičů, proudů atd.

Někdy se dokonce někteří autoři a učitelé snaží pokud možno nejvíce elektrických jevů a zákonitostí demonstrovat a vykládat na jevech hydrodynamických, takže žák v nauce o elektřině a magnetismu vidí víc pokusů s vodou než s elektřinou. Takový extrém nelze schvalovat, protože žák se musí především seznámit s elektrickými jevy samotnými a výklad jevů, tj. nové pojmy a dále hypotézy a teorie si vyvozuje z tohoto povaze věci nejpříměřenějšího zkušenostního materiálu. Ovšem hydrostatické a hydrodynamické přímery, jsou-li užívány v rozumné míře, úplně zavrhat nebudeme.

Své stručné poznámky, pokud jde o princip názornosti, shrnuji takto: nauka o elektřině a magnetismu buduje fyzikální obraz o světě jevů, které nejsou přímému názoru přístupné. Z účinků, kterými se některé elektrické stavy pozorovatelně projevují, buduje nauka o elektřině a magnetismu názorný obraz o příčinách těchto účinků. Tento názorný obraz buduje nejdříve jako hypotézy, v dalším stupni poznání těchto jevů jako teorii elektrického a magnetického pole. Protože se žáci s takovou situací setkávají ve školské fyzice ve větší míře poprvé (v menší míře a s daleko méně abstraktními představami tomu tak bylo v teoriích tepla nebo v teorii molekulárně kinetické stavby hmoty), je nauka o elektřině a magnetismu jednou z nejsvízelnějších záležitostí na střední škole vůbec.

Jestliže máme takové potíže s uplatňováním principu názornosti, plyne z toho, že tento didaktický nedostatek musíme kompenzovat: tj. zvlášť úzkostlivě dodržovat ostatní didaktické principy. Jak při volbě postupu a při systemizování učiva, tak při vlastním výkladu musíme být zvlášť opatrní a zvlášť přísní na každý přestupek — který není nevyhnutelně nutný — proti ostatním didaktickým zásadám, jimiž zajišťujeme solidní vědomosti žáků ve fyzice. Musíme např. zvlášť dbát na to, aby byl při výkladu žákům jasný obsah a rozsah nově zaváděných pojmů, žák nesmí tápat, co si pod nově zavedeným slovem má představovat. Dále musí být učivo rozvíjeno v přísné správné didaktické soustavě, tj. především logické soustavě, ve které nic nemá padat shůry, není-li to nezbytně nutné: nové poznatky musí buď vycházet ze starých, nebo na ně musí navazovat, zpřesňovat je a doplňovat v soustavu faktů, které spolu organicky souvisí vnitřními fyzikálními vztahy a jsou navzájem nesporné. Není např. správné osnovat učivo tak, aby bylo nutné odvolávat se na pozdější poznatky častěji, než je nezbytně nutné.

Podstatou každého dobrého vyučování je pochod, při němž na podkladě vědění, které žák získal buď svou životnostní zkušeností, nebo v předchozím vyučování, se žákovi objasňují nové poznatky, které se tak spoluprací učitele a žáka stávají součástí stále bohatšího jeho vědění. Při vyučování fyzice užíváme nových, často uměle navozených zkušeností (pokusů), které jsou vedle dřívějšího žákova vědění běžným, ba podstatným zkušenostním východiskem k obohacování žákova vědění. Jestliže se ve vyučování fyzice z demonstrací a z jiných pokusů nevychází — ať

<sup>1</sup>) RYŠAVÝ VL.: Fysika pro nižší třídy středních škol. Praha 1934, str. 44, 45.

už se tak děje z jakéhokoli důvodu — je nutno se na tento stav dívat jako na nešvar, proti kterému, je nutno bojovat, zejména se zřetelem na jeho příčiny. Jestliže osnovy nebo učebnice tomuto nešvaru ustupují, je to neomluvitelné slabošství. Kdyby osnovy a učebnice k tomuto nešvaru svým pojetím vedly, pak by to byly pochybené osnovy a pochybené učebnice.

Nepřímé poznání, ke kterému docházíme cestou myšlení, je nesmírně obtížný pochod, a na nepřímé poznání jsme v nauce o elektřině a magnetismu odkázáni nejčastěji. A proto musíme zajistit všechny předpoklady, abychom tuto cestu poznání usnadnili a nezůstali při formálních nebo snad dokonce jen verbálních poznatcích.

## 2. Didaktické soustavy ve fyzice

Zatím jsme se zabývali potížemi, které plynou z podstaty nauky o elektřině a magnetismu, tedy potížemi pro fyziku jaksi osudovými. Jiné didaktické nesnáze plynou zvnějška, tj. z přístupu metodiků (autorů osnov a učebnic) k učivu o elektřině a magnetismu jako celku i k jednotlivým tématům. Problémů je v tomto ohledu v nauce o elektřině a magnetismu mnoho a rozmanitých. Probereme si jednu ze zásadních otázek, která je též u nás dávno přetřásána a která se v poslední době stala zvláště aktuální. Je to problém základní struktury soustavy učiva v nauce o elektřině a magnetismu, tj. jak za sebou řadit jednotlivé oddíly, zejména jak začít: zda magnetismem či elektrostatikou nebo elektrickým proudem. Jde o nalezení nevhodnější didaktické soustavy v nauce o elektřině a magnetismu.

Didaktická soustava se teoreticky může tvořit podle různých hledisek. Nejnámější a nejdiskutovanější jsou tři typy didaktického systemizování učiva fyziky. Do první skupiny patří soustavy, jimž je vzorem systém *vědního oboru*, v našem případě systém fyziky jako vědecké disciplíny. V tomto případě bychom mohli vzít za vzor buď teoretickou fyziku, která pořádá poznatky často jen formálně logicky, nebo soustavu, která je vytvořena podle vnitřních fyzikálních souvislostí jevů. Je samozřejmé, že pro střední školy je vhodnější tento druhý způsob.

Druhý typ didaktických soustav se opírá o *historický vývoj* fyziky a postupuje podle časového sledu fyzikálních objevů. Důsledně provedený systém podle tohoto historického hlediska by byl neekonomický, neboť fyzika ve svém vývoji často tápala, a proto není ve školské fyzice realizovatelný. Někdy se však k němu uchylujeme též aspoň při výkladu některých témat, a to z toho důvodu, že k novým objevům došlo velmi často tak, že byly pozorovány nejdříve jevy nejnápadnější, a proto smyslům (názoru) nepřístupnější. Srovnáváme-li však staré učebnice fyziky s novými, nemůže nám ujít nápadný fakt, jak historický postup stále zřetelněji ustupuje takové soustavě učiva, jež je budována na vnitřních souvislostech jevů a je pro pochopení nových poznatků časově ekonomičtější.

Třetí typ osnování učiva je ovlivněn metodou *projektů*. V tomto případě se dalekosáhle ustupuje od fyzikálních souvislostí poznatků. Žáci získávají vědomosti na více nebo méně složitých technických zařízeních (jízdni kolo, automobil ap.) nebo na technických problémech (doprava, určité výrobní odvětví atd.). Tato metoda projektů, při níž se často fyzika sdružuje s chemií a biologií v jediný a zpravidla nesourodý aglomerát „přírodovědu“, se uskutečňuje nezřídka v západních státech, ale hlavně na nižším stupni škol (našeho 1. cyklu). Nejpřirozenější místo mají takové soustavy učiva na národní škole, kde žáci obohacují své poznání na svém nejbližším okolí.

V našem případě — v nauce o elektřině a magnetismu na 2. cyklu jako celku — je zásadně vhodný jen systém učiva, který je založen na vnitřních fyzikálních souvislostech poznatků.

V otázce didaktické soustavy je tedy pro nás důležitým úkolem nalézt odpověď na otázku, která z didaktických soustav, vycházejících z vnitřních souvislostí mezi jevy, jimiž se nauka o elektřině a magnetismu obírá, je pro školy 2. cyklu vhodná.

Soustava středoškolského učiva nemůže být jednoznačně určena ve všech detailech soustavou fyziky jako vědy. Je samozřejmé, že teoreticky je z hlediska didaktiky přijatelná každá soustava

učiva, ve které je zachován již uvedený základní didaktický princip, podle něhož následující učivo si žák osvojuje na základě dřívějších a dobře pochopených poznatků. Pojem logická soustava učiva má právě jen tento význam. Neznamená to tedy, že bychom chtěli ze středoškolského učiva tvořit přísně formálně logicky budovanou stavbu i bez ohledu na ostatní zásady, jakými jsou např. požadavek názornosti, přiměřenosti nebo postup od snazšího k obtížnějšímu atd. Ovšem sestavit takovou soustavu poznatků lze způsobem různým, a proto vznikaly a vznikají různé varianty osnov a učebnic. A každá varianta má své přednosti a své nedostatky. Postup ve starších učebnicích fyziky pro všeobecně vzdělávací školy 3. stupně (dnešního 2. cyklu) je vám všem dobře znám a nebudu se o něm příliš šířit. Dříve předcházela nauce o elektřině samostatný oddíl o magnetismu. Na snadno demonstrovatelných magnetických polích trvalých magnetů bylo možno dobře objasnit základní vlastnosti, pojmy a veličiny magnetického pole. Proto se toto propedeutické zařazení magnetismu před nauku o elektřině udrželo poměrně dlouho, i když bylo známo, že oddíl o magnetismu věcně zapadá lépe a přirozeněji až do elektromagnetismu. Teprve v učebnici pro 11. ročník z r. 1954 je zařazen magnetismus za výklad elektrostatického pole. V této učebnici se ještě objevuje Coulombův magnetický zákon, nikoliv však už v pokusné učebnici Fyzika 11 z r. 1959. Problém zařazení magnetismu do učiva se dnes považuje spíše za otázku odbornou než didaktickou, a na této konferenci se mu věnuje pozornost při jiných referátech. Nebudu proto do něho zabíhat. Jinak se v našich učebnicích pro interní studium na všeobecně vzdělávacích středních školách udržel tradiční postup od elektrostatiky přes elektrokinetiku až po elektromagnetismus.

Podle mého názoru základní otázkou, kterou má v otázce didaktické soustavy tato konference řešit, je tato: V r. 1927 vyšlo 1. vydání učebnice R. W. POHLA, profesora fyziky na universitě v Göttingách, pod názvem Einführung in die Elektrizitätslehre. Názory a didaktický systém, které Pohl uplatňoval ve své vysokoškolské učebnici, ovlivnily značně názory na vyučování elektřiny a magnetismu některých fyziků, a to dokonce některých učitelů na středních školách. Didaktická soustava Pohlůva vychází z pojmů *elektrický proud* a *elektrické napětí* jako základních v nauce o elektřině a magnetismu a od nich postupně vybudovává soustavu dalších pojmů a poznatků. Tento pokus byl zaměřen na vysoké školy, kde předpoklady, s nimiž studenti přicházeli studovat fyziku, byly zcela jiné než na školách středních. Proto dřívější pokusy zavést Pohlův postup na naše všeobecně vzdělávací školy 3. stupně zpravidla v zárodku ztroskotaly.

V novější době však znovu ožívají snahy napodobit Pohlůvu didaktickou soustavu ve středoškolské nauce o elektřině a magnetismu. Je to podporováno též zaváděním internacionální soustavy jednotek, ve které je za základní jednotku pro elektřinu zvolen ampér. Tyto snahy mají oporu ještě v jiné okolnosti, a to v jakémsi opovrhování elektrostatikou, ve které se někdy nevidí organická součást poznatků z nauky o elektřině a magnetismu, nýbrž samoučelná antikvita. Ukážu v dalším, že tato didaktická soustava vede na střední škole k porušování základních didaktických zásad.

### 3. Didaktická soustava R. W. Pohlůva

Všechny učebnice pro 2. cyklus, které v nauce o elektřině a magnetismu vycházejí z proudových veličin, tj. velikosti proudu a napětí, napodobují Pohlův postup — ať vědomě nebo nevědomky —, a proto se musím podrobněji zabývat Pohlůvými zásadami, jak je uvádí ve své učebnici, a to v 8. a 9. vydání z r. 1943. Budu reprodukovat pokud možno doslovný překlad úvodních odstavců Pohlůvy učebnice; vynechám však z textu to, co není pro řešení našeho problému nezbytně nutné.

Svou učebnici Pohl začíná slovy: „*Při výkladu mechaniky se začíná s pojmy délka, čas a hmota. Užívá se hned měřicích přístrojů, osvědčených v denním životě, tedy dnešních hodin, vah a měřidel.*“

„*Při přechodu k nauce o teple se všeobecně zavádí nový pojem teploty. Od počátku užíváme teploměru, s nímž je každý obeznámen jako s pomůckou při experimentování.*“

*Podobně navazujeme též v nauce o elektřině na denní zkušenosti praktického života. Začínáme*

*s pojmy dnes obecně užívanými, elektrický proud a elektrické napětí, a s přístroji, jimiž se měří. Jako východisko našich experimentů nám poslouží existence chemických zdrojů proudu, kapesní baterie, akumulátory...“.*

Rozeberme si tento text. První chybou v Pohlových úvahách je okolnost, že se v nich nečiní rozdíl mezi různými pojmy, které mají stejný název. Je to nesprávné zaměňování složitého jevu s jednou jeho vlastností, které fyzikové přiřazují určitou veličinu a dávají jí stejné jméno: elektrický proud (děj) — elektrický proud (veličina); hmota (realita) — hmota (veličina). Protože však toto zaměňování je vážným a běžným zdrojem nedorozumění při vyučování, řekněme si o tom několik slov, a to nejdříve u základních fyzikálních pojmů a veličin: času, délky a hmoty.

Čas je případ nejjednodušší, neboť je to pojem fyzikálně neobyčejně chudý, v elementární fyzice má jedinou kvantitativní vlastnost — velikost. Jinak je to pojem základní, zkušenostní, nedefinovatelný.

Délka je již složitější jev, neboť může být realizována v různých formách, které mohou mít i jiné kvantitativní vlastnosti. Představíme-li si délku ve tvaru oblouku jednotkové kružnice — nějakou formu představa délky má vždycky, ať chceme či nikoliv — pak tato představa má vedle vlastní délky oblouku i jiné kvantitativní vlastnosti, jako příslušný středový úhel, křivost kružnice, plochu příslušné výseče ap. Z toho je zřejmý jeden z důvodů, proč si nositele délky zpravidla představujeme ve tvaru úsečky, i když ve skutečnosti dráhy, čáry apod. často přímočaré nejsou. Ale sama veličina délka tvar nemá, a zabývá-li se tím zde, jde o průpravné úvahy pro další naši potřebu. Jinak ve fyzice přejímáme pojem délky z matematiky.

Daleko složitější je to s pojmem *hmota*. Názor Pohlův, že žáci znají pojem „hmota“ z běžného života, je nesprávný, a už vůbec není možno souhlasit s názorem, že žáci z běžného života vědí, že vážením se zjišťuje veličina „hmota“. Vzpomeňme, kolik času jen diskuse o tomto problému zabraly nám. Nehledíme-li na filologickou stránku (v němčině jsou termíny *Masse* a *Materie* v běžném významu v denním životě synonyma s mírným významovým odlišením), je třeba zdůraznit, že proces, kterým se vytváří pojem veličiny *hmota* (setrvačná hmota, hmotnost, masa), je umělý, zdlouhavý a těžký proces ve vyučování fyzice. Vyvíjení tohoto pojmu patří k nejnepřehlednějším ve středoškolské fyzice vůbec. Otázku, co se vlastně určuje vážením, bych už vůbec nechtěl přetřásat. Jen tolik je nutné připomenout, že z běžné denní zkušenosti si žáci přinášejí o tzv. hmotě spíše všechny možné jiné představy než „míru setrvačných a tíhových účinků tělesa“. A stejně nebudu rozebírat, co si přinášejí z denní zkušenosti o tom, co se určuje vážením.

Hmota jako nositel všeho dění ve světě má mnoho kvantitativních vlastností. A jednu z těchto mnohých kvantitativních vlastností nazýváme také *hmota*. A protože k přesnějšímu obsahu tohoto pojmu, tj. veličině *hmota*, dospěje žák teprve až pozná dynamické zákony, pomáháme si ve škole pomocnými (a fyzikálně ne zcela přesnými) představami. Tak v 7. ročníku se mluví o této veličině jako o množství látky v tělese, a teprve v mechanice na 2. cyklu se obsah pojmu zpřesňuje, zejména tím, že se diskutuje dynamická souvislost mezi veličinami hmota, síla, zrychlení a váha.

Pohl se už v těchto úvodních člancích, které jsem citoval, projevuje jako typický představitel operacionalismu, od jisté doby dost propagovanému v některých vysokoškolských učebnicích fyziky. Myslím, že neuškodí vysvětlující poznámka k tomuto pozitivistickému směru ve fyzice. A. D. ALEXANDROV v článku *Dialektika i nauka* (překlad v *PMFA III 1958* č. 3) charakterizuje operacionalismus takto: „*Při operacionalistickém výkladu pojmu fyzikální veličiny se předloží určitý předmět — etalon, stanoví se určitý proces měření a předloženým předmětem a stanoveným způsobem měření se definuje sám pojem veličiny. Např. časový interval se definuje jednoduše jako počet kyvů určitého kyvadla. Přitom však se nepřihlíží kromě jiného náležitě k tomu, že každý vědecký pojem vyžaduje určité abstrakce, bez níž každé předkládání konkrétních předmětů nebo počítání kyvů kyvadla zůstanou jen vnějšími ději bez vědeckého obsahu. Konkrétní měření dostane smysl jen přes abstrakci, přes teorii a vymezení fyzikální veličiny vyžaduje sjednocení obojího.*“

Operacionalistické stanovisko Pohlovo a také směšování pojmů se výrazně projevuje též v poznámce, kterou Pohl uzavírá v § 11 své učebnice úvodní články. Práví se zde:

„V mechanice lze pro pojmy délka, čas a hmota uvést pouze povrchní slovní definice, musíme se spokojit s dohodou o měřicí metodě. Tak např. můžeme hmotu považovat za základní veličinu a její jednotku realizovat kovovým válcem; můžeme ji však stejným právem zavést jako odvozenou veličinu a měřit ji součinem zrychlení  $\times$  (délka)<sup>2</sup> (Mechanik § 30)<sup>2</sup>: O podstatě hmoty neříká ani jeden ani druhý postup nic.“

Necitlivost k rozdílnosti obsahu různých pojmů téhož názvu zavedla Pohla zvlášť nešťastně na scesti v nauce o elektřině. O tom, jak zaměňuje dva rozdílné pojmy, svědčí následující citáty z prvních stránek jeho učebnice. Když zakončil § 1 tím, že „těž v nauce o elektřině navazujeme na denní zkušenosti praktického života. Začínáme s pojmy dnes všeobecně užívanými elektrický proud a elektrické napětí...“ pokračuje v § 2 takto:

„V běžném životě mluvíme o elektrickém proudu ve vedení nebo ve vodičích. Ukážeme charakteristické znaky proudu.“

Tyto charakteristické znaky pak text učebnice demonstruje na pokusech a v § 2 na str. 5 pak shrnuje výsledek předchozích demonstrací takto:

„Elektrický proud ve vodiči zjišťujeme podle tří jevů:

1. magnetické pole
  2. ohřívání
  3. „chemická“ působení (v širším smyslu) v kapalinových a plynných vodičích.
- } u všech vodičů,

Nebo jinak vyjádřeno: Pozorujeme tři uvedené jevy v úzké souvislosti a nalezneme pro jejich soubor pojem „elektrický proud“ (srv. § 11). — To je kvalitativní definice. Taková definice však nestačí pro potřeby fyziky. Pro ty musí být definován bezpodmínečně způsob měření. Přitom se musí rozlišovat dvě věci: 1. dohoda měřicí metody, 2. technická konstrukce měřidel.“

Pohl pak popisuje měřicí přístroje založené na magnetických a tepelných účincích a definuje ampér — podle tehdejší internacionální normy z chemických účinků.

Je opět zřejmé, že Pohl zde směšuje složitý děj *elektrický proud*, jak ho žák zná málo přesně z běžného života a o trochu přesněji ze školních demonstrací a výkladů, s veličinou, která se nazývala *intenzita elektrického proudu*, dnes podle normy ČSN též *elektrický proud*.

Jev „elektrický proud“ je děj, který je provázen celou řadou pozorovatelných účinků kvantitativní povahy a má celou řadu vlastností, které můžeme měřit. Představíme-li si nejjednodušší část obvodu, kovový drát vsude stejného průřezu z homogenního materiálu, lze u elektrického proudu, který prochází drátem, stanovit tyto veličiny: intenzitu proudu, proudovou hustotu, napětí na koncích drátu, potenciální spád, intenzitu magnetického pole, tepelný výkon aj.; je-li proud proměnný, má elektrický proud další kvantitativní vlastnosti, jako např. spád proudové hustoty ve směru poloměru drátu, okamžité, vrcholové a efektivní hodnoty napětí a intenzity proudu, jejich různé časové derivace, frekvenci atd. atd. Pro celý tento soubor jevů skutečně byl zvolen název „elektrický proud“, ale ten má k veličině „elektrický proud“ asi takový poměr jako pojem „národní hospodářství“ k pojmu „okamžitý stav oběživa.“ Naprosto není správný názor Pohlův, že soubor magnetických, tepelných a chemických účinků je kvalitativní definice kvantitativního jevu, který se nazývá „elektrický proud“.

Velichina *elektrický proud* — budu ji v dalším pro jasnější rozlišení nazývat *intenzita elektrického proudu* — není totožná s tím, čemu se běžně říká *elektrický proud*. K veličině „intenzita elektrického proudu“ dospěla věda pochodem, který nebyl nikterak jednoduchý. Rozebereme-li totiž po kvantitativní stránce účinky elektrického proudu (děje), zjistíme, že tyto účinky nezávisí zpravidla jednoduše, tj. lineárně, na veličině *intenzita elektrického proudu*. Tak výkon elektrického

<sup>2</sup>) Rozměr hmoty ve tvaru zrychlení  $\times$  (délka)<sup>2</sup> plyne z gravitačního zákona  $F = \kappa \frac{m_1 m_2}{r^2}$ , považujeme-li gravitační konstantu za bezrozměrné číslo a dosadíme-li  $F = m_2 a$ . Pozn. E. K.

proudu roste s dvojmocí intenzity proudu, magnetické pole s ní souvisí dosti složitě, neboť silové účinky proudu mají běžně charakter jednoduchého silového pole a projevují se zpravidla jako dvojice. Lineární vztah mezi pozorovatelnými účinky proudu a intenzitou proudu zjišťujeme v elementární fyzice snad jen u chemických účinků. Ty jsou však „z běžné zkušenosti“ známy pranepatrně, pò kvantitativní stránce nejsou vůbec známy. Mám dokonce velmi silné podezření, že se jen velmi zřídka v 11. nebo 12. ročníku kvantitativně měří závislost množství vyloučeného plynu na intenzitě proudu.

Z uvedených příkladů vidíme, že ani vědecká zkušenost nevede jednoduše k veličině *elektrický proud*, přihlížíme-li k pozorovatelným účinkům děje *elektrický proud*. Teprve po nalezení hypotézy či teorie o podstatě děje *elektrický proud* je možno dospět definicí, a nikoliv tedy jednoduchou, prostou přímou zkušeností k veličině *elektrický proud*. Sám Pohl ve své učebnici na str. 14 mluví o elektrickém proudu a napětí jako o *geniálně vymyšlených pojmech*. Tyto skutečnosti mají zásadní význam pro konstrukci správné didaktické soustavy, neboť ukazují, kterou cestou — názoru nejpřístupnější, a proto přirozeně nejsnazší — se ubírá lidské myšlení při poznávání základních jevů nauky o elektrině. Konkrétněji řečeno: k veličině *intenzita elektrického proudu* dospějeme nejsnáze přes pojem *elektrina* (substance) a veličinu elektrický náboj, a to po objasnění jejich vlastností, jak ukážu v dalším bodě svého referátu.

Myslím, že tuto poznámku k postupu R. W. Pohla, jakým zavádí pojem *elektrický proud*, můžeme uzavřít takto: Pohl směšuje dva zcela různé pojmy, tj. obecný děj *elektrický proud* s veličinou, která charakterizuje jen jednu z jeho kvantitativních vlastností. Jeho předpoklad, že veličina *elektrický proud* je z denní praxe běžný, je nesprávný.

Druhý základní pojem, z něhož učebnice Pohlova vychází, je *napětí*. O něm se v § 5 str. 7 zmíněné učebnice praví: „*V denním životě mluvíme o napětí mezi dvěma tělesy, třeba mezi póly baterie do kapesní svítilny nebo mezi oběma kontakty zásuvky síťového proudu. Uvádíme oba znaky elektrického napětí:*

1. *Napětí může způsobit vznik proudu. To nepotřebuje žádného vysvětlení (!; pozn. E. K.)*
2. *Dvě tělesa, mezi nimiž je elektrické napětí, působí na sebe silou. Těmto silám se většinou říká statické síly.“*

Napětí mezi dvěma tělesy je svou podstatou veličina, nebo aspoň velikost je jeho jediná význačná kvantitativní vlastnost. To, čemu se v praxi (snad i denní) říká elektrické napětí, se zpravidla neliší od fyzikální veličiny „elektrické napětí“. Proto se tu Pohl nedopouští celkem nepřesností, ačkoliv i tohoto termínu se užívá pro dva různé pojmy, jak uvedu v dalším. Pohl jako operacionalista má i zde nesnáze s otázkou o podstatě veličin, což plyne z jeho směšování objektu (nositele vlastnosti) a veličiny. Tak ještě v závěrečném § 11 k I. kapitole praví:

„*Jednu specificky elektrickou veličinu musíme považovat za základní, druhou můžeme podle volby zavést jako základní nebo odvozenou. Obojí postup lze zdůvodnit — ale „podstatu“ veličiny nevystihuje ani jeden ani druhý postup. Musíme se vystříhat iluzí.“*

Pohlova učebnice je určena pro vysokou školu, kde jsou předpoklady výuky zcela jiné než na střední škole. Myslím však, že snahy aplikovat Pohlův postup na středoškolskou praxi se opírají o věty, které Pohl píše na začátku § 11, nazvaného Závěrečné poznámky. Čteme tam:

„*Dnes bychom si těžko mohli z našeho života odmyslit elektrické jevy v jejich nespočetných aplikacích. Nikdo z nás se v běžném životě neobejde bez pojmů elektrický proud a elektrické napětí. Již děti dnes mluví o ampéru a voltu. Jako všude v základech fyziky vycházíme i při výkladu nauky o elektrině z nejbližších zkušeností denního života. Východiskem našich experimentů nebyly třený jantar a uštrůžky papíru, ale chemické zdroje proudu jako baterie do kapesních svítilen a akumulátory. Pomocí nich jsme vykládali pojmy proud a napětí a oba jsme definovali nezávisle na sobě pomocí snadno pochopitelných měřicích metod. Pak proud a napětí měříme jako elektrické veličiny v elektrických jednotkách, v násobcích jednotky proudu (ampéru) a jednotky napětí (voltage).“*

Zdá se, že Pohlův postup byl hlavně namířen proti dřívějším, do jisté míry mechanistickým



názorům, podle nichž se přisuzoval nesprávný význam definicím elektrických jednotek, které byly definovány z mechanických jednotek. Vzpomeňme na definici absolutní elektrostatische jednotky náboje z Coulombova zákona a vyjadřování jejího fyzikálního rozměru z mechanických jednotek. Mohl bych z Pohlovy učebnice citovat věty, které mé domněnky potvrzují. Myslím však, že je to zbytečné, protože snad dnes je každému jasné, že nebudeme soudit na mechanickou podstatu elektrického proudu nebo jiných elektrických jevů z okolnosti, že např. ampér je dnes definován pomocí mechanických jednotek.

Nedostatek času mně nedovoluje, abych se dále zabýval rozбором Pohlovy učebnice. Důležitý výsledek pro nás je ten, že pojmy *elektrický proud* (veličina) a *napětí* (veličina) není žákům z deního života znám. Vždyť znát nějaký pojem, a zejména veličinu, neznamená v tomto případě jen znát termín, slovo, nýbrž znamená to znát i fyzikální souvislosti s ostatními fyzikálními poznatky. A po této stránce je znalost obou veličin, jak si ji žáci přinášejí z fyziky na základní škole, zcela neuspokojivá, aby se tyto pojmy mohly stát základem, na kterém by se mohla solidně rozvíjet nauka o elektřině a magnetismu na střední škole.

Nyní přejdu k dalším bodům, a to k diskusi obou didaktických soustav, soustavy, která vychází z náboje v klidu a jeho pole, a soustavy, která vychází z proudu. Chceme-li však hodnotit hodnoty didaktických soustav, musíme si napřed objasnit kritéria tohoto hodnocení, tj. uvědomit si, co ve školské fyzice chceme a z jaké pozice ji chceme učit. Musíme si stanovit základní zásady, jimiž se budeme řídit, neboli určit si teorii, o které KOMENSKÝ praví, že ji člověk potřebuje proto, aby *cokoli koná, nekonal toho jako zvíře, vedené slepým pudem, nýbrž jako tvor, jenž rozumí svým pracím.*<sup>3)</sup> Myslím, že základní didaktické postuláty, na jejichž dodržování či nedodržování je úspěch vyučování fyzice zvláště citlivý, jsou tyto:

P 1. *Výklad fyzikálních poznatků v souhlase s dialektickým materialismem a výchova k vědeckému světovému názoru.* S tímto požadavkem souvisí dvě okolnosti: vědeckost výuky a odmítnutí operacionalismu jako modifikace nepřijatelné filosofie.

P 2. *Zásada progresu.* Tím míním, že střední škola 2. cyklu má za přední úkol zpřesňovat pojmy a ostatní poznatky, které byly probírány na základní škole, zejména tím, že vysvětluje přesněji, než bylo možné na 1. cyklu, pojmy a zákony v jejich fyzikálním sejití a na základě hypotéz a teorií.

P 3. *Boj proti verbalismu, tj. vše, co žákům sdělujeme a co se mají naučit, musí být od počátku jasné nebo musí být objasněno.* Z toho zejména plyne, že a) nové poznatky buď musí plynout z poznatků již známých, nebo je objasníme, b) dogmaticky sdělujeme poznatky jen v případech, kde je to nezbytně nutné, c) odvoláváme se na pozdější výklad jen tehdy, je-li to nezbytně nutné.

P 4. *Boj proti formalismu.* Co nejvíce se vyhýbáme formalismu, zejména matematickému. Naučit fyzice neznamená jen, aby žák uměl odříkávat nebo psát formule, nýbrž aby především rozuměl fyzice a tím ovšem také znal ty formule. Pro výuku odtud plyne, a) že poznatky vykládáme v přirozených fyzikálních souvislostech a nikoliv jen ve formálně matematických vztazích; b) výklad opíráme o pokusy, kde to lze; c) hypotéz a teorií užíváme k objasňování, popř. odvozování formálních vztahů a nikoliv naopak: abychom snad napsali nebo formálně matematicky vyvozovali vztahy mezi veličinami, aniž byly výsledkem předeslaného fyzikálního objasnění, anebo abychom dokonce z těchto formálně odvozených vztahů vyvozovali fyzikální důsledky.

P 5. *Zásada ekonomie.* Jsou zejména dvě kritéria, podle kterých poznáme, v jaké míře se tato zásada uplatňuje: a) zda v dané didaktické soustavě nemrháme zbytečně časem; b) zda se poznatků dříve vyložených skutečně maximálně využívá při výkladu nových poznatků.

I když tomuto výběru a formulování didaktických postulátů lze leccos vytknout po logické stránce, jsem přesvědčen, že po obsahové stránce jsou tyto postuláty nespornými kritérii pro hodnocení soustav učiva středoškolské fyziky.

<sup>3)</sup> KOMENSKÝ: Analytická didaktika. Praha 1908. S. 224.

#### 4. Didaktická soustava nauky o elektřině a magnetismu, vycházející z náboje v klidu a jeho pole

Didaktickou soustavu, která začíná elektrostatikou, budu stručně nazývat nábojová soustava. U této didaktické soustavy je na počátku hmota, tj. elektrické částice jako substance a jejich pole. Soustavu poznatků pak rozvíjíme podle schématu 1.

*Elektřina.* Elektřina je první pojem, s kterým se žáci na začátku oddílů o elektřině a magnetismu setkávají. Je to hmotná substance, která má výrazné charakteristické kvalitativní a kvantitativní znaky. Protože tato elektrická forma hmoty (elektrické částice se svým polem) se některými svými kvalitativními vlastnostmi výrazně odlišuje od jiných forem hmoty, s nimiž se jinak běžně setkáváme, nemůžeme se na škole 2. cyklu spokojit s tím, co si žáci odnesli ze základní školy, nýbrž základními (známými) pokusy reprodukovat a zpřesňujeme a) poznání kvalitativních vlastností elektřiny: existence kladné a záporné elektřiny a jejich vzájemné silové působení; elektrická vodivost a nevodivost látek; sídlo elektřiny na vodiči; b) kvantitativní povahu elektřiny dokazujeme pokusy, kterými demonstrujeme sčítání (akumulaci) elektřiny, dělitelnost, odčítání, tj. rušení elektřin nestejných znamének.

Tak docházíme k velmi důležitému poznatku, že u elektřiny můžeme stanovit množství podobně jako u látky. Pojem elektřiny takto vyvinutý splňuje všechny podmínky P 1 – P 5: je materialistický, je jasný, není formalistický, splňuje podmínku progresivnosti, neboť zpřesňuje výklad, na který jsme byli odkázáni na 1. cyklu. Splňuje i podmínku ekonomie, neboť se využívá od počátku celé další stavby učiva.

*Atomická struktura elektřiny.* Když jsme odvodili, že elektřina je formou hmoty s kvantitativními vlastnostmi látek, pokud jde o měřitelnost jejího množství, je možno do výkladu vložit poznámku o elektronu jako nejmenší částici elektřiny. (Ponechávám stranou otázku elektrické stavby látek, zejména kovů, protože je to stejný problém pro obě didaktické soustavy.)

*Měření množství elektřiny – elektrický náboj (veličina)  $Q$ .* U látek (fyzikálních těles) byla otázka o stanovení velikosti hmoty jednou ze základních otázek. Stejnou základní otázku nyní řešíme u elektřiny. Je třeba pro elektřinu nalézt něco jako objem nebo setrvačnou hmotu, kterými jsme měřili velikost hmoty těles. Proto zavádíme veličinu elektrický náboj  $Q$ . Úkol nalézt metodu, jak elektrický náboj měřit, nás přivádí do nové, odlišné situace od té, kterou jsme řešili při měření množství látky. Zvláštní povaha elektrických jevů nám nedovoluje vyrobít standard přímo z elektřiny (ačkoliv v podstatě existuje-elektron), o množství elektřiny se dovídáme jen z účinků, které působí svým polem. V souhlase s tím musíme hned od počátku objasňovat základní vlastnosti elektrického pole.

*Silové elektrické pole (forma hmoty).* Materiální povaha elektrického pole neplyne ani ze zkušenosti, ani ji nemůžeme školními pokusy dokázat. Důkaz materiálnosti pole není v moci žádné metodiky ani didaktické soustavy. Na tomto místě je to postulát, jehož správnost vyplyne teprve mnohem později z poznatku, že foton se může přeměnit v dvojčce pozitron-elektron a obráceně. O existenci silového pole provedeme důkaz siločarovými obrázky.

V souhlase s organickým rozvíjením poznatků je nyní na řadě prostudování pole po stránce kvantitativní. K tomu je po didaktické stránce vhodný Coulombův zákon.

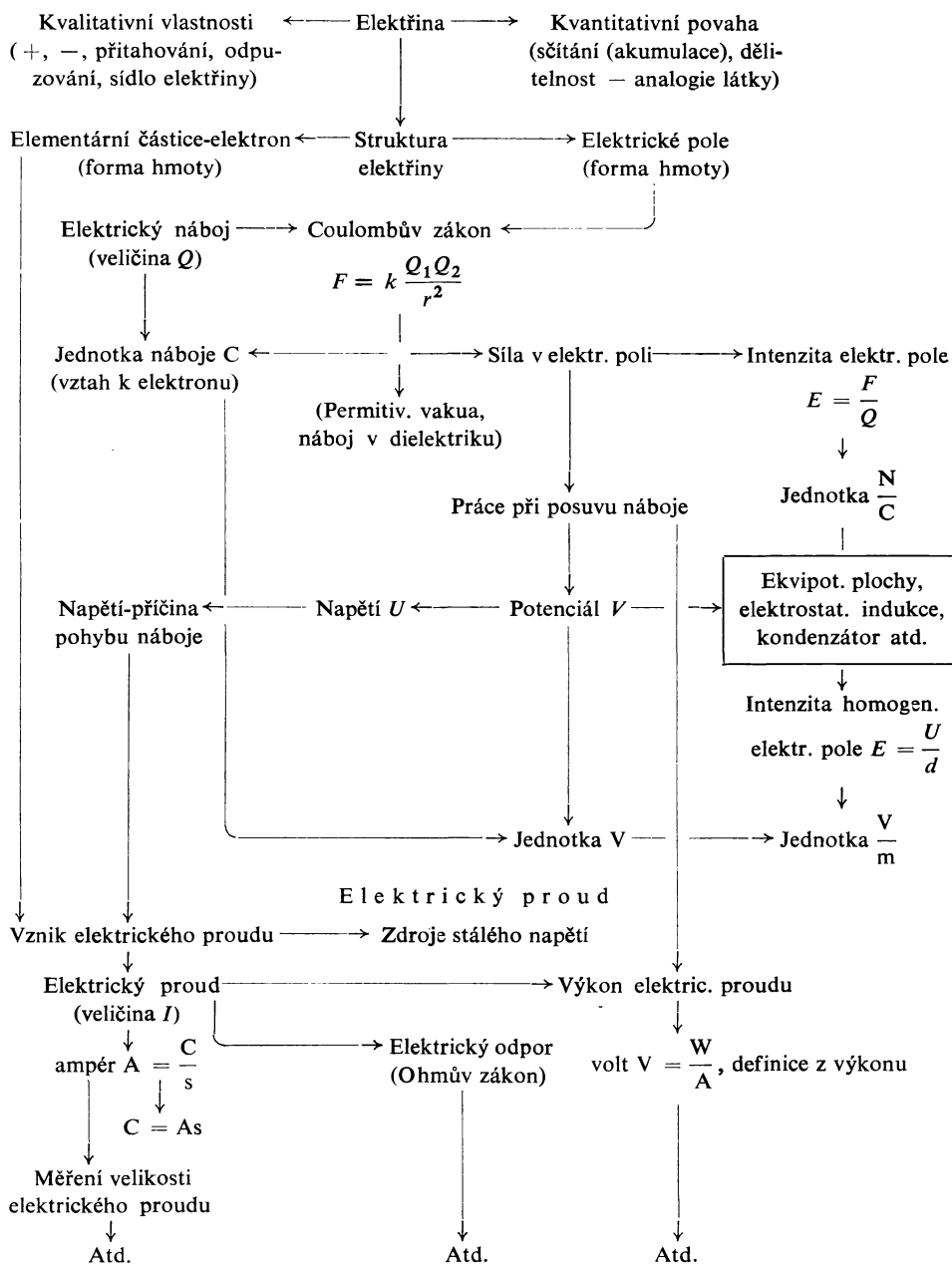
*Coulombův zákon.* Coulombův zákon píšeme nejprve ve tvaru

$$F = k \cdot \frac{Q_1 Q_2}{r^2}$$

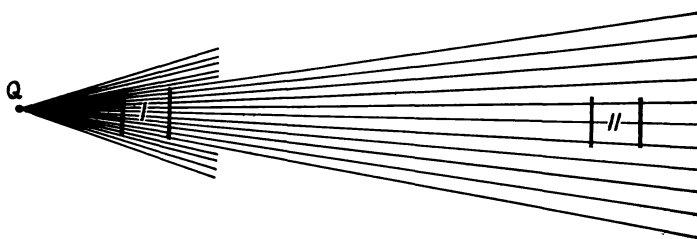
pro vakuum. Coulombův zákon je vhodný jednak proto, že uvádí ve vztah jedinou nově zavedenou veličinu, náboj  $Q$ , s veličinami žákům zcela běžnými z mechaniky, tj. silou  $F$  a délkou  $r$ , jednak je vhodný též proto, že je to zákon neobyčejně produktivní při zavádění dalších pojmů, které žáci buď v malé míře již měli na základní škole a my je nyní zpřesňujeme a utvrzujeme nebo je zavádíme nově.

# Schéma 1

## Elektrostatika



Při výkladu Coulombova zákona jsou jisté metodické potíže, které plynou z povahy tohoto zákona, a jsou proto v každé didaktické soustavě, která ho obsahuje. Je to zejména problém demonstrovatelnosti jeho platnosti. Polokvantitativně můžeme velmi snadno ukázat, že se zelektrovaná kyvadélka z větší dálky přitahují nebo odpuzují méně a že síla závisí přímo na velikosti nábojů. Přesnou kvantitativní závislost ve škole s nynějšími prostředky demonstrovat nelze, ačkoliv upravit torzní vážky běžně prodávané pro kvantitativní demonstraci Coulombova zákona je pouze technický problém. Ostatně žáci již znají gravitační zákon Newtonův; je známo, že učitelé fyziky se běžně při výkladu Coulombova zákona na analogii gravitačního zákona odvolávají.



Obr. 1. Znázornění přechodu od nehomogenního pole k poli homogennímu. Ve velké vzdálenosti (II) od náboje  $Q$  se mění hustota siločar mezi dvěma ploškami mnohem méně než mezi stejnými ploškami v místě blízkém (I). Podobně elektrická síla i intenzita elektrického pole  $E$  se v prostoru I mění mnohem více než v prostoru II.

Z toho, co bylo právě uvedeno, plyne, že zavedení Coulombova zákona je účelné, je vhodné a neskýtá potíže, které by plynuly z nábojové didaktické soustavy.

**Jednotka elektrického náboje — coulomb C.** Nyní máme vše připraveno, abychom mohli s dostatečnou přesností definovat elektrické množství, jehož velikost bude jednotkou veličiny *elektrický náboj*. Jednotku *coulomb* definujeme jako bodový náboj, který na stejně veliký náboj působí ve vakuu ze vzdálenosti 1 m silou  $9 \cdot 10^9$  N. Takto zavedená jednotka pro měření náboje je vhodná. Definice je materialistická, je fyzikální, je dostatečně přesná a je srozumitelná. Bylo by možné např. poznámkou pod čarou vysvětlit, jak se k číslu  $9 \cdot 10^9$  přišlo. Považoval bych to za vhodné, neboť žáci by se měli něco dovědět z historie vzniku jednotek, aby jim nyní užívaná soustava jednotek nepřipadala jako kabalistika. Při této příležitosti by bylo vhodné uvést i číselný vztah mezi velikostí náboje elektronu a coulombem, popř. z něho při definici coulombu vůbec vyjít.

**Náboje v dielektriku.** U Coulombova zákona je jakýmsi problémem výklad konstanty  $k = 1/4\pi\epsilon_0$ , ev.  $1/4\pi\epsilon_0\epsilon$ , ale to je metodický problém, kterému se nevyhne žádná didaktická soustava, a proto ho zde pomímám.

**Intenzita elektrického pole.** Dále odvodíme opět fyzikálně pojem intenzity elektrického pole, zavedeme značku  $E$  a odvodíme vztah

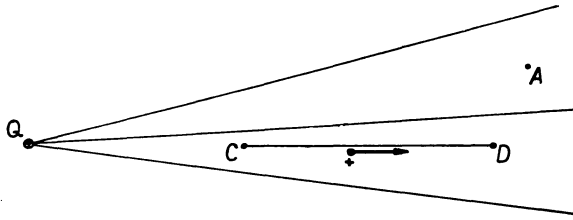
$$E = \frac{F}{Q} \quad \text{a jednotku} \quad \frac{\text{N}}{\text{C}}.$$

Fyzikálním odvozením rozumím okolnost, že uvedeme rovnost velikosti této veličiny s velikostí síly, která působí na jednotkový náboj.

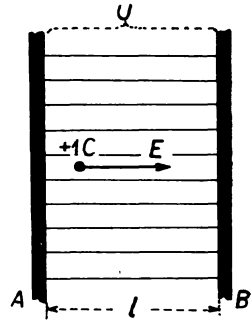
**Vztah mezi hustotou siločar a intenzitou elektrického pole  $E$ . Pole homogenní.** Pro další rozvíjení poznatků považuji za vhodné co nejdříve definovat pojem homogenního pole. Podle mého mínění je k tomu velmi vhodnou cestou diskuse silového pole (pole intenzity  $E$ ) bodového náboje, a to zejména souvislost změny hustoty siločar se změnou intenzity  $E$  (obr. 1). Zavedeme pojem

homogenního pole a jeho charakteristické znaky: přímočarost a konstantní hustota siločar, dále konstantnost síly  $F$  působící na náboj  $Q$  a konstantnost intenzity  $E$ .

*Práce v elektrickém poli. Potenciál. Napětí. Jednotka napětí.* S existencí silového pole souvisí úzce otázka energie elektrického náboje. Odvozujeme nejprve vztah pro práci při posuvu náboje v poli jiného náboje. Pojem *práce v elektrickém poli* je dvojnásobný. Buď jde o práci, kterou při posouvání náboje koná proti silám pole síla, jejíž původ je mimo pole (vnější síla), nebo jde



Obr. 2



Obr. 3

o práci, kterou konají síly elektrického pole na volný náboj. V prvním případě potenciální energie posouvaného náboje vzrůstá, ve druhém případě potenciální energie náboje klesá. Ale v obou případech (ovšem za podmínek, které jako nám známé neuvádím) je potenciální energie náboje v každém bodě pole zcela určitá, daná kromě velikosti nábojů pouze polohou náboje v poli. Potenciální energie je veličina, u které mohu zvolit za nulovou potenciální energii  $W = 0$  náboje energii v libovolném místě, např.  $A$  (obr. 2).

Za jeden z nejobtížnějších problémů nauky o elektřině se považuje zavedení pojmu *potenciál*. Jeho pochopení, stejně jako pochopení pojmu *napětí* má základní význam nejen pro elektrostatiku, ale především pro elektrický proud. I když potenciál a napětí jsou metodickými problémy stejné důležitosti jak pro nábojovou soustavu, tak pro proudovou soustavu, věnujeme jim trochu více pozornosti. Nejde tu totiž jen o formální zavedení veličin, které souvisí snad jen s energetickými vlastnostmi pole, nýbrž jde nám o to, abychom objasnili souvislost těchto pojmů s významem termínu napětí jako příčiny pohybu elektrických částic v elektrickém poli, a tedy vzniku elektrického proudu. Kdybychom totiž tyto souvislosti neovysvětlili, zůstali bychom i v nábojové soustavě učiva na podobně neuspokojivém stavu, na jakém je — pokud jde o tyto poznatky — soustava proudová. V podstatě nejde jen o to definovat potenciál a napětí jako veličiny, nýbrž i ukázat, že tyto veličiny lze skutečně považovat — velmi populárně řečeno — za míru „schopnosti“ uvádět náboje do pohybu. Je známo, že taková „schopnost“ uvádět hmotu do pohybu se ve fyzice nazývá síla.

Když jsme ukázali, jak souvisí potenciální energie s prací, která se koná při posuvu náboje v poli, pak definujeme potenciál jako veličinu určenou podílem  $V = W/Q$  a fyzikálně jej objasníme jako potenciální energii připadající v daném místě na náboj  $+1C$ . Při posuvu kladného náboje vzrůstá potenciální energie náboje, jestliže nábojem posouvají síly, které mají směr proti silám pole. Z toho plyne, že síly pole pohybují kladným nábojem vždy ve směru klesajícího potenciálu. Je tu tedy úzký kvalitativní vztah mezi změnou potenciálu v elektrickém poli a mezi směrem, ve kterém působí síly pole na kladný náboj.

*Napětí* je relativní veličina. Ve směru  $C \rightarrow D$  (obr. 2) je napětí

$$U_{CD} = V_C - V_D = -U_{DC}.$$

Je-li napětí  $U_{CD}$  kladné, je kladný náboj puzen silami pole ve směru od  $C$  k  $D$ . Je-li pole homogenní, platí dokonce velmi jednoduchý matematický vztah mezi napětím a silou, která v tomto poli na náboj působí, tedy mezi napětím a vlastní příčinou pohybu náboje. Omezíme-li se na jednotkové náboje, můžeme napsat přímo vztah

$$U = E \cdot l, \quad (1)$$

kde  $U$  je napětí a  $E$  je rovno konstantní síle působící na jednotkový náboj po dráze  $l$ . Je-li vzdálenost elektrod (obr. 3,  $A, B$ ) stálá a mění-li se napětí  $U$ , mění se také síla, tj. příčina pohybu náboje v poli. Tato závislost je velmi jednoduchá, neboť je tu přímá úměrnost. Této skutečnosti by se dalo využít v úvodních tématech o elektrickém proudu mnohem produktivněji, než se činí dnes i v učebnicích, které nábojem a jeho polem začínají. Je třeba jen organičtěji přenášet pojmy a veličiny vysvětlené v elektrostatice na proudové jevy.

Vztah (1)  $U = E \cdot l$  se tak jako tak probírá. Z něho plyne pro intenzitu elektrického pole  $E$  vzorec

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

a známý rozměr pro intenzitu elektrického pole (V/m).

Jednotka napětí volt se definuje ze vztahu  $V = W/Q$ .

Nebudu se pro nedostatek času zabývat jinými metodickými otázkami elektrostatiky, jako např. výkladem elektrostatické indukce, výkladem pojmů kondenzátor a kapacita, otázkami konstant, jako je permitivita vakua, dielektrická konstanta atd. Sem patří i otázka, zda a do jaké míry je třeba na střední škole vyvozovat vztahy pro intenzitu elektrického pole a potenciál v poli bodového náboje. Tyto otázky jsou metodického rázu a jejich problematika tkví v podstatě poznatků a nikoliv ve volbě té či oné didaktické soustavy. Pro nás je důležité, že ty poznatky, které se vyvozují v elektrostatice, vyhovují po didaktické stránce základním didaktickým postulátům; kromě toho je rovněž důležité, že ty poznatky, které jsem až dosud probral, stačí k tomu, aby byly dostatečně fyzikálně fundovaným základem k budování dalších poznatků, především pak k vysvětlení vzniku a základních vlastností elektrického proudu.

*Vznik a základní vlastnosti elektrického proudu.* Není třeba se příliš šířit o tom, že poznatky o struktuře elektřiny a jejího pole, které jsme v elektrostatice vysvětlili, jsou velmi dobrým východiskem k fyzikálnímu vysvětlení vzniku elektrického proudu a k výkladu dalších základních pojmů a jiných poznatků, s kterými se v tématech o elektrickém proudu setkáváme, jako je např. elektrochemie, Joulovo teplo, podstata elektronek, vedení v polovodičích atd. Jestliže žák podle našeho výkladu pochopil povahu napětí jako polní veličiny a jeho souvislost se silovými účinky pole na náboj, bude se mu vznik elektrického proudu v drátě (vznik usměrněného pohybu elektronů) jevit jako fyzikální nutnost, tedy jev přirozený, fyzikálně jasný. Bude mu jasné, co se pohybuje a proč se to pohybuje. K tomu je ovšem nutno organicky převést pojem napětí, jak byl odvozen v elektrostatice, do výkladu proudu. Také poznatků o energetických poměrech při posuvu náboje v elektrickém poli lze s velikou výhodou využít při výkladu Joulova-Lencova zákona. Budeme-li takto využívat v dalších tématech všech poznatků, které byly v elektrostatice objasněny, stane se elektrostatika organickou součástí nauky o elektřině a magnetismu, a tedy ekonomicky funkčním tématem, a nikoliv do značné míry samoučelným článkem, jak je tomu v didaktické soustavě začínající proudem.

Nebudu se dále zabývat výhodami nábojové didaktické soustavy. Ty nejlépe vyniknou na nedostatcích soustavy začínající proudem, k níž se nyní obrátíme.

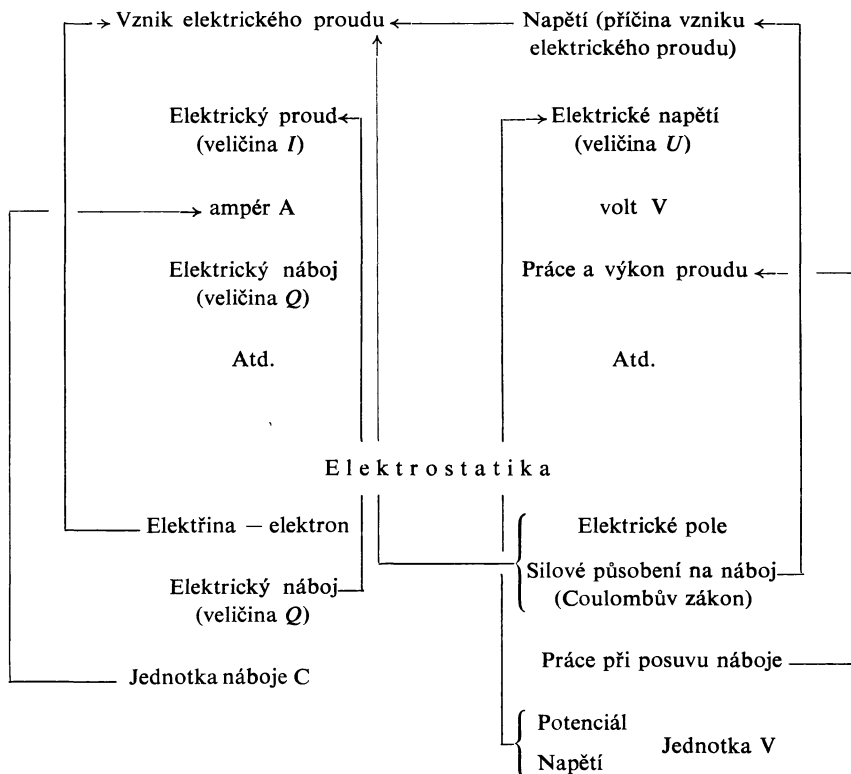
## 5. Didaktická soustava nauky o elektřině a magnetismu vycházející z proudu a proudových veličin

Nyní přicházíme k dalšímu bodu, k otázce, do jaké míry je pro střední školy vhodná didaktická soustava, která vychází z proudových pojmů: *elektrický proud a napětí*. Dříve než se pustím do roz-

## Schéma 2\*)

## Elektrický proud

[Elektřina – elektron]



boru této soustavy, chtěl bych upozornit na důležitou okolnost: Protože jsem rozбором této otázky dospěl k negativnímu stanovisku k této didaktické soustavě, nemohu sám vykonstruovat systém učiva podle této soustavy bez nebezpečí výtky, že jsem ho záměrně budoval tak, aby se ukázala proudová soustava v nepříznivém světle. Proto musím svůj rozbor demonstrovat na učebnicích pro střední školy, které u nás na základě proudové soustavy vznikly, ovšem na učebnicích fyziky jako všeobecně vzdělávacího předmětu. U nás jsou toho času tři učebnice tohoto zaměření, i když snad některé mají i další funkci. Jsou to:

1. Fyzika s podtitulem Základní učebnice pro posluchače středních škol pro pracující, která vyšla v r. 1960.
2. Fyzika pro odborné školy z r. 1959.
3. Technická fyzika (pro učňovské školy) z r. 1960.

Ale i tak je můj úkol nesnadný. Obě první učebnice (třetí se nebudu obírat už pro její název,

\*) V tomto schématu není vyznačena struktura výkladu nauky o elektřině nebo její části v didaktické soustavě začínající elektrickým proudem, nýbrž jen výčet poznatků (pojmů apod.), které se v úvodních člancích této soustavy vykládají a užívají, jakož i ty poznatky z elektrostatiky, které jsou potřebné pro vysvětlování oněch poznatků z elektrického proudu.

kteřý má zřejmě specifikovat její zvláštní zaměření) se totiž v podstatě od sebe liší pojetím a kromě toho mají některé zvláštnosti, které neplynou nutně z toho, že vycházejí z proudové soustavy. Tak např. obě směřují pojmy elektrický proud jako děj a elektrický proud jako veličinu. Pohl to pravděpodobně dělal vědomě, ale tento nedostatek není ani v proudové soustavě nezbytný. Nám jde o hodnocení soustavy učiva a nikoliv učebnic, a proto budu na uvedených textech demonstrovat jen ty důsledky (podle mého přesvědčení nepřijatelné), které nezbytně plynou z proudové soustavy učiva. Své poznámky budu částečně ilustrovat na schématu 2, v němž jsou vyznačeny pojmy a jevy v řazení, jak to činí tato didaktická soustava.

*Elektrína-elektron-elektrický náboj.* Je pravděpodobně nutné na střední škole nezačínat ani v proudové soustavě učiva hned proudovými pojmy, nýbrž je nutno něco předeslat o elektrickém náboji. Ale sdělit něco přesnějšího o klidových vlastnostech elektřiny tu možné není, protože by to znamenalo opustit systém proudu a začít elektrostatikou. A proto v této soustavě zůstává v učebnicích náboj jako něco zcela neurčitěho, poznatek, který je daleko méně určitý, než jak se o něm žáci učili na základní škole, protože letmou připomínkou nelze rozptýlit mlhy, které se s odstupem doby na tyto primitivní poznatky snesly. A tak jsme zde odkázáni nanejvýš na odkaz na budoucí elektrostatiku. A tak už na počátku proudová soustava porušuje zásadu P 2, neboť nezpřesňuje starší poznatky, zásadu P 3, neboť používá pojmů nejasných, zásadu P 4, neboť nedemonstruje, co demonstrovat má, a zásadu P 5, neboť neekonomicky zařazuje výklad náboje dožadů do elektrostatiky, kde potom už v dalším nebude využit, ačkoliv bychom ho dobře využili, kdyby byl vyložen vředu.

*Vznik elektrického proudu. Napětí jako příčina vzniku elektrického proudu.* Chce-li se na střední škole začínat elektrickým proudem, nemůže se nikdo postavit na operacionalistické Pohlovo stanovisko a nic neříci o tom, co je podstatou tohoto děje. Stačilo by např. říci, že je to děj, při němž se elektrické náboje, např. elektrony, pohybují usměrněně? Tato čistě kinetická definice elektrického proudu na střední škole nestačí, neboť odporuje postulátům P 2, P 3 a P 4: fyzika má vykládat příčiny dějů. Tento úkol středoškolské fyziky je všeobecně uznávaný, a proto i obě zmíněné učebnice se snaží aspoň uvést okolnosti, za kterých děj elektrický proud vzniká. Proto se v nich současně užívá názvů elektrický zdroj, popř. zdroj napětí, avšak bez fyzikálního vysvětlení, které bez jasné a určité vysvětleného pojmu napětí nalze dát. Jestliže se v uvedených učebnicích uvádí věta, že *na elektrony začne působit síla ve vodiči, jehož konce připojíme ke zdroji napětí*, a nic o původu této síly ani neřekneme (ani bez výkladu silového pole nábojů říci nemůžeme), a stejně i věty, jako *Elektrický proud je uspořádaný pohyb elektronů a vzniká, jestliže elektrický zdroj tvoří se spotřebičem uzavřený obvod* nebo *Volné elektrony jsou přitahovány kladným polem zdroje, vzniká* (tak, pozn. E. K.) *elektrický proud*, nebo *Vodičem teče proud ve směru od kladného pólu k pólu zápornému* jsou příliš chabým základem k vytváření uspokojivých představ o mechanismu vzniku a průběhu elektrického proudu, jaké přece na škole 2. cyklu musíme žákovi dát. Oč tímto postupem nauku o elektřině ochuzujeme, to plyne ze srovnání s výkladem téhož tématu, který umožňuje postup, při němž jsou napřed fyzikálně objasněny interakce mezi elektrickými náboji a polem.

*Elektrický proud I (veličina). Ampér.* Jak jsem již uvedl, nedostatek obou uvedených učebnic, že totiž nedbají na kvalitativní rozdíl mezi dějem elektrický proud a veličinou *I* téhož názvu, neplyne jako naprosto nutný důsledek proudové didaktické soustavy. Ovšem jakmile se pokusíme v této soustavě o přesnější definici nebo aspoň objasnění významu veličiny *elektrický proud*, dostáváme se do velkých potíží. Příkladem jsou texty obou učebnic. Jedna z nich totiž veličinu elektrický proud zavádí bez zvláštní poznámky, tak jakoby se o ní od počátku mluvilo — mluvilo se však jen o ději elektrický proud — a ihned zavádí jednotku ampér známou definicí podle SI. Druhá učebnice (pro pracující) řeší situaci slovy (str. 37): *Elektrický proud je jev, který spočívá v uspořádaném pohybu elektrických nábojů. Abychom jej mohli číselně vyjádřit, užíváme veličinu, kterou označujeme I a nazýváme velikost proudu.* (Později následuje definice ampéru podle SI.) K této neurčitosti proudová soustava nutně vede. Nechce totiž zásadně nic říci o náboji jako veli-



čině a jeho jednotkách, a proto se musí spokojit s tím nedostatečným málem, které si žáci pamatují z nižšího stupně, nebo musí propedeuticky mluvit o účincích elektrického proudu (o účincích tepelných, magnetických a chemických) a říci, že veličina elektrický proud je mírou těchto účinků. Protože však tyto účinky nevedou jednoduše k veličině elektrický proud jako univerzální jeho míře, jak už jsme si uvedli dříve, je všechno to, co zde o veličině elektrický proud lze říci, příliš neurčité, než abychom ji mohli považovat za bezpečný základ k dalším výkladům. Nepomůže tomu už vůbec, budeme-li definovat ampér podle SI; definovat základní jednotku pomocí jevu, který žákům není znám, a bez vztahů, ze kterých plyne, není správné a takový postup je nutno označit za dogmatismus, před kterým by měl ustoupit i zapřísáhlý přívrženec formalismu a verbalismu ve fyzice. Jediná cesta zde by byla převzít jednotku ampér jako poznotek, který žáci mají vědět ze základní školy, a tak stejně získat další neurčitý a mlhavý pojem, na kterých v této didaktické soustavě rozvíjíme učivo fyziky. (Byla by tu ještě třetí eventualita, Pohlova, tj. říci, že elektrický proud zná každé malé dítě a každé malé dítě ví, že se měří na ampéry. Elektrický proud je tedy to, co se měří ampérmetrem, a ampér je to, co vychýlí ručičku k 1. čárce. Protože však doufám, že mezi námi není ani jeden přívrženec této filosofie — ostatně ani Pohl tak daleko nešel —, nebudu se o této eventualitě šířit.)

*Elektrický náboj (veličina) Q. Jednotka As.* Dalším klíčovým kritériem vhodnosti proudové soustavy je postup, jakým Pohl zavádí veličinu elektrický náboj a její jednotku As. Pohl to má jednoduché. Jako operacionalista nemusí pátrat po fyzikální podstatě jevů, které vedou k definicím veličin, a tak vystačí s nábojem definovaným vzorcem

$$Q = \int_{t_0}^{t_1} I \cdot dt$$

a s tím, že definuje metodu a přístroje pro měření této veličiny. Tato definice je pro střední školu zcela nepřijatelná. Je odstrašujícím příkladem matematického formalismu, jaký se snažíme ze středoškolské fyziky odstranit. Takto formalisticky definovaný náboj nelze např. uvést v souvislost s elektrickým nábojem (substancí), o němž se mluví v úvodu do nauky o elektřině. Vymyká se jakýmkoli konkrétním fyzikálním představám. Zavádění veličiny náboje jako součinu proudu a času je pro středoškolskou fyziku stejně absurdní, jako by bylo zavedení pojmu práce jako součinu výkonu a času, aniž bychom dříve pojem práce objasnili. Ale proudová didaktická soustava k takové definici náboje nutně vede. Jedna ze jmenovaných učebnic, které je v rozvíjení proudové soustavy důsledná, ji má doslova takto: *Elektrický náboj je součin proudu a času.* Druhá učebnice se této formulaci snaží vyhnout a jednotku pro náboj odvozuje oklíkem takto: *Z ampéru odvozujeme jednotku pro velikost náboje. Prochází-li vodičem proud, znamená to, že se ve vodiči uspořádaně pohybují náboje. Za určitou dobu t projde některým průřezem vodiče náboj, jehož velikost je Q. Náboj Q bude tím větší, čím větší je doba t. Proud je pak určen podílem náboje a času (číselně se rovná náboji, který projde daným průřezem vodiče za 1 s):*

$$I = \frac{Q}{t}.$$

*Odtud plyne pro náboj*

$$Q_{(C)} = I_{(A)} \cdot t_{(s)}.$$

Pak text připojuje definici coulombu, a to jako náboj, který projde daným průřezem vodiče za 1 sekundu při proudu jednoho ampéru.

Z této ukázkou jasně plyne, že je nutno vyjít z náboje, má-li se elektrický proud vykládat rozumně, že veličina elektrický proud  $I$  je svou povahou veličinou odvozenou z veličiny náboj, a nikoliv naopak, a že vychází-li se z proudu, vede to ke zbytečným logickým inverzím, nehledě ovšem k formalistické definici veličiny, udávající velikost náboje.

*Elektrické napětí. Volt.* K nejzávažnějším nedostatkům didaktické soustavy vycházející z proudových pojmů patří způsob, jak je v ní zaváděna veličina *elektrické napětí*, a důsledky, které odtud

plynou. Zde své poznámky připojím k textům uvedených dvou učebnic, protože jejich vyvozování těchto nových pojmů je pro proudovou soustavu charakteristické.

Učebnice pro průmyslové školy, která je důsledná v používání proudové soustavy, definuje napětí na spotřebiči takto (čl. 4 str. 178): *Elektrický zdroj je schopen uvádět volné elektrony uzavřeného obvodu do pohybu, a tím konat práci na úkor své vlastní energie. Srážkami elektronu s kmitajícími atomy vzniká elektrický odpor obvodu. Podíl práce konané zdrojem a spotřebované na odporu spotřebiče a elektrického náboje, který protéká obvodem, nazýváme napětím na spotřebiči; značíme je U:*

$$U = \frac{A}{Q} \quad (1 \text{ V}). \quad (2)$$

*Příčinou elektrického proudu ve spotřebiči je tedy elektrické napětí na jeho svorkách, které udržuje zdroj na úkor své vlastní energie. Jednotkou napětí je volt (1 V). Podle rovnice (2) je*

$$1 \text{ V} = \frac{1 \text{ J}}{1 \text{ C}} = \frac{1 \text{ J}}{\text{As}} = \frac{1 \text{ W}}{1 \text{ A}}.$$

*Napětí 1 V je mezi konci vodiče, jímž prochází stálý proud 1 A při výkonu 1 W...*

Aby to, co se zde uvádí — nemluvím zatím o definici voltu —, mohlo být fyzikálně objasněno, bylo by třeba vysvětlit mj. hlavně tato fakta: 1. Objasnit fyzikální příčinu pohybu elektronu v obvodu; tedy objasnit souvislost napětí se silovým působením pole v obvodu na elektrony. 2. Objasnit, proč elektrický zdroj koná práci tím, že uvádí elektrony do pohybu. 3. Objasnit, jakým způsobem udržuje zdroj elektrické napětí na svorkách spotřebiče.

Jak jsme viděli dříve, tyto skutečnosti snadno vyložíme, jestliže napřed žáky seznámíme s vlastnostmi elektrického pole náboje, jak se v něm volné náboje chovají, dále zná-li žák energetické poměry nábojů v poli a příslušné veličiny, zejména veličinu napětí. To všechno však vykládá elektrostatika, a bez ní je jakákoli snaha fyzikálně objasnit děje v proudovém obvodu marná. Bez elektrostatické průpravy zůstává i definice napětí jako podíl

$$U = \frac{A}{Q}$$

formalistickou, pod níž si žáci nic fyzikálního představit nemohou, mj. také proto ne, že také veličina náboj  $Q$  byla definována v proudové soustavě formálně.

Že bez elektrostatiky se pokusy o fyzikální výklad pojmu napětí nemohou setkat se zdarem, toho je dokladem text druhé učebnice. Její výklad vychází z okolností, které ovlivňují velikost proudu, a (v čl. 181 str. 40) praví o tom: *Vliv zdroje na velikost proudu v daném obvodu vyjadřujeme veličinou, kterou nazýváme napětí (elektrické napětí) a označujeme písmenem U. Čím vyšší je napětí zdroje, tím větší bude proud v obvodu. Napětí zdroje je veličina, která vyjadřuje schopnost zdroje vyvolat v obvodu proud. Na napětí se díváme jako na příčinu, která vyvolává proud...*

Z tohoto citátu vidíme, že po stránce fyzikálního vysvětlení zůstává zde pojem napětí asi na té úrovni, na kterou byl zaveden na základní škole. Tam byl však zaveden pouze fenomenologicky. Zde v proudové soustavě nemůže být ani zpřesněn, ani fyzikálně prohlouben, protože k tomu je třeba napřed vyložit, co se děje s nábojem v elektrickém poli a jakými zákony se přitom vyjadřují jeho energetické stavy.

Nemenší potíže má proudová didaktická soustava při definování jednotky napětí. Budeme-li důslední, dojdeme k formulaci, jaký má učebnice pro průmyslovky (čl. 4 str. 178): *Jednotkou napětí je volt (1 V). Podle rovnice*

$$U = \frac{A}{Q} \text{ je}$$

$$1 \text{ V} = \frac{1 \text{ J}}{1 \text{ C}} = \frac{1 \text{ J}}{1 \text{ As}} = \frac{1 \text{ W}}{1 \text{ A}}.$$

*Napětí 1 V je mezi konci vodiče, jímž prochází stálý proud 1 A při výkonu 1 W (obr. 181) (V obrázku je schéma měření elektrického proudu  $I$  a napětí  $U$  na spotřebiči. Pozn. E. K..)*

K jednotce 1 V se zde přichází čistě formalisticky, z rozměru jednotky, jehož konečný tvar je odvozen též formálně.

V podstatě ke stejnému postupu dospívá i druhá učebnice (Fyzika pro pracující), která zavede předběžně pojem napětí a jednotku napětí již v čl. 182 (str. 41), kde se mluví o měření napětí, ale slibuje se zde, že přesná definice voltu bude probrána později. To se stane v čl. 195 (str. 57), když se dříve (v čl. 194, str. 56) odvodily vztahy pro práci a výkon proudu, z nichž je volt definován. Úvodní věty čl. 194 znějí: *Jak jsme poznali, konají volné elektrony mezi dvěma srážkami zrychlený pohyb. Práci potřebnou na toto zrychlování vykoná zdroj pomocí svého napětí. Práce  $A$ , kterou přitom zdroj vykoná, je úměrná jednak napětí  $U$ , jednak přenesenému náboji  $Q$ , a je tedy dána jejich součinem. Dosadíme-li napětí ve voltech a náboj v coulombech (ampérsekundách), dostaneme práci v joulech (J):*

$$A_{(J)} = U_{(V)} \cdot Q_{(C)} .$$

Vidíme, že i při tomto postupu jsme nuceni sdělovat dogmaticky fakta a vztahy, které bez elektrostatiky nemůžeme fyzikálně vysvětlit. K tomu bychom totiž musili napřed vysvětlit, a) že zrychlený pohyb konají elektrony účinkem sil pole, b) jak souvisí veličina napětí s prací konanou při posouvání náboje v elektrickém poli, c) skutečnost, že tato práce je úměrná jednak napětí  $U$ , jednak přenesenému náboji  $Q$ . A toto všechno objasňuje jen poznání zákonů elektrostatického pole.

K jednotce 1 V dospívá tato učebnice opět formálně ze vztahu

$$P_{(W)} = \frac{A}{t} = \frac{UIt}{t} = UI \rightarrow U = \frac{P}{I} \rightarrow 1 \text{ V} = \frac{1 \text{ W}}{1 \text{ A}} .$$

Nebudu se zabývat jednotlivými dalšími nedostatky, k nimž vede proudová didaktická soustava. Jen ještě jeden další základní nedostatek nelze přejít mlčením. Tím je okolnost, že hlavní poznatky, tj. pojmy, veličiny a zákony, které se potom v elektrostatičce vykládají, zůstávají v dalším vyučování většinou nevyužity. Jsou to zejména tyto jevy a pojmy: elektrický náboj, elektrické pole, potenciál, napětí, zákon Coulombův aj. Všechny tyto poznatky bychom účelně a dobře mohli využít k fyzikálnímu objasnění základních jevů v úvodních oddílech o elektrickém proudu, kdyby byly vyloženy na počátku. Takto však v proudové didaktické soustavě sublimují tyto poznatky do vzduchoprázdna. Jak na to doplácí zásada ekonomie, o tom se nemusím — doufám — šířit.

Někdy se zavádění didaktické soustavy, která v nauce o elektřině vychází z proudových pojmů, odůvodňuje tím, že ampér je jednou ze 6 jednotek, které byly v SI zavedeny jako základní. Proto prý je třeba co nejdříve zavést ampér a z něho soustavu jednotek budovat. Skutečnost, že ampér je základní jednotkou elektrických veličin, skutečně stojí za úvahu, zda by se vyučování elektřině a magnetismu nemohlo upravit tak, aby se z ní a tím i z proudových veličin vyšlo. Když se však ukazuje, k jak hrubému porušování základních didaktických zásad tento postup vede, je výsledek úvahy o postupu v nauce o elektřině naprosto jednoznačný. Je pravda, že zavedením ampéru za základní jednotku padají dřívější dohody o elektrických jednotkách. Tím se nepatrně zkomplikuje, či lépe opozdí uvedení přesné definice jednotky ampér. Jinak dohoda o stanovení jednotky nemůže mít přece podstatný vliv na postup výkladu učiva. Ten se musí řídit přirozenými souvislostmi mezi fyzikálními jevy. Požadovat, aby se postup školního výkladu elektřiny a magnetismu přizpůsobil nově dohodnuté definici a realizaci jednotky ampér, by bylo skoro tak absurdní, jako kdyby někdo požadoval, aby mechanika začínala fyzikální optikou, protože metr je nově definován z vlnové délky spektrální čáry kryptonu. Soustavy jednotek jsou ve školské fyzice pomůckou, nikoliv účelem. A stejně i rozměry jednotek. Ovšem nikoli pomůckou v tom smyslu, že na nich budujeme formálně celý systém poznatků bez zásady nebo dokonce proti zásadě, že fyzikální souvislosti jsou to hlavní.

Chtěl bych svůj referát uzavřít takto:

Poněvadž fyzika a technický pokrok proniká všechny složky života, je naprosto nutné, aby se se základy fyziky seznámil každý, kdo prochází kteroukoli školou 2. cyklu, ale nikoliv tak, že pak dovede nějaké poznatky jen slovně reprodukovat, nýbrž tak, že jich dovede tvořivě užívat, ať už k formování svého světového názoru nebo v oboru své praktické činnosti. K tomu nestačí znát jen fyziku fenomenologickou nebo praktickou nebo znát ji jen formálně. Poznatky, které žák ve školské fyzice získal, musí být produktivní. Tím není myšlen utilitarismus, který ze školního učiva vylučuje všechno, na čem není bezprostředně vidět praktická upotřebitelnost. Myslíme tím okolnost, že poznatky školské fyziky musí tvořit takovou soustavu, která vede žáka od začátku k porozumění vzájemným fyzikálními a ne jen formálními vztahům, zejména zákonitostem mezi fyzikálními jevy, a přitom tvoří předpoklady, že tyto zákonitosti bude žák umět rozpoznávat a využívat ve svém okolí, v oboru své činnosti. Taková příprava je bezpodmínečně nutným předpokladem i pro další fyzikální technická a mnohá jiná vysokoškolská studia. Někdy se tomu říká výchova k fyzikálnímu myšlení. Tato výchova je opravdu základním charakteristickým úkolem fyziky jako obecně vzdělávacího předmětu. Jako nemůže vzniknout užitečné slovesné dílo bez hrubých chyb v pojmech a skladbě, jestliže autor nezná přesný obsah a rozsah pojmů ke slovům, jichž v pojednání užívá, a nezná-li zákony tvoření vět a zákony logiky, stejně nemůže nikdo bez hrubých a chybných závěrů produktivně užívat toho, co se ve fyzice naučil, kdyby neznal dostatečně přesný obsah a rozsah fyzikálních pojmů a kdyby neznal fyzikální zákonitosti a okolnosti, za kterých jich lze použít.

Výchova k přesnému fyzikálnímu myšlení, a to až do stupně, jaký dovoluje mentální vyspělost žáků, to je neoddisputovatelnou povinností středoškolské fyziky. Ukázal jsem na několika příkladech, že soustava, která začíná proudem, používá od počátků pojmů, jejichž obsah a rozsah nemůže včas fyzikálně nebo vůbec objasnit, což nutně vede k myšlenkovému šlendriánu (nebo k formalismu a verbalismu, a to má v podstatě tytéž následky). Je jasné, že z tohoto hlediska je didaktická soustava v nauce o elektřině a magnetismu začínající proudem krokem zpět proti dřívějšímu způsobu výuky. Snad je populární, ale je v podstatě pochybená. Rozhodně není pokrokem proti dřívějšímu stavu. Nové je pokrokové jedině tehdy, je-li lepší než staré. Tuto cestu neměla nastupovat ani fyzika na odborných školách, ne snad jen proto, že je to cesta neekonomická, ale hlavně proto, že si i tam měla hájit podmínky pro plnění nejcharakterističtějšího úkolu středoškolské fyziky, tj. pro výchovu k fyzikálnímu myšlení.

Nakonec malou poznámku. Podle mého přesvědčení vhodnost proudové didaktické soustavy může být prokázána jen dvojím způsobem: buď důkazem, že základní didaktické zásady, vyjádřené sub P 1—P 5 pro vyučování fyzice neplatí, nebo že jim proudová soustava vyhovuje aspoň tak jako soustava nábojová.

Pokud jde o ostatní problémy ve vyučování elektřině a magnetismu, myslím, že i vedle problému soustavy učiva jich je v tomto oddíle velmi mnoho.

### **Největší elektromotor v Evropě**

zhotovil sovětský závod Elektrosila pro rekonstrukci válcovny v Dněprodzerdžinsku; motor má výkon 12 000 koní.

*Ivan Soudek*