

Acta Universitatis Palackianae Olomucensis. Facultas Rerum
Naturalium. Mathematica-Physica-Chemica

Jaroslav Vachek

K některým otázkám vztahu fyzikální reality a jejího zobrazení ve vyučování fyzice

Acta Universitatis Palackianae Olomucensis. Facultas Rerum Naturalium. Mathematica-Physica-Chemica, Vol. 12 (1972), No. 1, 181--193

Persistent URL: <http://dml.cz/dmlcz/119978>

Terms of use:

© Palacký University Olomouc, Faculty of Science, 1972

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>

K NĚKTERÝM OTÁZKÁM VZTAHU FYZIKÁLNÍ REALITY A JEJÍHO ZOBRAZENÍ VE VYUČOVÁNÍ FYZICE

JAROSLAV VACHEK

(Předloženo dne 30. června 1971)

Věnováno prof. dr. Josefu Fukovi k 65. narozeninám

Vztah reality a jejího popisu je základní gnoseologickou otázkou. Objasnění vztahu mezi fyzikální realitou a způsoby jejího popisu, mezi skutečností a teorií, mezi experimentálními výsledky a jejich vyjádřením, je i pro vyučování fyzice základní otázkou, které doposud nebyla věnována potřebná pozornost.

Bez pochopení alespoň v hrubých rysech vztahu mezi fyzikální skutečností a jejím popisem nelze vůbec hovořit o vědeckosti poznání. Bez toho není možná dobrá orientace po současném stavu fyziky, není možné pochopení tohoto stavu jako určité vývojové etapy. Rovněž mnoho základních faktů o vývoji fyziky jako vědy i o jejích perspektivách zůstává nepochopeno. Objasňující podstaty vztahu mezi fyzikální realitou a jejím zobrazením v teoriích, hypotézách, modelech aj. je základní podmínkou neformální výchovy k vědeckému světovému názoru.

Chápání tohoto vztahu prošlo dlouhou vývojovou etapou a je vždy poznamenáno filosofickými názory toho, kde se touto otázkou zabývá ať teoreticky nebo v praxi v jejích konkrétních podobách.

Vývojově nejstarším stanoviskem je naivně realistické stanovisko. Naivní realismus lze charakterizovat:

1. uznáváním objektivní skutečnosti, s níž člověk přichází do kontaktu,
2. považováním světa za takový, jaký je dán člověku v jeho praktickém poznání, především ve formě smyslových vjemů.

Věci existují takové, jak je člověk vnímá. Nerozlišuje se věc a odraz věci a nepatrá po jejich vztahu. Naivní realismus je nejbližší neprimitivnější koncepci světa.

V této podobě se však s naivně realistickým pojetím světa neseťkávané prakticky ani u nejmladších žáků. Věda, řada vědeckých názorů na svět a jeho části, pronikla hluboce do lidského podvědomí. Současný realistický názor na svět (t. zv. „zdravý rozum“) představuje tedy jakousi směs naivního a vědeckého realismu. Protože v běžném životě je zpravidla takový přístup ke světu užitečný a dobře se uplatňuje, dochází často k uplatňování naivně realistických představ o světě a jeho vnímání i ve školní praxi. Podle tohoto pojetí připisuje se reálná a přímá existence různým fyzikálním modelům, termínům a teoriím.

Se skeptickými názory, odmítajícími vůbec možnost poznání, které vycházejí z různých idealistických filosofí, nebo s názory poplatnými náboženským představám setkáváme se ve fyzikálních dílech jen velmi zřídka. Také podstatně neovlivnily výchovu ve fyzice, na našich školách nenašly žádnou odezvu.

V řadě fyzikálních prací se setkáváme, i když zdaleka ne důsledně, s různými fenomenologickými stanovisky. Tak např. radikálně empirické stanovisko považuje teorie za konvenční ekonomický zápis zkušenosti; teorie se nevztahuje k ničemu jinému než ke zkušenosti. Jiným stanoviskem je instrumentalistické stanovisko, chápající teorii pouze za nástroj umožňující předvídat zkušenostní data a odmítá se zabývat blíže vztahem teorie a zkušenosti. Tyto názory mohou mít určité stoupence na vysokých školách a v okruhu vědeckých pracovníků. V učebnicích fyziky nižších cyklů pro r. 1945 se rozhodně neobjevily a také ve vyučování fyzice na středních školách a ZDŠ se s nimi prakticky nesetkáváme.

Moderní materialistické pojetí zobrazování skutečnosti vychází z marxistické teorie odrazu. Tato teorie vychází z předpokladu existence objektivní reality a dále z existence člověka, jehož schopnost poznávání není výsledkem jen určitého biologického vývoje, ale je determinována i společensky. Pojem odrazu v této teorii nepředstavuje jen mechanický otisk skutečnosti, ale je výsledkem komplikovaného procesu vzájemného působení organismu a prostředí. Není jej možno chápat jako pasivní odrážení skutečnosti, ale obsahuje také aktivní složku lidského organismu. Člověk reaguje na podněty z vnějšku na základě vlastních potřeb, zájmů, cílů, tyto podněty vyvolává. Pojem odrazu zahrnuje i určité konvenční elementy podmíněné celým vývojem člověka, společnosti, vědy i techniky.

Společenská determinace určuje do určité míry nejen formu odrazu (např. v rámci vývojového stadia vědy), ale i adekvátnost odrazu, která je např. ovlivněna existujícími technickými možnostmi (experimentální technika, přístrojové vybavení) a konečně i zaměřením lidského poznání, volbu zkoumaných objektů. Dále je odraz ovlivněn faktem, že vědecké poznání usiluje o dosažení objektivní pravdy v určitém souvislém historickém procesu.

Teorie, hypotézy, modely, matematické vztahy aj. jsou popisem skutečnosti, vyjádřením zákonitosti objektivních procesů. Termíny, věty a modely teorie zobrazují realitu více nebo méně zjednodušeně. „*Skutečnost, že můžeme ve fyzice popisovat přírodu jednoduchými matematickými zákony, nás poučuje, že zde máme co činit s věrným rysem skutečnosti a nikoli s něčím, co jsme v jistém smyslu slova sami vynalezli.*“ ([3], str. 5.). „*Uznávat teorii za snímek, za přibližnou kopii objektivní reality — v tom právě spočívá materialismus.*“ ([1], str. 252). S rozvíjejícím se poznáním vyvíjí se i teorie. Staré se opouštějí nebo se doplňují a rozšiřují, vznikají nové, zobrazující realitu lépe, šířeji, podstatněji, avšak i ony mají dočasný, relativní charakter.

Je třeba si uvědomit, že každý proces vědeckého poznání obsahuje také poznání již existujících poznatků. Tento „pedagogický“ proces poznání není vlastním procesem poznání, ale je nezbytnou složkou procesu poznání jako celku. Umožňuje navázat na existující bázi vědeckého poznání a zkrátit mnohaletou cestu postupného získávání poznatků od počátku.

Z toho je možné vyvodit i určité poznatky na tuto složku vyučovacího procesu:

1. Pedagogický proces musí dát v určitém systému dostatečně množství faktických poznatků, které jsou nezbytné pro vlastní proces vědeckého poznání.
2. Pedagogický proces musí dát určité předpoklady pro pochopení celého vývoje daného vědního oboru, jeho současnému stavu i jeho perspektiv.
3. Pedagogický proces musí rozvíjet předpoklady pro tvůrčí vědeckou práci.

I když všechny oficiální školské prameny proklamují jako filosofický základ výuky dialektický materialismus, setkáváme se ve vyučování fyzice i v některých publikacích s názory, které nejsou v soulase ani s vědeckým chápáním poznání

vůbec, přestože takto nejsou jejich autory pocítovány. Častější jsou však situace, kdy se vytvářejí určité předpoklady pro vznik nesprávných názorů a představ, i když tyto nejsou explicitě vyjadřovány.

Vyučování přírodním vědám, a tedy také fyzice, je silně poznamenáno naivně relativistickým stanoviskem učitelů a do určité míry i autorů fyzikálně výukových statí. Odpovídá zjednodušenému, filosoficky nefundovanému, materialistickému přístupu přírodovědců. Toto stanovisko se samozřejmě dostává do řady rozporů. Nedovede především vysvětlit vývoj poznání a jeho relativní pravdivost. Vede např. k absurdním závěrům, že v 19. stol. mohl existovat éter, fluida apod., ale ve 20. století již neexistují. Některé teorie byly vědecké až do určité doby, nyní jsou „nevědecké“ apod.

Jestliže jistá teorie je považována za jediný možný a správný výklad určitého souboru faktů nebo chování, pak všechny starší teorie a modely jsou nepravdivé, špatné, nevědecké. Jak je pak možné vysvětlit, že těchto starších teorií a modelů bylo úspěšně užíváno (někdy po řadu desetiletí i století), v praxi se osvědčovaly a vedly k řadě nových výsledků?

Žáci současné školy se ve svém životě jistě dočkají toho, že některé současné fyzikální teorie budou překonány a vzniknou teorie nové. Jak jsou připraveni na to, aby byli schopni tyto změny přijmout a pochopit? Nebudou ochotni věřit, že to, čemu se učili dříve, je chybné a falešné? Tento přístup je posilován určitou populárně vědeckou literaturou, která proto, aby vytvořila dojem určité sensačnosti, prezentuje nové objevy a teorie jako úplné popření dřívějších poznatků.

Interpretace fyzikálních poznatků určitou teorií nebo hypotézou má vždy relativní charakter. Proti absolutizaci fyzikálního obsahu té nebo jiné konkrétní teorie stavěla se řada fyziků (např. Maxwell). Známý je skeptický poměr Newtonů v k hypotézám (podle tehdejší terminologie nebyla rozlišována teorie od hypotézy), i když se svého prohlášení „*Hypotheses non fingo*“ nemohl ani on ve své vědecké práci důsledně držet.

Proto není správné ani ve vyučování absolutizovat určitou teorii ani určitý fyzikální model, i když odpovídají současnému stavu vědy.

Je však zajímavé, že již Newton poznal velký význam hypotéz (v dnešní terminologii: hypotéz, teorií a modelů) pro výklad a objasnění fyzikálních jevů. Ve svém pojednání o optice říká: „*Zjistil jsem, že někteří, které nemohu přesvědčit o svém názoru, hovoříme-li abstraktně . . . , snadno by s ním souhlasili, kdybych objasnil své úvahy jakoukoliv hypotézou*“ ([4], str. 321). V jednom dopise píše: „*Nebot hypotézy jsou nutně pouze pro objasnění vlastností věcí, ne pro jejich objevení . . .*“ ([4], str. 320).

Toto tvrzení o významu hypotéz pro výklad bylo mnohokrát ověřeno a potvrzeno v průběhu mnohaletého vývoje vyučování fyzice. Vhodně vyložená hypotéza, teorie nebo fyzikální model (zpravidla ve zjednodušené podobě, která je vynucena didaktickými podmínkami) jsou často jedinou možností, jak uvést žáky do chápání fyzikální podstaty určitých jevů.

Žák má pochopit, třeba i značně zjednodušeně, proč nastává za daných podmínek určitý fyzikální jev. Je třeba, aby měl alespoň přibližnou představu o průběhu fyzikálních dějů. K tomu všemu je nezbytné užívat nejrůznějších demonstračních pomůcek, materiálních i ideálních modelů, teorií, hypotéz apod. Nerespektování tohoto faktu ve výuce vede téměř vždy k formalismu ve vědomostech žáků.

Žák však si musí alespoň principiálně uvědomovat, že popis a výklad fyzikální reality pomocí určitého modelu nebo teorie je jen jejím zjednodušeným obrazem. Naivně realistické stanovisko při výkladu připisuje určitým modelovým předsta-

vám reálnou existenci nebo nezabraňuje tomu, aby takové představy vznikly. Jeho přímým důsledkem je ztotožnění popisu se skutečností.

Je-li pravdivá jen jedna určitá teorie nebo určitý model, jak je možné, že jistou oblast jevů lze vysvětlit dvěma nebo i více různými teoriemi, které se opírají o různé modelové představy? Velkým průlomem do názorů, které předpokládaly reálnou existenci fyzikálních modelů a představ teorií, byly práce Maxwellovy. Maxwell jasně formuloval rozdíl mezi fyzikální realitou a jejím zobrazením a uvědomoval si zásadní filosofický význam této skutečnosti. Poznal, že při popisu elektromagnetického pole bylo možno stejně úspěšně v určitých oblastech vycházet z popisu pole pomocí siločar stejně jako z modelových představ o bezprostředním působení na dálku. První model je budován na představách Faradaye, který hledal příčiny jevů v akcích vycházejících z meziprostředí, druhý vycházel ze silových center působících na dálku. První model předpokládal určité mechanické vlastnosti a stavy meziprostředí a vyjadřoval je geometricky, druhý využíval analytického vyjádření. Maxwell k tomu říká: „Pro filosofii přírodních věd má velký význam, že ve skutečnosti je možno dvěma různými cestami popsat hlavní jevy elektromagnetismu . . . , ačkoliv základní koncepce a většina druhotných názorů i významů příslušných veličin jsou v obou případech radikálně odlišné.“ [2].

V tomto článku není možno soustavně probírat důsledky překonaných názorů o charakteru teorií a modelů, s nimiž se setkáváme ve vyučování fyzice a upozorníme jen na některé.

V současné výuce fyziky na základní i na střední škole se jeví stále silící tendence, aby celý výklad termiky byl založen na molekulárně kinetické teorii látek. Přitom se vychází z určitých zjednodušených modelů struktury látek různého skupenství. Tato správná tendence je poněkud znehodnocována neujasněným interpretováním poměru této teorie jako určitého popisu reality a reality samé.

V dále uváděných příkladech budeme se opírat především o současné učebnice fyziky, které dávají relativně neobjektivnější pohled na obsah i pojetí výuky fyziky.

Se syntetickým fyzikálním výkladem termiky setkávají se žáci poprvé v 7. ročníku ZDŠ. Jemu předchází téma *Látky tuhé, kapalné a plynné, základní poznatky o molekulové stavbě látek*. V tomto tématu se vytváří neelementárnější molekulárně kinetický model struktury látek, který lze charakterizovat takto:

1. všechny látky se skládají z malých částic (zpravidla se o nich mluví jako o „molekulách“),
2. částice nevyplňují prostor úplně („jsou mezi nimi mezery“),
3. částice jsou v neustálém pohybu,
4. v tuhých a kapalných látkách působí mezi částicemi přitažlivé a odpuzivé síly (modelované dvěma koullemi s pružinou), u plynů jsou molekuly od sebe tak vzdáleny, že mezi nimi nepůsobí soudržné síly.

I když je tento model velmi jednoduchý, je nad úroveň možností ZDŠ charakterizovat jej alespoň některými veličinami a vyvozovat z něj kvantitativní závěry.

Termika začíná tématem *Zahřívání těles, měření teploty*. Zde se výše uvedený model doplňuje kvalitativním konstatováním o vztahu mezi rychlostí pohybu molekul v látkách a jejich teplotou.

Jinak je celé téma pojato fenomenologicky (změna objemu při zahřívání, měření teploty) a výklad není závislý na charakteru a druhu modelu struktury látek) spíše má blíže k chápání látek jako kontinua). Poslední téma 7. roč. je

Množství tepla a sdílení tepla. Začíná pojmem „výměna tepla“, který je objasňován velmi zjednodušeně molekulárně kinetickými představami. Ani v této podobě nelze užít jakéhokoliv kvantitativního popisu. Proto množství tepla, jeho výpočet, zdroje tepla a výhřevnost spočívají bez objasnění a bez jakéhokoliv zdůvodněného vztahu na fluidární představě. Ve sdílení tepla vedením se elementárně zdůvodňuje proces vedení tepla, avšak tento model není schopen objasnit již odlišnou tepelnou vodivost a proto další výklad je jen fenomenologický (šíření tepla a prouděním a sáláním).

Termika v 8. ročníku začíná zopakováním a rozšířením modelu struktury látek, který se doplní dále v úvodu kapitoly *Změny skupenství* a sformulováním zjednodušené molekulárně kinetické teorie. Celá výuka termiky v 8. ročníku však využívá tohoto modelu jen málo. Je to v podstatě jen kvalitativní elementární výklad předávání tepelné energie (redukováný na přenos vedením) a výklad vypařování kapalin. Naprostá většina výkladu termiky v tomto ročníku je fenomenologická. Ale ve všech případech, kdy se dochází ke kvantitativní formulaci a výpočtům, užívá se v podstatě fluidárních představ (ačkoliv o nich nepadne v průběhu celého výkladu ani zmínka). Tak je tomu např. při výkladu množství tepla, jeho jednotky, měření tepla, při výkladu měrného tepla, tepelné účinnosti, skupenských tepel aj.

Z výše uvedeného stručného výčtu je jasně vidět:

1. jediným jasně formulovaným modelem je zjednodušený molekulárně kinetický model, který je prezentován tak, jako by plně vystihoval skutečnost a bylo jím lze vysvětlit všechny jevy termiky,
2. tento model i přes všechna zjednodušení není možno využít jako podklad pro kvantitativní vyjádření,
3. všechny kvantitativní definice, vztahy a výpočty vycházejí v podstatě z fluidární představy tepla, avšak fluidární model tepla není uveden ani jako vývojový stupeň.

Je tedy zřejmý logický a prostředky ZDŠ nepřeklenutelný rozdíl mezi molekulárně kinetickým modelem a užívaným kvantitativním popisem.

Učebnice pro gymnasia věnuje poměrně značnou pozornost molekulové fyzice a vybudování molekulárně kinetického modelu. Zavádí některé veličiny, které charakterizují kvantitativně tento model. Z molekulárně kinetických představ dochází dedukcí ke kvantitativním závěrům. Vzhledem k určitým nutným zjednodušením (i přesto je učivo dosti náročné) je nutno určitá fakta sdělit nebo probírat fenomenologicky, i když by bylo možné je odvodit.

Kromě toho jsou však určité skutečnosti, které nelze buď principiálně nebo pro velkou náročnost uvést v soulad s molekulárně kinetickou teorií. Autoři si v těchto případech vypomáhají v podstatě fluidárním modelem. Nebudeme se zde zabývat nejasnostmi v zavádění pojmu tepla a tepelná energie. Zajímá nás, do jaké míry je výklad poplatný fluidárnímu modelu. V učebnici se o fluidární teorii pouze konstatuje: „... Předtím se za příčinu teploty pokládalo teplo jako zvláštní hypotetické fluidum...“ ([9], str. 29). Charakter fluidárního pojetí se nezmění, užívají-li autoři pojmu tepelná energie v podstatě ve významu fluida, např.: „... Udvává množství tepelné energie procházející... Tok tepelné energie je...“ ([9], str. 34).

I povrchní pohled přesvědčí, že na představě fluid (ať to zatemňují jakékoliv formulace) je založen např. výklad měrného tepla a jeho měření, ekvivalence tepla a práce, výklad kalorimetrické rovnice, tepelné vodivosti a mnoha dalších pojmů.

Zde můžeme formulovat tyto závěry:

1. Jediným jasně formulovaným modelem je molekulárně kinetický model, který je prezentován tak, jako by plně vystihoval skutečnost a bylo jím lze vysvětlit všechny jevy termiky,
2. model je podkladem pro kvantitativní vyjádření řady veličin a vztahů,
3. Vывozování určitého počtu veličin a vztahů vychází v podstatě z fluidárního modelu. Tento model je uveden pouhou zmínkou jako překonaná představa. Výklad se snaží zakrýt závislost na tomto modelu užíváním odlišných termínů.

V modernizačních snahách je ještě výrazněji molekulárně kinetická teorie zdůrazňována jako jedině správný a úplný popis. O starší teorii — fluidární teorii tepla — je hovořeno jako o nesprávné, nevědecké. Všechny vlivy fluidární teorie v terminologii jsou vymycovány jako pozůstatky nesprávných představ.

Jak si však žák má vysvětlit, že chybná teorie byla tak dlouho a úspěšně užívána? Jak se vyrovná se skutečností, že v technice i v řadě fyzikálních odvětví je užívána tato chybná teorie jako velmi pohodlná i dostatečně přesná? Při dalším studiu pozná, že některá odvětví v науce o teple byla vybudována za předpokladu platnosti fluidární teorie tepla (např. termodynamika), a že tato odvětví zůstávají nezměněna, i když přejdeme k molekulárně kinetickému výkladu tepelných jevů. Celá konstrukce termodynamiky i její v praxi osvědčené a potvrzené důsledky jsou nezávislé na volbě fluidárního nebo molekulárně kinetického modelu.

Při studiu na střední a zvláště na vysoké škole pozná student, že existuje řada termických jevů, které nelze molekulárně-kinetickými představami vůbec vysvětlit (např. tepelné záření, teplotní závislost měrných tepel aj.).

Mnohem správnější by byl postup, při kterém by se molekulárně kinetická teorie uváděla jako určitá etapa poznání. Tato teorie v současné době sice znamená určitý vrchol poznání, je však také pouze přibližným výkladem, relativně nejdokonalším, avšak nutně omezeným jen na určitou oblast, nutně dočasným. Fluidová teorie znamená vývojově nižší stupeň poznání, odráží skutečnou strukturu tepelných dějů jen v prvním hrubém přiblížení. U řady jevů, kde tato skutečnost není rozhodující, podávají fluidární představy dobré výsledky ve shodě s praxí. Protože model fluidární teorie je velmi názorný a zákony formulované s jeho pomocí jsou velmi jednoduché, přidržujeme se této teorie v některých oblastech, které se zabývají určitými tepelnými jevy velkých souborů částic bez ohledu na jejich strukturu.

Takové pojetí by mělo řadu předností, zvláště:

1. Zbavilo by výuku značných a na nižších stupních téměř neřešitelných obtíží vznikajících ze snahy zavádět všechny pojmy jen na základě molekulárně kinetické teorie.
2. Vedlo by žáky ke správnému chápání vývoje fyzikálních teorií, kde každá nová teorie zahrnuje širší okruh jevů, vykládá je hlouběji a fyzikálně podstatněji. Starou teorii lze chápat jako určitou oblast nové teorie, v níž byly zavedeny určité zjednodušující předpoklady.
3. Vedlo by žáky k pochopení, že pro určitou oblast jevů je možno užít různých modelů. Potom v daném konkrétním případě vycházíme z toho modelu, představ a teorie, které umožňují rychlejší a pohodlnější řešení při zvolené nebo dané úrovni exaktnosti.

Takovýto přístup však neznamená, že by starší i nové teorie (příp. jejich modely) měly být pojímány jako stejně platné, stejně věrně zobrazující fyzikální skutečnost. Moderní, dokonalější teorii bude dávana vždy přednost ve vědecké

práci a ve vyučování fyzice, i když zvláště z praktických a často i z didaktických důvodů může být užíváno pro výklad i v aplikacích starších teorií a modelů. V takových případech však musí být vždy jasné, že staršího modelu se užívá např. pro zjednodušení úvah nebo výpočtů a žákovi musí být alespoň principiálně objasněn výklad podle teorie moderní.

Podobný postup by měl být volen i při seznamování žáků se základy speciální teorie relativity, kvantové mechaniky apod. Např. speciální teorie relativity nemůže být prezentována jako popření klasické mechaniky, ale jako její prohloubení a rozšíření. Klasická mechanika jako vývojově nižší stupeň poznání popisuje daleko užší oblast jevů, než se do začátku 20. stol. předpokládalo. Zabývá se jevy, kde rychlosti pohybujících se těles jsou mnohem menší než rychlost světla ve vakuu, a tyto jevy se odehrávají v kosmu charakterizovaném rozměry umožňujícími bezprostřední pozorování člověkem. Klasickou mechaniku (nebo její podstatnou část) lze tedy pokládat za část speciální teorie relativity, a za daných zjednodušujících předpokladů zobrazuje fyzikální realitu s velkou přesností. Speciální teorie relativity je však opět dílčí oblastí obecné teorie relativity, která v současné době sice představuje vrchol poznání v určité oblasti fyziky, sama však není vývojově ukončená.

Objasnění skutečnosti, že v určitém oboru fyziky je možno užívat různých modelů, usnadnilo by i např. ve výuce elektřiny pojetí náboje a proudu. Podle současného stavu výuky se zdůrazňuje v úvodu elektřiny diskrétní charakter náboje a proudu, pak však dále v mnoha oborech se pracuje s nábojem a proudem jako se spojitou substancí. Toto se považuje v učebnicích za samozřejmé a je na žáku, aby se s tím sám vyrovnal.

Další uváděný příklad se týká problému zobrazení elektrického pole (příp. magnetického pole) a vztahu tohoto zobrazení a reality. Tato pole se zobrazují pomocí siločar (indukčních čar), které zavedl do fyziky Faraday a kvantitativně je plně charakterizoval Maxwell. Je třeba říci, že zobrazení pole, jak se s ním běžně setkáváme v učebnicích, je značně zjednodušené a kusé ve srovnání s Faradayovým a Maxwellovým pojetím. Není např. vůbec uveden vztah mezi hustotou siločar a intenzitou pole, i když obrázky a text učebnice s touto skutečností počítají, i když zdaleka není samozřejmé. Tato nedůslednost a nesystematičnost (a často i nelogičnost) v popisu pole má také svůj podíl na nesprávném chápání tohoto způsobu zobrazování.

Pojem siločáry je na ZDŠ zaveden poprvé v 9. ročníku. Vychází se z pokusů s elektrickými chocholy s papírovými proužky a konstatuje se: „*Poloha proužků v elektrickém poli ukazuje silové působení elektrického pole — znázorňuje elektrické siločáry.*“ ([7], str. 18). Objasníme si celou složitost situace. Elektrické pole se popisuje (modeluje) siločarami, které se opět znázorňují elektrickými chocholy. Oba způsoby jsou prostředkem modelování elektrického pole (jeden model je materiální, druhý ideální), oba modely jsou vzhledem k elektrickému poli jeho homomorfními modely a kromě toho jsou homomorfni navzájem.

Formulace textu vede žáky snadno k závěru: elektrické siločáry existují, znázorňujeme je proužky elektrických chocholů. Tento závěr je potvrzován formulacemi v dalším textu, kde se o nich hovoří jako o reálně existujících: „*Elektrické siločáry mezi dvěma nabitými dostatečně velkými rovnoběžnými kovovými deskami jsou rovnoběžné a kolmé na desky.*“ ([7], str. 19).

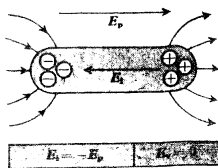
O magnetických indukčních čarách se říká: „*Piliny se v magnetickém poli zmagnetizují, začnou se přitahovat a vyznačí na ploše papíru průběh magnetických indukčních čar. Indukční čáry jsou v celém prostoru magnetického pole.*“ ([7], str. 63).

Zde tedy z hlediska žáka (a velmi často i z hlediska učitele) je naprosto nepo-
hybně konstatována reálná existence magnetických indukčních čar.

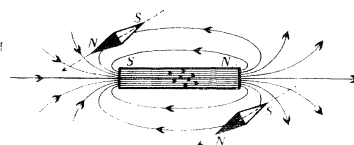
Tyto představy jsou téměř u všech žáků, kteří opouštějí ZDŠ, velmi silně
zafixovány. I když s touto skutečností by snad bylo možné se smířit s tím, že
v dalším studiu dojde k upřesnění a odstranění nesprávných představ, je špatné,
že tyto představy se udržují i u absolventů středních a někdy i vysokých škol.
Bezespornou vinu na tom má i výuka ve vyšších cyklech, která věnuje objasnění
této otázky malou pozornost.

V učebnici ([9], str. 162) se správně říká: „*Je zvykem síťová pole znázorňovat
síločarami. Tento pojem zavedl Faraday.*“ Podobně v učebnici [10] je uváděno:
„*Čáry znázorňující rozložení magnetického pole se nazývají magnetické indukční
čáry.*“ (str. 3). Avšak tato v učebnicích málo zdůrazněná konstatování (vzhledem
k výše uvedeným skutečnostem) ve vyučování často úplně zanikají a tak nejsou
schopna narušit představy, se kterými přicházejí žáci ze ZDŠ. Navíc zde silně
působí skutečnost, že v dalším textu se pracuje se síločarami (indukčními čarami)
tak, jako by v poli skutečně existovaly. Příkladem z nauky o elektřině a magnetismu
by bylo možno uvést mnoho ze všech učebnic. Např.: „*V poli bodového náboje
se síločáry rozestupují jako paprsky na všechny strany směrem poloměru koule . . .
Síločáry jsou rovnoběžné, kolmé na roviny . . . Náboje v prvním přitahují, v druhém
odpužují*“ ([9], str. 163). Po-
dobně v ([10], str. 25): „*Indukované napětí vzniká také na koncích vodiče, který
se pohybuje tak, že protíná indukční čáry magnetického pole . . . Pohybuje-li se vodič
ve směru indukčních čar, neprotíná je a indukce nevzniká.*“ Takové vyjadřování je
celkem obvyklé a je vynuceno nezbytnou ekonomikou ve vyjadřování. Nemuselo
by být proti němu námitek, kdyby žáci správně chápali smysl.

Představu, že v poli reálně existují síločáry (indukční čáry) posiluje i nevhodně
interpretovaná demonstrace magnetického pole pilinkovými obrázky a elektrického
pole např. pomocí krupice sypané do vany s dvěma nabitými elektrodami,
která je naplněna vrstvou oleje. Tyto pokusy by měly objasnit, jak se došlo k před-
stavě síločar (indukčních čar) i ukázat vhodnost jejich užití pro zobrazení pole.
Předpokládá to však správný výklad vzniku těchto obrázků, se kterým se prakticky
nikde nesetkáváme. Je třeba ukázat i objasnit náhodnost právě určitého
uspořádání ocelových pilinek nebo krupicových zrn, že totiž takto vytvořený
obraz není závislý jen na poli, ale i na uspořádání pokusu (např. na množství
pilinek, způsobu sypaní aj.). Demonstrujeme-li alespoň dvakrát totéž pole
(např. stálého magnetu), je vidět, že sice charakter obrázce je shodný, přesto
však se oba obrázky odlišují v konkrétním uspořádání a hustotě čar.



Obr. 1



Obr. 2

Svůj podíl na ztotožnění skutečnosti a jejího popisu mají i užívané obrázky znázorňující charakter polí i jejich průběh pomocí siločar (indukčních čar). Tyto čáry jsou často znázorňovány stejnými prostředky jako reálné objekty (kuličky, desky, válce, cívky aj.), což přispívá k vytváření představy u žáků, že také siločáry (indukční čáry) reálně existují. Není sice možné je bezprostředně pozorovat (podobně jako náboj, proud aj.), lze je však „zviditelnit“ např. ocelovými pilinkami.

Žákům by mělo být jasně zdůrazněno, že to, co skutečně existuje, je elektrické (magnetické, příp. elektromagnetické) pole, které určitým způsobem popisujeme, zobrazujeme, modelujeme. Model elektrického pole užívající siločáru a model magnetického pole užívající indukčních čar se ukázaly jako velmi účinné. Na základě těchto modelových konstrukcí podařilo se Faradayovi vybudovat fenomenologickou teorii a jeho následovníku Maxwellovi vytvořit úplnou teorii elektromagnetického pole, která je užívána ve vědě i v praxi již celé století a je jednou z nejskvělejších teorií vůbec. Teorie elektromagnetického pole však dnes není vázána na tento model a věda dnes pracuje s modely daleko abstraktnějšími. Ve vyučování a při různých objasňováních tohoto modelu užíváme stále, protože je velmi názorný.

Pochopí-li žáci takto model elektrického a magnetického pole, budou daleko lépe chápat i řadu jiných modelových konstrukcí, např. v atomistice, jaderné fyzice, teorii látek aj.

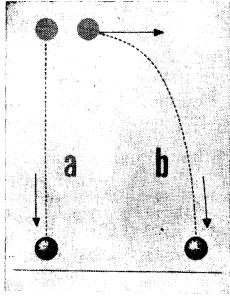
Uvedeme ještě jeden příklad nesprávného chápání zobrazení určité fyzikální reality. Velmi často modelujeme průběh fyzikální veličiny graficky. Zde se setkáváme s tím, že žáci nedovedou rozlišit graf závislosti určité veličiny (např. na čas, teplotě vzdálenosti) od veličiny samé, příp. od jejího zobrazení. Setkáváme se s tím, že žáci zaměňují graf závislosti dráhy na čas se samou drahou, graf závislosti prodloužení pružiny na zatížení se samým průběhem prodloužení, závislost výchylky na čas se samou výchylkou apod.

Všimněme si alespoň některých příčin, které mohou objasnit, proč řada žáků zaměňuje např. graf závislosti dráhy na čas se samou drahou (příp. s jejím zobrazením), a to zvláště u pohybu rovnoměrného přímočarého.

Jedním z pramenů jsou terminologické nejasnosti spočívající v samém pojmu dráha. S tímto pojmem (jako pojmem fyzikálním) setkávají se žáci prvně v 8. ročníku. V učebnici [6] se říká: „*Čára opsaná pohybujícím se bodem se nazývá dráha pohybu.*“ (str. 6). Je zde tedy pojem „dráha“ zaveden ve smyslu trajektorie. Pro odlišení veličiny dráha je zaváděn pojem „délka dráhy“: „*Délku dráhy značíme písmenem s, . . .*“ (str. 9), avšak ještě v tomto článku a dále systematicky užívá se již jen pojmu dráha: „*Výpočet dráhy při rovnoměrném pohybu.*“ (str. 9), „*. . . dráha = rychlost · čas . . .*“ (str. 10). Je zde tedy pojmu „dráha“ užíváno ve dvou odlišných významech, aniž by na to bylo upozorněno (vycházíme zde z textu učebnice, ve výuce však situace rozhodně není lepší).

Středoškolská učebnice s tímto stavem žáky jasně seznamuje: „*Slovo dráha má v mechanice dva významy . . .*“ ([8], str. 17). Toto terminologické nerozlišení, které odpovídá našim zvyklostem, bezesporně zhoršuje dobrou srozumitelnost textu, např.: „*. . . nechť se automobil pohybuje nerovnoměrně po přímé dráze a za dobu Δt urazí dráhu Δs . . .*“ (str. 28). Zde v jedné větě se užívá téhož slova ve dvou významech, což někteří žáci dobře nerozliší.

Druhou hlavní příčinou nejasností je sám způsob zobrazování. Žáci se jednak seznamují se zobrazováním dráhy jako trajektorie. Jsou to jednak náčrty např. při objasňování tíhnutí pohybů podle tvaru dráhy na přímočaré a křivočaré (obr. 3).

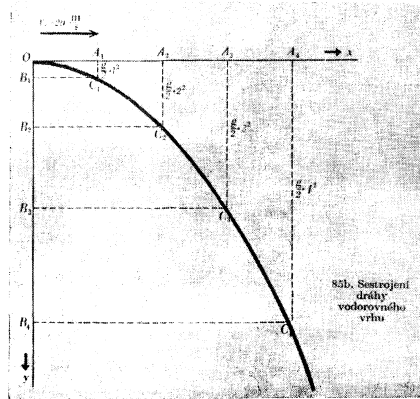


Obr. 3

Se zobrazováním trajektorií v souřadné soustavě x, y se seznamují žáci při studiu vrhů. Zde však je dráha (trajektorie) zpravidla dána v parametrickém tvaru a parametrem je čas. To bývá někdy příčinou, že někteří žáci nemají vyjasněno, zda v těchto případech jde o zobrazení dráhy (trajektorie) nebo o zobrazení závislosti dráhy na čase. Zobrazovaná trajektorie je vždy buď přímkou nebo parabolou.

Dále se seznamují žáci na střední škole se zobrazením závislosti dráhy na čase v soustavě s, t (v některých učebnicích fyziky na odborných školách se hovoří o $s-t$ diagramu). Protože se zobrazují jen pohyby rovnoměrné a rovnoměrně zrychlené, poznávají žáci jako grafy závislosti dráhy na čase opět jen přímkou a parabolou (příp. lomenou čáru složenou z úseček). Poměrně málo je zdůrazňováno, že neexistuje bezprostřední souvislost mezi tvarem dráhy (trajektorií) a druhem pohybu (podle rychlosti).

Konečně se seznamují žáci se zobrazením pohybu, který má v sobě prvky obou výše uvedených zobrazení. Např. při rozlišování pohybů ([8], str. 18) se jako příklad uvádí náskres auta, jedoucího po přímé silnici a uražená dráha v každé sekundě je vyznačena polohou auta. Zde je tedy zobrazena přímá dráha (trajektorie), ale současně je vyznačena závislost ujeté dráhy na čase. Podobný je případ obrázku s několika polohami vozičku na přístroji, polohy kuliček na Galilcově padostroji (stejně i na jiných padostrojích).

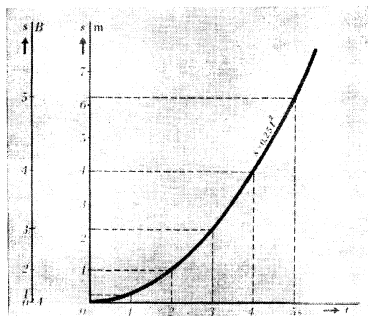


Obr. 4

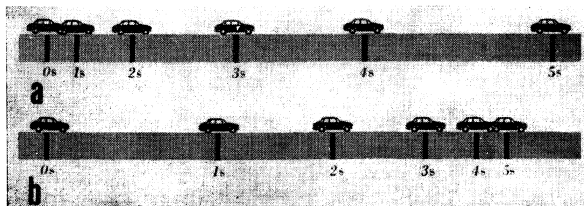
Úplný rozbor by odhalil ještě řadu faktorů, které způsobují, že žáci jasně nerozlišují dráhu jako trajektorii (příp. její zobrazení), dráhu jako fyzikální veličinu určenou číselnou hodnotou a jednotkou nebo jako funkci času a konečně zobrazení závislosti dráhy na čase.

I zběžný rozbor ukazuje, že příčiny tohoto stavu lze těžko hledat ve fyzikální nesprávnosti výkladu nebo v metodické nepropracovanosti. Vyjadřování a zobrazování závislosti v úvodu mechaniky je charakterizováno poměrně intenzivním užitím grafických metod (tuto tradici je možno sledovat až k dílům Newtona a Galileia). V další výuce je však těchto metod užíváno poměrně řídko, i když jejich správné využití je velmi účinné při vytváření neformálních znalostí. Celou situaci v úvodu fyziky na střední škole zhoršuje i nedostačující příprava pro správné chápání funkčních závislostí v grafickém vyjádření.

Toto vše pravděpodobně způsobuje v myslích žáků určité splynutí poznatků, které izolovaně samy o sobě jsou vytvářeny správně. Zřejmě tedy bude nutno daleko více respektovat kromě aspektů fyzikálních a didaktických i aspekty psychologické.



Obr. 5



Obr. 6

Z výše uvedeného je vidět, že výchova ke správnému chápání vztahu fyzikální reality a jejího zobrazení je náročným úkolem, který musí být plněn v průběhu celého vyučování fyziky na všech stupních. Splnění tohoto úkolu je nezbytné pro skutečně neformální porozumění moderně chápané fyziky, pro porozumění vývoji fyziky i pro vytvoření vědeckého světového názoru.

Katedra metodiky vyučování fyzice na matematicko-fyzikální fakultě University Karlovy v Praze

LITERATURA

- [1] *Lenin, V. I.*: Materialismus a empiriokriticismus, Praha, Svoboda 1952
- [2] *Maxwell J. C.*: Lehrbuch der Elektrizität und des Magnetismus, 1 díl, str. IX, Berlin, Springer 1883
- [3] *Heisenberg W.*: Fyzika a filosofie, Praha, Svoboda 1966
- [4] *Newton I.*: Optika, Moskva, GITTL 1954.
- [5] Fyzika pro 7. ročník, Praha, SPN 1967
- [6] Fyzika pro 8. ročník, Praha, SPN 1963
- [7] Fyzika pro 9. ročník, Praha, SPN 1963.
- [8] Fyzika pro I. ročník SVVŠ, Praha, SPN 1965
- [9] Fyzika pro II. ročník SVVŠ, Praha, SPN 1964
- [10] Fyzika pro III. ročník SVVŠ, Praha, SPN 1965.
- [11] *Kašpar E.*: Kapitoly z didaktiky fyziky, I., II. Praha, SPN 1960, 1963.
- [12] Filosofie, metodologie, věda (kol. autorů), Praha, Svoboda 1969.
- [13] Teorie modelů a modelování (kol. autorů), Praha, Svoboda 1967.
- [14] K některým otázkám úlohy matematiky ve vyučování fyzice (kand. práce), MFF KU, 1967

SHRNUTÍ

K NĚKTERÝM OTÁZKÁM VZTAHU FYZIKÁLNÍ REALITY A JEJÍHO ZOBRAZENÍ VE VYUČOVÁNÍ FYZICE

JAROSLAV VACHEK

Článek se nejprve stručně zabývá otázkou vztahu fyzikální reality a jejího popisu. Ve školním vyučování je pojetí tohoto vztahu silně poznamenáno naivně realistickým chápáním, které vede často ke ztotožnění fyzikální reality a jejího popisu. Správné pochopení významu a úlohy hypotéz, teorií a fyzikálních modelů pro fyzikální poznání je nezbytné nejen pro porozumění vývoje fyziky a jejího současného vztahu, ale je základní podmínkou pro neformální výchovu k vědeckému světovému názoru.

Článek na několika konkrétních příkladech z výuky fyziky na všeobecně vzdělávacích školách (výklad a aplikace molekulární kinetické teorie, popis elektrického a magnetického pole, grafické zobrazení a znázornění průběhu fyzikálních veličin) ukazuje rozpory a chybná chápání, která vznikají z jednostranné interpretace a absolutizace určité teorie nebo fyzikálního modelu.

ZUSAMMENFASSUNG

ZU EINIGEN PROBLEMEN VON BEZEICHUNG DER PHYSIKALISCHEN REALITÄT UND IHRER DARSTELLUNG IM PHYSIKUNTERRICHT

JAROSLAV VACHEK

Der Autor befasst sich kurz zuerst mit dem Problem der Beziehung zwischen der physikalischen Realität und deren Beschreibung. Im Schulunterricht wird der Begriff dieses Verhältnisses durch eine naive realistische Auffassung beeinflusst, welche oft zu einer Identifizierung der physikalischen Realität mit ihrer Beschreibung führt. Eine richtige Auffassung der Bedeutung und Aufgabe der Hypothesen, Theorien und der physikalischen Modelle für die physikalische Erkenntnis ist unumgänglich notwendig nicht nur für das Verständnis der Entwicklung der Physik und deren derzeitigen Standes, sondern ist auch eine Grundbedingung der nichtformellen Erziehung zur wissenschaftlichen Weltanschauung.

Der Verfasser zeigt an einigen konkreten Beispielen aus dem Physikunterricht an Allgemeinbildendenschulen (Erläuterung und Applikation der molekularkinetischen Theorie, Beschreibung des elektrischen und magnetischen Feldes, graphische Darstellung und Veranschaulichung des Verlaufs physikalischer Grössen) auf Widersprüche und falsche Auffassungen, die zu einer einseitigen Auslegung und Absolutisierung einer bestimmten Theorie oder einer physikalischen Modells führen.