

Pokroky matematiky, fyziky a astronomie

Miloslav A. Valouch

Snahy o modernizaci vyučování fyzice v zahraničí

Pokroky matematiky, fyziky a astronomie, Vol. 9 (1964), No. 2, 99--112

Persistent URL: <http://dml.cz/dmlcz/137659>

Terms of use:

© Jednota českých matematiků a fyziků, 1964

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

SNAHY O MODERNIZACI VYUČOVÁNÍ FYZICE V ZAHRANIČÍ*)

MILOSLAV VALOUCH, Praha

Fyzika se ve 20. století rozvíjela velmi bouřlivě a došlo v ní k některým převratným objevům. V důsledku toho se fyzika začala dělit na klasickou a moderní. Obecné zákony klasické fyziky jsou založeny na studiu fyzikálních jevů, které se odehrávají v podstatě v pozemském měřítku z hlediska člověka pozorujícího svět, v němž žije. Moderní fyziku lze charakterizovat objevy teorie relativity a kvantové mechaniky, které odhalily nové aspekty světa se zásadně novými principy. Jde tu o fyzikální děje, které probíhají jednak v ohromných rozměrech a časových intervalech vesmíru, jednak v atomárním mikrosvětě v malých oblastech prostoru s rozměry řádu 10^{-8} cm.

Není tomu ani tak dávno, co se obě nové teorie potkávaly s nedůvěrou i u vědců, kteří se nedovedli dosti rychle zbavit návyků přímé názornosti klasické fyziky pěstovaných po několik staletí. Toto období už však skončilo a dnes se výsledků teorie relativity používá při výpočtu urychlovačů částic a při využívání a dalším výzkumu jaderných reakcí, zatímco na podkladě výsledků kvantové mechaniky se rozvinula průmyslová výroba zásadně nových elektronických přístrojů a zařízení. Obě teorie tak prokázaly svou životnost právě tak jako v minulém století teorie elektřiny a kinetická teorie plynů.

Je tedy pochopitelné, že zejména s rozvojem technických aplikací moderní fyziky bylo nutno zavádět některé nové její poznatky i do vyučování na školách nižších stupňů. Množství takových poznatků a jejich aplikací však v posledních desetiletích neobyčejně rychle rostlo, a to i na úsecích, které spadají převážně do oboru klasické fyziky. Připomeňme jen např. rozhlas a televizi. Poněvadž počet hodin věnovaných výuce fyziky ve školách nebylo možno podstatně zvýšit vzhledem k rozvoji i jiných věd a všeobecné vzdělanosti, narostl tu postupně rozpor mezi rozsahem fyzikálních znalostí, které jsou nutnou součástí všeobecného vzdělání, a dobou, během níž si mají žáci tyto poznatky osvojit tak, aby byly užitečné v praktickém životě nebo dobrým základem pro další hlubší studium. Metoda rozšiřování učební látky o nové poznatky má tedy své meze. Současně se však ukazuje, že z dosavadní klasické fyziky nelze ve výuce fyziky mnoho vynechat, aniž by se fyzika nedegradovala z vědy exaktní

*) Výtah z referátu předneseného na konferenci JČMF v Olomouci v prosinci 1963.

na vědu kvalitativně popisnou. Osvojení si většiny pojmů a zákonů klasické fyziky je totiž nutnou přípravou pro pochopení dějů a zákonů moderní fyziky.

Řešení tohoto problému se stává aktuálním také na našich školách; je proto účelné všimnout si, co se v tomto směru děje za hranicemi. V několika posledních letech dozrává totiž v řadě států s vysokou průmyslovou a kulturní úrovní názor, že zmíněný rozpor ve výuce fyziky je nutno řešit zásadně novým způsobem místo dosavadních neúčinných pokusů o jeho řešení přidáváním, ubíráním a přerovnáváním učební látky. Nemá tu tedy jít jen o jistou revizi učební látky, jak jsme ji zažili při každé z posledních reforem, nýbrž o mnohem hlubší změnu v celkovém pojetí cíle výuky a v logickém uspořádání systému fyziky jako vědy, která se má stát podkladem pro podstatné zvýšení účinnosti výuky se zaměřením na potřeby současného života a jeho dalších perspektiv. Přirozeně ruku v ruce s tím je nutno také zkoumat a zavádět nové účinnější metody výuky a učení, avšak převládá názor, že zlepšení těchto metod bez zásadní přestavby obsahu by samo o sobě nemohlo daný problém vyřešit.

Způsoby jeho řešení mohou být různé, zejména v souvislosti s tradicemi a specifickým charakterem vyučování v různých zemích a jejich společenským řádem. V socialistické společnosti klademe důraz na nejvyšší všeobecné vzdělání všech pracujících, kdežto ve školství kapitalistických států je vzdělávání již od věku 10—11 let více nebo méně výběrové, čili právě v době, kdy se začíná vyučování fyzice jako samostatnému předmětu. To přirozeně neznamená, že bychom nemohli použít mnoha zkušeností a myšlenek z modernizačních pokusů v kapitalistických státech, avšak přece jen při hledání řešení vhodného pro naše poměry nesmíme tento rozdíl ztratit ze zřetele. Naopak zase naše jednotnost výchovných cílů by mohla a měla být využita pro skutečně zásadní řešení. V souvislosti s tím chci ozřejmit současný nový charakter fyziky jako vědy, který by podle mého názoru mohl být základním vodítkem při hledání zásadního řešení modernizace, dříve než se obrátím k popisu některých hlavních směrů v cizině.

Fyzika neprodělala totiž v 20. století jenom kvantitativní vývoj co do množství poznatků, nýbrž mnohem hlubší a zásadnější proměnu. Fyzika druhé poloviny 20. století se ve své podstatě jeví jako jednotná harmonická soustava pojmů a principů, jejichž obecnost a hloubka dovoluje studovat tak říkajíc jak elementární struktury světa, tak i svět jako celek. Základní pojmy fyzikální, jako jsou čas, prostor, hmota, síla, hybnost, energie, elektrický náboj, pole atp., které se vytvořily v éře klasické fyziky, zejména klasické mechaniky, jsou dnes společné pro klasickou mechaniku, teorii elektromagnetického pole, teorii relativity, kvantovou mechaniku a možno říci i pro dosud neznámou teorii elementárních částic. Obsah těchto pojmů a obecné vztahy mezi nimi nebo jejich některé stránky se ovšem v důsledku toho změnila a staly se obecnějšími. Ukazuje se čím dále tím více také základní sjednocující význam obecných zákonů zachování energie, hybnosti, náboje apod. Současná fyzika je sice v řadě oblastí na začátku nových základních výzkumů, např. v jaderné fyzice, avšak všechny zkušenosti podle mého názoru ukazují, že do dnešní jednotné

soustavy pojmů a principů je možno logicky včlenit i nové překvapující dílčí objevy. Zdá se, že fyzika vstoupila do nové etapy svého vývoje, která bude mít dosti dlouhé trvání. Původní jednotný obraz světa podaný na podkladě klasické mechaniky, který začal být narušován zejména objevy 19. století, se na přelomu 20. století stává znovu jednotným. Děje se tak ovšem na základě mnohem hlubší a obecnější teoretické soustavy, v níž klasická mechanika, teorie relativity a kvantová mechanika jsou v podstatě speciálními teoriemi v kvantitativně různých oblastech prostoru a času. Tato soustava fundamentálních fyzikálních představ je dnes páteří fyziky jako vědy a pochopení i osvojení si této soustavy pojmů a vztahů je nutným podkladem pro studium všech přírodních jevů nejen ve fyzice, ale i v ostatních přírodních vědách včetně biologie.

Výuka fyziky na školách všech stupňů a ovšem zejména na nižších stupních dosud nevyužila tohoto nového stavu fyziky a v tom je možno spatřovat velké rezervy pro řešení základního rozporu. Dosavadní pedagogický systém výuky fyziky je totiž možno charakterizovat tak, že základní fyzikální pojmy a vztahy se nejprve podávají ve svém klasickém chudším obsahu a pojetí a teprve dodatečně se přidává něco z moderní fyziky. Tento postup má za následek, že se mnoho z pojmů a vztahů v moderních částech fyziky jeví spíše jako popření základů, kterým se žáci před tím v klasickém pojetí s námahou naučili. Místo jednotného logicky spjatého systému ukazuje se fyzika jako plná překvapujících a nepochopitelných rozporů. Proto se také udržuje přesvědčení, že např. základy teorie relativity a kvantové mechaniky jsou příliš obtížné k pochopení a ke kvantitativnímu zvládnutí na nižších stupních školských. Pokud se něco dostalo do učební látky 2. stupně např. z atomistiky, je to podáváno spíše formou vyprávění pohádky o atomu, která silně kontrastuje se způsobem probírání tak zvaných jednoduchých jevů, které je mnohem fyzikálnější a exaktnější, i když je přizpůsobeno věkovým možnostem. A přece otázka, zda něco je snadno nebo těžko pochopitelné, je velmi často otázkou, na co jsem již dlouho zvyklý anebo co mi v důsledku toho připadá nezvyklé. To je v podstatě hlavní jádro problému v poměru tzv. klasické a moderní fyziky.

Podle mého názoru by tedy snahy o sjednocení celého pedagogického systému fyziky a tím o jeho podstatné zjednodušení měly začít u základních fyzikálních představ a pojmů. Ty je třeba postupně vytvářet od počátku pokud možno na základě širších experimentálních zkušeností vzatých z oborů jak klasické, tak moderní fyziky a vyhnout se zdánlivým rozporům a z nich plynoucím zmatkům při jejich používání u dějů odehrávajících se v zásadně odlišných měřítkách prostoru a času. Je sice pravda, že takto vytvářené představy jsou jako obecnější také více abstraktní a tím samým obtížnější ve smyslu vyučování. To je však problém vhodného pedagogického systému v uspořádání učební látky, jehož úspěšné řešení bude usnadněno logickým sjednocením učební látky na jednotných základech, jakož i použitím účinnějších vyučovacích metod.

Vybudování nového pedagogického systému fyziky a jeho zavedení do vyučování nebude možno řešit najednou v plné šíři. Nastíněný proces sjednocení struktury

fyziky se musí uskutečnit postupně v jejím vědeckém systému čili také na úrovni vysokoškolské výuky a jeho výsledky si musí osvojit učitelé škol nižších stupňů. Je proto zcela přirozené, že řešením tohoto problému se dnes ve světě zabývají převážně fyzikové na vysokých školách a ve vědeckých ústavech ve spolupráci s učiteli, pedagogy a psychology. Jejich skupiny si ověřují své myšlenky experimentálně na školách v omezeném měřítku a také u nás se začíná s takovým výzkumem plánovaným na několik let a předpokládá se, že teprve podle jeho výsledků by se mohlo přikročit k hlubší reformě vyučování na všech školách.

Výzkumů a pokusů tohoto druhu je v současné době ve světě celá řada, z nichž některé je možno označit jako dílčí. V dalším se pokusím o hrubý nástin tří směrů, které se snaží vytvořit nový ucelený systém výuky. Liší se přitom též stupněm prověřování v praxi i stupněm škol, na něž se zaměřují. Dva z nich, které je možno stručně nazvat americký a západoevropský, jsou zaměřeny na vyšší střední školy, kdežto třetí, sovětský, se snaží najít celkové řešení od elementárního stupně až do ukončení vyšší střední školy a je nám svým pojetím nejbližší. Nejpokročilejším co do stadia praktického zkoušení je systém americký, a proto s ním začneme.

V USA vypracovala zvláštní reformní komise moderní kurs fyziky pro 3. stupeň škol, který vzbudil pozornost v celém světě. Komise, známá hlavně pod zkratkou P. S. S. C. (Physical Science Study Committee), začala systematicky pracovat v r. 1956. Asi dvacetičlenný řídicí výbor komise je složen skoro z poloviny z pracovníků známé vysoké školy Massachusetts Institute of Technology, kteří jsou iniciátory a neaktivnějšími pracovníky. Další členové výboru byli zase většinou z jiných vysokých škol, výzkumných ústavů a průmyslových organizací. Tento výbor řídil práci asi 300 spolupracovníků z řad vysokoškolských a středoškolských učitelů a vědeckých pracovníků, mezi nimiž byla řada významných vědců, např. dva nositelé Nobelovy ceny prof. I. I. RABI z Columbia University, který ji dostal v r. 1944 za objev jaderné magnetické rezonance, a prof. E. M. PURCELL z Harvard University v r. 1952 za práce v oboru magnetických vlastností jader.

Činnost komise byla dotována značnými finančními prostředky ve výši asi 5 milionů dolarů. První verze nového kursu se začala zkoušet ve škol. roce 1957/58 na 8 školách s 300 žáky a podle zkušeností byl pak kurs upravován a zdokonalován. Ve škol. roce 1962/63 se podle něho učilo asi 130 000 žáků na amerických vyšších středních školách. V současné době proniká též do zemí Latinské Ameriky, do Španělska, Kanady apod.

Kurs je určen pro žáky ve věku 16 až 17 let; s jeho probráním se počítá v jednom roce asi při 6 týdenních vyučovacích hodinách po 40 minutách včetně 2 hodin laboratorní výuky. V praxi se ukazuje, že ve většině škol se probere ve skutečnosti za půldruhého roku. Abychom tomu porozuměli, je třeba si uvědomit značnou odlišnost amerického školského systému, který není jednotný a v němž se i jednotlivé školy stejného stupně liší svými učebními plány a osnovami i úrovní vzdělání, které poskytují. Základem kursu je učebnice pro žáky (Physics; D. C. Heath and Company, Boston). Má asi 660 stran formátu 26 × 19 cm, z toho asi 35 stran připadá na

předmluvu, obsah, rejstřík a tabulku čtyřmístných logaritmů a fyzikálních konstant. Je bohatě ilustrována (přes 700 obrázků zčásti barevných) a je rozdělena do 4 částí a 34 kapitol. Na konci kapitol jsou připojeny úlohy pro domácí a laboratorní cvičení (asi 770 úloh) a dále je tu uvedena doporučená doplňková literatura. Čtyři hlavní části učebnice jsou nazvány: 1. Vesmír. 2. Optika a vlny. 3. Mechanika. 4. Elektřina a atomová struktura.

První z nich je obecným úvodem do základních fyzikálních představ o času, prostoru a hmotě, jak je chápeme a jak je měříme. Žáci se seznamují s takřka neomezeným rozsahem dimenzí, poznávají, že přístroje slouží k jakémusi prodloužení lidských smyslů. V laboratoři získávají zkušenost s přímým i nepřímým způsobem měření a v zacházení s jednoduchými přístroji. Potom se žák setkává s rychlostí a zrychlením, s pojmem vektoru a relativního pohybu. Pokračuje studiem hmoty a seznamuje se s představou jejího množství a jejího zachování. Z fyzikálních a chemických poznatků pak poznává, že veškeré látky jsou složeny z poměrně malého počtu druhů atomů. Přímou zkušenost získává v laboratoři např. o rozměrech molekul z plochy monomolekulární vrstvy oleinové kyseliny, která vznikne na hladině vody z kapky jejího alkoholického roztoku známé koncentrace. Přímá zkušenost je pak doplňována předváděním filmů ukazujících pokusy, které nemohou studenti sami uskutečnit.

Takovým způsobem je žák veden od počátku k názoru, že fyzika je jednotným předmětem studia a zvláště že čas, prostor a hmota nemohou být od sebe odděleny. Dále poznává, že fyzika se stále rozvíjí a že její nové poznatky a objevy vznikají tvůrčí prací lidí.

Látka je vybrána a uspořádána podle zásady od jednoduchého a běžně známého až k subtilním představám moderní atomové fyziky. V tomto smyslu je v první části podán široký fyzikální obraz světa a v dalších částech se pak jeho jednotlivé úseky čili obory fyziky studují podrobněji.

V druhé hlavní části se tak začíná se studiem světla, nejprve ostrého a difúzního stínu, odrazu na zrcadlech a lomu na rozhraní prostředí. Přirozeným postupem se přitom vytvoří korpuskulární model světla. Jeho rozbor ilustruje opět způsob, jímž se vyvíjí vědecké poznání. Při pozorování a rozebírání dalších optických jevů poznává žák, že korpuskulární model nedostačuje a že je třeba vytvořit vlnový model světla. Zde je položen velký důraz na laboratorní zkušenost, při níž se žák seznamuje s vlastnostmi vln. Pozoruje vlny na vláknech a na vodě a poznává na modelových pokusech podstatu ohybu a interference vln. Možno říci, že tu žák dochází nakonec k přesvědčení, že difúzní záře kolem pouličních lamp, barvy olejových skvrn a vytváření obrazů čočkami jsou pouze různými aspekty vlnové povahy světla.

První polovinu učebnice, zahrnující první a druhou hlavní část, je možno charakterizovat tím, že v ní je hlavní pozornost věnována kinematice našeho světa, to znamená otázkám, kde jsou jednotlivé věci, jak jsou velké a jak se pohybují, nikoliv však proč.

Teprve v třetí části, nazvané mechanika, se učebnice znovu zabývá hlouběji pohy-

bem, a to z dynamického hlediska. Žák je veden pomocí jednoduchých pokusů k objevu Newtonova zákona pohybu. Učí se předvídat pohyby, jsou-li známy síly, a určovat naopak síly, je-li znám pohyb. Pak sleduje napínavou historii Newtonova objevu všeobecné gravitace. Následující zákony zachování hybnosti a energie jsou podány pomocí kombinace teorie a laboratorních pokusů. Tyto obecné zákony zauímají značné místo ve třetí části, je zdůrazněn jejich význam v situacích, kdy není možné podrobné pozorování pohybu, jako např. při objevu neutronu a v kinetické teorii plynů.

Čtvrtá část uvádí žáka do elektřiny a jejím prostřednictvím do atomové fyziky. Zde žák zužitkovává znalosti z dynamiky z předchozí třetí části. Začíná se kvalitativními pozorováními elektrostatických jevů a pokračuje se kvantitativním studiem sil působících mezi náboji. Žák se učí, jak se měří velmi slabé elektrické síly a objevuje, že elektrický náboj má přirozenou měrnou jednotku. Pak studuje pohyb nabitých částic v elektrických polích a poznává, jak se určuje hmota elektronu a protonu.

Dále se probírají magnetická pole vytvořená magnety a elektrickými proudy a jejich účinek na pohybující se náboje. V závěrečné části výkladu o elektřině se probírají zákonitosti elektromagnetické indukce a žák je seznámen kvalitativně s představou o elektromagnetické povaze světla.

Na takto získané znalosti navazuje věcně studium struktury atomů a na podkladě Rutherfordových pokusů je vytvořen jadrový model atomu. Přitom zůstávají zpočátku některé otázky nezodpověděny, jako např. proč je vůbec takový atom stabilní a proč se nezhroutí vysílaje záření. Při pátrání po vysvětlení se žák dovídá, že světlo je současně korpuskulární i vlnové povahy. Nad to poznává, že ačkoliv se hmota chová jako částice, přece se v některých směrech chová také jako vlnění. Ukazuje se pak, že právě na základě kombinace obou vlastností je možno pochopit stabilitu vodíkového atomu a strukturu jeho energetických hladin a konečně i některé další jevy atomové fyziky. Ani v této části neztrácí výklad experimentální základ, který je zde ovšem pro obtížnost a nákladnost přímých pokusů většinou nahrazen dokumentárními filmy o těchto pokusech.

Z nastíněného obsahu kursu je patrné, že se jen do jisté míry přibližuje některým stránkám výše uvedeného ideálního obrazu modernizace výuky fyziky. Všimněme si např., že v kursu úplně chybí výklad o základech teorie relativity a jejích důsledcích, o radioaktivitě, o struktuře atomového jádra, o elementárních částicích apod. O teorii relativity jsou jen jakési reportážní zmínky v 6., 22. a 33. kapitole a o některých stránkách radioaktivity se stručně mluví jen v 7. kapitole. Cíl kursu byl také vědomě postaven tak, že na jeho konci má žák pochopit hlavně vlnově mechanickou podstatu struktury atomů. V kursu je také poměrně velmi málo z aplikací fyzikálních poznatků, a to opět úmyslně. Komise totiž zastává názor, že je na tomto stupni užitečný všeobecně vzdělávací kurs s omezeným výběrem látky, avšak tak podaný, aby se např. v kursu nemuselo probírat, jak funguje elektrický zvonek, avšak aby to žák po absolvování kursu poznal.

Snad až příliš omezený výběr látky kursu je podle mého názoru způsoben specificky americkými školskými poměry, jak jsem o nich již mluvil. Z celého jeho pojetí je např. patrné, že se v podstatě předpokládá u žáků jen velmi málo fyzikálních znalostí z předchozích školských stupňů a v jednoročním kursu se to pak ovšem nedá dohonit.

Učebnice je zajímavá i způsobem podání látky, který je pro nás zcela neobvyklý, neboť má charakter spíše poměrně obsáhlého běžného hovorového popisování a vysvětlování. Schází tu takřka úplně exaktní definice a formulace. Rovněž by bylo zajímavé rozebrat charakter připojených úloh, v nichž se poměrně malý význam přikládá výpočtům a větší kvalitativním fyzikálním úvahám. Úroveň matematiky užitá v učebnici je proti evropskému standardu poněkud nižší, což se dnes i v Americe začíná pokládat za vážný nedostatek a není vyloučeno, že učebnice bude v tomto směru přepracována.

Na americkém kursu je zvlášť cenné, že komise vypracovala vedle učebnice pro žáky také pomocné knihy pro učitele, pro laboratorní cvičení, testy pro zkoušení žáků a celý soubor demonstračních a laboratorních pomůcek a filmových smyček, jakož i řadu brožur doplňkové četby. Tím byl vytvořen jednotný praktický systém výuky se všemi náležitostmi, v němž všechny jeho složky jsou sladěny se základním zaměřením kursu. Již tímto samotným faktem se nutně musí zvýšit účinnost vyučovacího procesu.

Dalším návrhem na modernizaci výuky fyziky je návrh západoevropský, který vypracovala sedmičlenná komise při tzv. Organizaci pro evropskou hospodářskou spolupráci (Organisation for European Economic Co-operation — zkratka O. E. E. C.). Členy této komise jsou převážně vysokoškolští profesori fyziky.

Komise provedla mimo jiné rozbor současného stavu vyučování fyzice v západoevropských zemích. Dochází k poznatku, že dosavadní postup výuky má vážné nedostatky. Tradiční metody výuky se obvykle opírají o celkem správnou zásadu, že se má postupovat od jednoduššího ke složitějšímu. Zásadní chyba je však v tom, že se za složitější většinou pokládá to, co je matematicky obtížnější a obyčejně se ignoruje základní problém, že pro žáky jsou značně obtížné k pochopení právě tak zvané jednoduché pojmy, např. ze základů mechaniky. Za nejzávažnější nedostatek však pokládají, že obvykle teprve ke konci kursu fyziky (což zde znamená asi ve věku 16 let) se dochází k poznání jakési souvislosti mezi fyzikou, které se učí ve škole, a mezi užitou fyzikou, kterou žáci kulturních zemí již dávno znají v podobě báječných technických vymožeností doma, jako např. televize, nebo o nichž čtou a slyší mluvit, jako např. o družicích, jaderných elektrárnách, rádiových dalekohledech apod. Výuka v důsledku důrazu kladeného na formálně logický vývoj znalostí z jednoduchých principů, které jsou často ve skutečnosti složitými abstraktními představami, je nutně nudná, těžkopádná a nevyužívá dostatečně přirozené zvědavosti dětí o světě, ve kterém žijí, ani získaných již přibližných znalostí některých zajímavých aplikací. Takový způsob výuky nepodává dětem široký obraz toho, čím se dnes moderní věda zabývá a o současném způsobu vědeckého myšlení.

Uvádějí tuto analogii: Je to tak, jako kdybychom chtěli učit děti do 16 let cizímu jazyku výlučně na základě gramatických pravidel, aniž bychom jim dali poznat literaturu, život a historii příslušného národa.

Proto závěrem rozboru jsou dva hlavní požadavky: kurs fyziky na této úrovni, tj. mezi 12. až 13. rokem a 16. rokem věku, musí jednak být pro děti v nejvyšší možné míře zajímavým a musí je podněcovat k vlastnímu aktivnímu zkoumání jevů a jednak musí podávat obraz moderní vědy skutečně hodný toho názvu. Je proto žádoucí, aby obsahoval poměrně nové výsledky vědy. To sebou přináší nutnost omezit rozsah tradiční látky; k tomu autoři poznamenávají, že i dosavadní osnovy jsou jistým výběrem z fyzikálních poznatků.

Na základě těchto a některých dalších zásad dochází pak komise k vlastnímu návrhu výběru látky, který je odlišný od tradičního, domnívá se, že je jeho předností nejen to, že je atraktivnější pro děti, nýbrž že jde zásadně fundamentálnější cestou, což zvyšuje jeho kulturní hodnotu. Komise předpokládá výslovně, že návrh je určen pro schopnější děti, tj. pro výběrové školy, a odhaduje, že to je v průměru různých zemí asi 15—20% všech dětí věku mezi 12.—16. rokem. Autoři totiž soudí, že způsob vyučování věd je silně závislý na intelektuální kapacitě dětí, zejména na jejich schopnosti abstraktního myšlení. Aniž bych hodnotil tento názor, poznamenávám, že se liší od názoru americké komise, která tvrdí, že jejího kursu lze použít i pro méně nadané děti při vhodném výběru z obsahu.

Komise nenavrhlá podrobnou osnovu látky kursu, nýbrž jen hrubý nástin toho, co by mělo být základem kursu a doplnila jej některými metodickými poznámkami. Domnívá se, že je vhodnější ponechat učitelé více svobody při vytváření kursu podle navrženého postupu. Doslovný text návrhu je tento:

a) Korpuskulární povaha hmoty. Obecné představy o rozdílech mezi atomy, molekulami a elektrony.

b) Počáteční pochopení základních pojmů a zákonů mechaniky s důrazem na fyzikální význam pojmů.

Poznámka: Chceme zdůraznit, že nenavrhujeme, aby mechanika byla dlouze a intenzivně studována obvyklým způsobem. Učitel musí rozložit vývoj mechaniky po celém kursu. Ani nenavrhujeme jediný způsob úvodu do mechaniky. Nejzákladnějším pojmem je energie a někteří učitelé by chtěli začít úvahou o energii; na druhé straně jiní učitelé mohou pocívat, že „síla“ je pojem vhodnější pro intuitivní pochopení dětmi a použít ho jako východiska, aniž by jej považovali za nejdůležitější pojem. Ať učitelova zkušenost vnukne jakoukoliv vhodnou počáteční cestu, děti si mají na konec pevně osvojit fyzikální význam energie, práce, síly, rychlosti, zrychlení, hmoty, hybnosti a zachování energie a hybnosti. Mají znát něco o měření času.

c) Jednoduché vlastnosti plynů a par; představy o teplotě a tlaku jako o jevech částic v pohybu. Skupenství a změna skupenství v pojmech seskupování atomů a molekul. Chemické vazby.

d) Měření teploty a přenos tepla. Zákony termodynamiky. Upotřebitelné zásoby energie v přírodě.

e) Struktura atomů. Elektrony jako nositelé elektřiny. Elektrostatika. Termemise. Elektromagnetismus. Magnetismus.

f) Mechanické, akustické a elektromagnetické kmity.

g) Světlo jako elektromagnetické záření. Geometrická optika. Ohyb. Interference. Emise a absorpce světla. Jednoduché představy kvantové teorie. Emise paprsků X.

h) Radioaktivita. Struktura jádra. Jaderné reakce. Ekvivalence hmoty a energie. Elementární úvod do relativity.

Následující poznámky je třeba mít na paměti:

1. Během celého kursu se má mechanika probírat jako přírodní věda, s neustálým odvoláváním se k přírodě, a nemá se dopustit, aby degenerovala v obor aplikované matematiky. Nemá být kladen přílišný důraz na numerické příklady. Učitelé matematiky, kteří obvykle používají příkladů z mechaniky k ilustraci své vlastní výuky, mají se vyhýbat fyzikálně nerealistickým a stereotypním příkladům z mechaniky, jichž se tak často užívá. Podobně při probírání kmitů a pohybu vln, jež pokládáme za důležité, má se pojednávat o jevech jako primárních.

2. Důraz kladený na částice a pohyb má umožnit učiteli snadný přechod z jednoho konvenčního úseku fyziky do druhého a vyhnout se v mysli dítěte vzniku dojmu, že fyzika je pouze soubor samostatných témat.

3. Během kursu má učitel využívat příležitostí k poukazům na moderní pokroky. Zvláště je to žádoucí v oboru jaderné fyziky, kde má být podán pokud možno nástin důležitých moderních pokroků a představ. Učitel se však současně nemá domnívat, že jeho úkolem je podat kurs moderní fyzikální technologie. Dokonce se má snažit, aby si děti osvojily rozdíl mezi vědou a technologií.

4. Upozornili jsme dříve, že má být udržován úzký kontakt mezi učiteli fyziky a chemie. Je patrně vhodné zde poznamenat, že moderní způsob, který jsme volili pro výklad fyziky, by měl zvláště pomáhat učitelům chemie.

5. Nedotkli jsme se speciálně filosofie ani historie přírodovědy, avšak domníváme se, že jsou vysoce důležité. Nicméně na této úrovni se musí probírat z velké míry mimochodem. Učitel by měl využít každé příležitosti, aby seznamoval dítě s cestou, jíž se fyzikální pojmy s postupem času vyvíjely. Měl by zajistit, aby děti věděly něco o velkých klasických experimentech a pokrocích, aniž by z toho dělal fetiš a aniž by požadoval, aby děti znaly více než jejich důležité základní rysy. Ve všech etapách kursu musí zdůrazňovat, že teorie ve fyzice jako v každé vědě nejsou nikdy nehybné a neomezené, nýbrž že mohou být pozměněny nebo odloženy, když se objeví nové poznatky nebo když se začne uvažovat novým způsobem o starých poznatcích.

Celkem skepticky se komise staví k heuristické metodě výuky, o níž tvrdí, že se při jejím důsledném uplatňování ztrácí příliš mnoho času a že je pochybné, zda tímto způsobem děti získají správný pojem o vědecké metodě a vědeckých zákonech. Obrací se také např. proti často zdůrazňované primární důležitosti pečlivého a přes-

ného pozorování a vyslovuje názor, že pozorování je sice důležitou a nutnou složkou procesu činnosti, který nazýváme vědou, avšak je současně nebezpečně snadné přecenit úlohu pozorování, zvláště u dětí s poněkud menší schopností chápání abstrakce.

Jiný zajímavý názor západoevropské komise říká, že kurs fyziky nemá cenu, jestliže nezajistí, aby žáci získali nejen důvěrnou znalost nejzávažnějších pojmů, nýbrž aby též začali rozumět úloze teorie ve vědě. Obyčejně se říká, že teorie následuje za pozorováním a hypotézou a je konečně ověřována opět experimentem. To pokládá komise za nevhodné zjednodušení procesu vědeckého výzkumu, neboť se přitom opomíjí úloha specificky fyzikálního způsobu přístupu k řešení problému (physical insight) a upozorňuje též na úlohu teorie ve výzkumné práci mnoha vynikajících experimentátorů. Na toto stanovisko navazuje úvaha o úloze teorie a experimentu ve vyučování, která bývá chápána příliš jednostranně pouze ve prospěch experimentu. V některých případech je vhodné podávat teoretické znalosti jako věc důvěry, zvláště když by při jiném způsobu musely zůstat neprobrány některé z velmi zajímavých částí látky. Dobrý kurs fyziky má však žáka přivést k osvojení jistých kritérií věrohodnosti a důvěryhodnosti údajů.

Jak je patrné, přináší návrh západoevropské komise řadu názorů a podnětů, o kterých je možno kriticky diskutovat, a to jsem zde stručně uvedl jen některé. Bude vhodné, když se pracovníci na problému modernizace seznámí s celým elaborátem komise. *) Doplnuji ještě, že se na probrání kursu počítají asi 4 roky s průměrným počtem 3 nebo 4 týdenních hodin a předpokládá se, že se fyzice jako samostatnému předmětu začne vyučovat ve věku asi 12—13 let. Doporučuje se případně ještě předběžný kurs spíše obecnější přírodovědecké povahy v trvání 6 měsíců až 1 roku. Pokud je mi známo, nebyl dosud západoevropský návrh konkrétněji rozpracován a vyzkoušen jako celek na školách. Zdá se, že někde se na jeho základě začaly dělat jisté dílčí pokusy.

Obraťme se nyní k modernizačním snahám a pokusům v Sovětském svazu. Situace se tu jeví tak, že v posledních letech se konaly různé dílčí pokusy na některých školách z podnětu pracovníků Akademie pedagogických věd a některých vysokoškolských učitelů. Podnět k těmto pokusům dal zejména nedávno zemřelý akademik JOFFE, který v r. 1958 vystoupil s jistými tezemi o nutnosti zásadní reformy vyučování fyzice. V témže roce byl to též akademik ZELDOVIČ, který se rovněž postavil za myšlenku takové reformy a za ním následovali i další významní vědečtí pracovníci.

V červenci roku 1963 se uskutečnila v Sovětském svazu celosvazová konference na téma „Odras současných úspěchů vědy ve školském kursu fyziky“. Konferenci organizovalo oddělení výuky fyziky Výzkumného ústavu všeobecného a polytechnického vzdělávání Akademie pedagogických věd RSFSR a účastnilo se jí na 180 vědeckých pracovníků a učitelů pedagogických institutů a středních škol z 50 měst různých svazových republik.

*) Jeho vydání ve formě interního studijního materiálu se připravuje.

Hlavní zásadní referát „Směry rozvoje obsahu a struktury kursu fyziky na střední škole“ přednesl prof. L. I. REZNIKOV.*) Uvádím tu jen některé z jeho myšlenek vztahujících se k řešení modernizace a navržený nástin struktury a obsahu kursu.

V novém kursu fyziky se mají projevit moderní fyzikální představy, principy, zákony a teorie současně se zákony a teoriemi klasické fyziky. Přitom není důležité, zda ta či ona část učební látky patří do klasické nebo moderní fyziky, nýbrž rozhodující je význam příslušného problému pro vědu, techniku a kulturní život společnosti a závažnost dalšího rozvoje jednotlivých úseků fyziky.

Za účelem zvýšení odborné úrovně doporučuje zahrnout do kursu v rozsahu našeho 2. a 3. školského stupně zvláště následující otázky: zákony zachování hybnosti, momentu hybnosti, základy teorie relativity, zejména vztah mezi hmotou a energií; základy fyzikální statistiky (statistický rozbor rychlostí pohybu molekul a atomů, statistický výklad tlaku plynu a teploty, Brownův pohyb a fluktuace); závislost fyzikálních vlastností látek (mechanických, tepelných, elektrických, magnetických, optických) na molekulární a atomové struktuře; kvantový charakter fyzikálních veličin v mikrosvětě (energie, hybnosti, spinu atp.); základy kvantové mechaniky, princip Pauliho a periodická soustava Mendělejeva; elementární částice a antičástice. Má být rozšířeno probírání nauky o polích (gravitačním a elektromagnetickým), otázek radioelektroniky, otázky vlnové a kvantové povahy světla apod.

Doporučuje ponechat dosavadní charakter dvoustupňovitosti kursu, což bylo přijato na konferenci se souhlasem, kdežto jiný návrh na jednotný nepřetržitý kurs přecházející z 2. na 3. stupeň nenašel ohlasu. Přitom však požaduje, aby otázky probírané na 3. stupni nebyly opakováním příslušných částí kursu na 2. stupni, nýbrž pouze jejich rozvíjením. To má ilustrovat následující struktura kursu a nástin osnovy kursu:

Struktura kursu fyziky

2. stupeň

1. Mechanika rovnoměrného pohybu. Skládání sil v přímce. Rovnováha tělesa. Práce a energie. Jednoduché mechanismy.
2. Hydrostatika a aerostatika.
3. Elektrické obvody. Práce a výkon proudu. Elektromagnetické jevy.
4. Změny skupenství látek.
5. Geometrická optika.

3. stupeň

1. Mechanika rovnoměrně zrychleného pohybu. Vztažný systém. Newtonovy zákony. Rovnoběžník sil. Pole gravitační a představa o teorii relativity.
2. Základy hydro- a aerodynamiky.
3. Elektromagnetické pole. Základy elektroniky.
4. Závislost mechanických a tepelných vlastností látek na jejich molekulární struktuře.
5. Fyzikální optika (vlnová a kvantová).

*) Tento referát a stručná zpráva o konferenci byly uveřejněny v časopise *Fizika v škole*, čís. 4, roč. 1963, kde později vyšly i další články. Proto tato část výtahu z olomouckého referátu byla podstatně zestručněna a doporučujeme seznámení s články v originále, neboť jsou přístupnější než ostatní uvedené zahraniční materiály.

Schéma osnovy kursu fyziky

I. První stupeň (náš 7.—9. ročník)

Základní znalosti o fyzikálních tělesech: objem, hmota, váha, měrná váha, síla, tlak. Hydrostatika a aerostatika. Základní znalosti o struktuře látek. Tepelné jevy (bez počítání): roztahování těles při zahřívání a způsoby šíření tepla.

Mechanický pohyb. Skládání sil, rovnováha těles. Práce a energie. Teplo a práce. Změny skupenství látek. Tepelné motory.

Elektřina: Elektrický obvod; proud, odpor a napětí; práce a výkon proudu; elektromagnetické jevy; střídavý proud; prostředky spojů (telegraf, telefon, rádio).

Geometrická optika: Přímočaré šíření světla; rychlost světla; odraz světla a zrcadla; lom světla a čočky; optické přístroje — lupa, mikroskop, dalekohled; rozklad světla ve spektrum; barvy těles.

II. Druhý stupeň (náš 1.—3. ročník SVVŠ)

Mechanika: Vztažná soustava; rovnoměrně zrychlený pohyb; Newtonovy zákony; práce a energie; křivočarý a kruhový pohyb; dynamika tuhého tělesa; pohyb kapalin a plynů; gravitační pole; kosmické rychlosti; představa o teorii relativity.

Struktura látek: molekulárně kinetická teorie struktury látek, vlastnosti plynů, kapalin a pevných látek; zákony plynů; struktura atomu (jádrový model atomu, elektronový obal, hladiny energie, Pauliho princip a struktura elektronového obalu).

Elektřina: Elektrické náboje a elektrické pole; zákony stejnosměrného elektrického proudu; magnetické pole, Lorentzova síla; magnetické vlastnosti látek; elektromagnetická indukce.

Elektronika: Elektronické jevy ve vakuu; fyzika vakuových elektronických přístrojů (elektronky; elektronová obrazovka); proud v kapalinách; elektronové a iontové jevy v plynech; iontové přístroje; plazma; polovodiče a polovodičové přístroje.

Kmity a vlny: Mechanické kmity a vlny; akustika; ultrazvuk; střídavý proud; elektrické kmity a elektromagnetické vlny; fyzikální základy radiospojů.

Optika: Vlnové vlastnosti světla (interference, ohyb, polarizace světla); kvantové vlastnosti světla (fotoelektrický jev, chemický účinek světla, luminiscence); disperze světla, spektra, záření.

Některé otázky teorie relativity: Nezávislost rychlosti světla na pohybu zdroje; relativnost času a délky; Einsteinův zákon skládání rychlostí; závislost hmoty na rychlosti; vztah mezi hmotou a energií.

Atomové jádro a jaderná energie: Radioaktivita, indikátory a počítače záření; struktura jádra; izotopy; vazebná energie jader; představa o jaderných silách; kapkový model jádra; urychlovače nabitých částic; umělá přeměna atomových jader; dělení těžkých jader a syntéza lehkých jader; jaderná energie k mírovým účelům (jaderné reaktory, atomové elektrárny, atomové motory, radioaktivní izotopy jako označené atomy a zdroje záření); pokroky a perspektivy jaderné energetiky. Kosmické paprsky. Elementární částice a jejich vzájemné přeměny. Antičástice.

Závěrečné přednášky: Fyzika a pokrok techniky. Současný vědecký obraz světa.

REZNIKOV se domnívá, že není třeba podstatněji měnit první část kursu proti dosavadním sovětským osnovám. Poznává však, že úroveň vyučování fyzice v 7. až 8. třídě by mohla být značně zvýšena, jestliže budou žákům již v nižších třídách poskytnuty základy fyzikálních znalostí a některé praktické dovednosti, zejména v souvislosti s vyučováním nauky o přírodě, což pokládá za důležité pro všeobecné rozvíjení schopností.

Upozorňuje též, že je třeba k přestavbě kursu čili v našem pojetí k jeho modernizaci přistupovat obezřetně a prodiskutovat předem jeho obsah a prozkoušet v některých školách pečlivě všechny stránky modernizace. Takové pokusy již probíhají pod vedením Akademie pedagogických věd a některých pedagogických institutů. Současně se pracuje na vytváření nových školních pomůcek a přístrojů zvláště pro výuku moderních partií fyziky. Po uvedené moskevské konferenci dojde v SSSR zřejmě k širší diskusi a k větší koordinaci celé práce na modernizaci. Podkladem diskuse je hlavně uveřejněný Reznikovův referát a některé další, které se týkají dílčích problémů. Z nich uvádím např. problém vztahu mezi moderní a klasickou fyzikou v kursu všeobecně vzdělávací střední školy (S. I. IVANOV), zavedení základních zákonitostí teorie relativity a kvantové mechaniky (J. I. SOKOLOVSKI, I. I. LOGVINOV a D. Ch. RUBINŠTEJN) a studia elementárních částic (M. M. ROŽKOV) do kursu.

Všem třem uvedeným modernizačním návrhům je společné, že více nebo méně opouštějí tradiční dělení fyziky na mechaniku, akustiku, termiku atd. I když v dostupných materiálech není výslovně uvedena myšlenka, že se využívá zásadní změny ve struktuře současné fyziky, jak jsem ji uvedl výše, přece je možno všechny směry chápat jako jistou aproximaci v tomto smyslu.

V návrzích je i řada protichůdných názorů, které si i u nás budeme muset vyjasnit. Jde tu např. o různý postoj k probírání aplikací fyziky, k víceúrovňovitosti kursu, k postavení teorie a experimentu ve výuce apod. Dokonce i ve stanovení konečného cíle výuky (před vysokou školou) se např. názory rozcházejí. Převládající stanovisko amerických vysokoškolských učitelů fyziky je možno stručně charakterizovat asi takto: Není důležité, co si žák při vstupu na vysokou školu zapamatoval ze středoškolské látky, potřebujeme hlavně, aby její střední škola naučila fyzikálně myslet. Naproti tomu sovětská profesora se většinou domnívají, že středoškolský kurs fyziky má být tak utvářen, aby vysokoškolský kurs mohl na něj navazovat bez podstatného opakování.

Naším poměrům je přirozeně zásadně nejbližší pojetí sovětského modernizačního směru i vzhledem k obecným cílům výchovy a podobnému školskému systému. Avšak i v obou ostatních směrech je mnoho myšlenek a konkrétních řešení, která by bylo možno u nás uplatnit. Zejména americký směr jako zatím nejpropracovanější a vyzkoušený ve větším počtu škol skýtá řadu dobrých podnětů a zkušeností. Ostatně i v Sovětském svazu je americká učebnice přeložena a má vyjít během roku 1964. Západoevropský návrh je sice málo propracován, avšak elaborát této komise přináší rovněž mnoho podnětů k diskusi. Domnívám se, že pro naši práci na modernizaci výuky bude velmi užitečné seznámit se blíže nejen s uvedenými třemi směry, ale

i s řadou dalších pokusů, které probíhají jak v zemích socialistického tábora, tak i v jiných zemích. Zdá se, že vzájemná informace a spolupráce v otázkách vyučování silně zaostává za úsekem vědy a že je třeba nápravy.

Závěrem chci říci, že podle mého názoru by se mělo při modernizaci vycházet z konečného cíle výuky fyziky na konci 3. stupně, který je třeba důkladně rozvážit a co možná podrobně a komplexně stanovit.

Znalosti zákonitostí a představ a potřebné dovednosti duševní i manuální, které si má žák nakonec osvojit, mohou být základem analýzy vedoucí zpětně až k základním pojmům a vztahům. Jejich metodické vytváření v mysli žáka od předběžných představ až k pochopení celé struktury současné fyziky a její vědecké metody je pak třeba rozložit do jednotlivých stupňů a ročníků školy se zřetelem k možnostem podmíněným věkem žáků. Vytváření správných představ a základních pojmů bude nutno zajistit již při vyučování v nižších třídách ještě před počátkem systematického kursu fyziky.

Číslicová paměť pro osciloskopy

se vyrábí v USA. Přístroj proměří snímaný průběh v 1024 bodech během jedné periody a výsledky uloží v číslicové paměti; totéž provádí během dalších period a výsledky v příslušných buňkách paměti sčítá. Tím se vyloučí náhodné fluktuace a získá se čistý obraz studovaného průběhu. Obsah paměti je možno buď promítnout na osciloskopu, nebo vytisknout číslicově, nebo vyděrovat na pásku.

Ivan Soudek

Trvalá vnitřní polarizace

(elektretový stav) vyvolaná dopadem elektronů se studuje v jedné anglické laboratoři. Na napařených vrstvách As_2S_3 a ZnS vydrží za pokojové teploty nejméně několik minut. Je zajímavé, že náboj měřený při depolarizaci převyšuje mnohokrát (např. $100\times$ u ZnS za určitých podmínek) náboj, který na vzorek dopadl během polarizace.

Ivan Soudek

Blok o výkonu 1000 MW

se staví v elektrárně East River, která zásobuje proudem New York. Skládá se z dvojitého kotle, který dodává za hodinu 2960 t páry o tlaku 141 atp. a teplotě 550°C , dále z vysokotlaké a nízkotlaké turbíny s připojenými generátory. Měrná spotřeba tepla je 2205 kcal/kWh .

Ivan Soudek

Adsorpce dusíku na napařených vrstvách niklu a železa

způsobuje při nižších tlacích vzrůst a při vyšších pokles elektrického odporu. Mezní tlak leží mezi 10^{-2} a 10^{-3} mm Hg. Objevitelé jevu — fyzikové z Hannoveru — předpokládají, že při nižším tlaku nastává adsorpce na povrchu, kdežto při vyšším v hloubce povrchové vrstvy; přičinu změny odporu však dosud neznají.

Ivan Soudek