

# Pokroky matematiky, fyziky a astronomie

---

Miloš Matyáš

Modernizace vyučování fyzice v anglosaských zemích

*Pokroky matematiky, fyziky a astronomie*, Vol. 13 (1968), No. 2, 108--115

Persistent URL: <http://dml.cz/dmlcz/137237>

## Terms of use:

© Jednota českých matematiků a fyziků, 1968

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



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

struktury látky. Ohyb elektronů a neutronů je příkladem těchto technik; elektronový mikroskop pak umožňuje fotografovat i velké molekuly.

6. De Broglieův model stojaté vlny elektronu v atomu umožňuje pochopení Bohrovy podmínky, že pro nevyzařující stabilní dráhu je elektronová točivost rovna  $h/2\pi$ krát celé číslo a také podmínky, že když elektron přeskóčí z jednoho orbitu  $j$  na nižší  $k$ , je energie vlnového klubka dána vztahem  $h\nu = W_j - W_k$ .

Závěrem lze říci, že v nové australské učebnici fyziky pro střední školy je zcela nový výběr učební látky a že jsou zde uvedeny některé nové metodické postupy. Lze tedy získat jejím pozorným studiem cenné poznatky pro přípravu nového pojetí středoškolské fyziky u nás.

## MODERNIZACE VYUČOVÁNÍ FYZIKY V ANGLOSASKÝCH ZEMÍCH\*)

MILOŠ MATYÁŠ, Praha

V letošním březnovém čísle časopisu *Physics Today*, který vydává Americký fyzikální ústav (The American Institute of Physics), se objevilo několik článků o stavu prací při řešení otázek modernizace v anglosaských zemích. Tyto informace se týkají jak výuky středoškolské fyziky, tak i úvodních vysokoškolských kursů. V tomto článku se podrobněji zmíníme o středoškolské fyzice. Byly navrženy dvě americké a jedna britská koncepce. První z nich vypracovala *Komise pro studium fyzikálních věd* (The Physical Science Study Committee) a v dalším ji budeme nazývat kurs PSSC. Druhý návrh vznikl na *harvardské universitě* a budeme jej nazývat harvardský pokus. V Anglii vypracovala návrh na změnu ve výuce středoškolské fyziky *Nuffieldova nadace* (The Nuffield Foundation) a tento pokus budeme označovat jako britský. Všechny tři návrhy se již zkoušejí po dobu několika let.

### KURS PSSC

Kurs PSSC tvoří učebnice fyziky, laboratorní příručka a instrukční filmy spolu s novými laboratorními pomůckami. Dnes je tento kurs užíván ve Spojených státech ve více než polovině středních škol. Kromě toho se využívá příručky pro laboratorní cvičení a instrukčních školních filmů ještě na dalších amerických školách, na kterých

---

\*) Předneseno na konferenci o modernizaci vyučování fyziky na SVVŠ v Trojanovických Horečkách u Frenštátu p. Radhoštěm ve dnech 24. až 25. října 1967.

se vyučuje podle jiných systémů. Kurs PSSC byl přeložen v 18 státech a příručka pro laboratorní cvičení do 15 jazyků. Laboratorní pomůcky kursu PSSC se již komerčně vyrábějí a zasílají do Asie, Latinské Ameriky a do Evropy. Instrukční filmy se opatřují cizojazyčným překladem a zasílají se do celého světa. Kurs se zkouší intenzivně v mnohých dalších státech, ovšem v nejpokročilejším stadiu jsou tyto zkoušky na amerických školách.

#### a. Koncepce

Komise PSSC spolu s Národní vědeckou nadací (The National Science Foundation) a ještě s dalšími americkými nadacemi připravila rozbor neuspokojivého stavu vyučování fyziky na středních školách ve Spojených státech, který byl pocíťován mnohými středoškolskými i vysokoškolskými profesory. Mnohé stížnosti na koncepci, obsah a metodiku fyziky na středních školách nebyly však v té době novými. Novým bylo soustředěné úsilí, jak odstranit tuto situaci. Komise nejprve vypracovala cíle kursu. Ty jsou:

- a) Vykládat fyziku jako jednotný celek a ve své jednotě stále se měnící vědní obor.
- b) Ukázat vzájemnou souhru mezi pokusem a teorií ve vývoji fyziky.
- c) Naučit žáky základním fyzikálním principům a zákonům pozorováním přírodních jevů.
- d) Rozvíjet schopnosti žáků tak, aby dovedli kriticky studovat, aby přemýšleli o látce a aby rozeznávali podstatné od vedlejšího.
- e) Poskytnout dobré základy těm žákům, kteří hodlají studovat fyziku na školách univerzitního nebo technického směru.

Tyto cíle utvářely obecnou strukturu kursu a ovlivnily mnohá rozhodnutí týkající se návrhů na přístroje, volby námětů školních filmů a daly podnět, jak rozdělit látku mezi laboratorní práci a vlastní výklad. Uvedeme několik ilustrací.

Ve snaze ukázat jednotu fyziky se soustřeďuje kurs PSSC na takové principy, které se vyskytují ve světě mezihvězdných vzdáleností, v pozemském světě i v atomárním světě. Kurs je založen na dvou základních aspektech. Jsou to: 1. Dynamika částic a zákon zachování impulsu a energie, 2. Superpoziční princip ovládající šíření vln.

Např. Newtonův druhý pohybový zákon se studuje nejprve experimentálně pomocí pohybu vozíků a potom se aplikuje na pohyb planet a na rozptyl částic  $\alpha$ . Zákon zachování impulsu se studuje pomocí míčků a jeho aplikace se týkají pohybu kosmických raket a interakce fotonů s elektrony. Interference vln se studuje na vodní hladině a aplikuje na ohyb světla na šterbině a na odraz elektronů na krystalu.

Ve snaze ukázat souhru mezi pokusem a teorií se zabývá kurs velmi podrobně např. rozvojem teorie světla. Při studiu vlastností světelných jevů se žák nejprve setkává s korpuskulárním pojetím, které sice později zavrhuje ve prospěch vlnového modelu, ale ke kterému se nakonec opět vrací, ovšem v pozměněné formě, když dochází k poznatku o dualismu vlny a částice.

## b. Pokusy

Jestliže se má stát laboratorní cvičení efektivním, musí celá třída pracovat na stejné úloze. Bylo proto nutné navrhnout jednoduchá a dostatečně odolná zařízení, která by si mohla škola opatřit v dostatečném množství, aby s každým mohli pracovat maximálně 2 žáci. Mnohé z přístrojů navržených komisí se ještě nevyrábějí, ale ty, které jsou k dostání, se prodávají za 10% dřívější ceny.

Vybavení laboratoře musí zaručovat co nejvyšší užitek. Jednou z možností je, aby žák dostal vedle experimentálního zařízení ještě důkladný návod k jeho použití, který by mu umožnil dopracovat se v krátké době žádaných výsledků. Takové pojetí není ovšem v souladu s cíli kursu, neboť podrobné návody redukují praktické laboratorní cvičení na pouhé reprodukování textu. Stejně chybné by bylo poskytnout žákovi neurčité pokyny k pokusu, které by ho snadno mohly zavést do slepé uličky. Laboratorní příručka kursu PSSC byla proto pojata takto: Obsahuje několik základních pokynů technického rázu, které se týkají použití experimentálního zařízení. Během pokusu se musí žák vždy samostatně rozhodnout, jaký další krok učiní při řešení úlohy.

Stejně jako program praktických laboratorních cvičení slouží k dosažení cílů kursu PSSC i instrukční filmy. Tyto filmy umožňují učiteli ukázat takové experimenty, které nemůže sám ve škole realizovat. To však není jediný důvod pro užití filmů v kursu PSSC. Autoři kursu PSSC chtěli ukázat žákům nejen určitý pokus, nýbrž také profesionálního fyzika při práci. Proto jednotlivé pokusy nekoná jen jeden fyzik, nýbrž pro každý film byl vybrán někdo jiný.

## c. Zkušenosti

Kurs PSSC je určen žákům středních škol (high school). Je to jednoroční kurs, kdy pro fyziku je určeno 5 až 7 hodin týdně. Poněvadž dosavadní fyzikální základ získal žák na nižších školách v rámci všeobecného přírodovědného kursu, kurs PSSC nepředpokládá žádné skutečné znalosti fyziky, žádnou laboratorní dovednost, žádnou schopnost čtení grafů atd. Předpokládají se rovněž minimální matematické znalosti z algebry a geometrie.

Ve snaze usnadnit žákům středních škol přístup a pochopení kursu PSSC, rozhodla se komise vypracovat úvodní kurs *Úvod do fyziky* (Introductory Physical Science), který je určen pro nižší školu a má žáky připravit pro studium kursu PSSC.

Existence kursu PSSC donutila mnoho středních škol věnovat více času fyzice, tj. rozšířit výuku z 1 na  $1\frac{1}{2}$ , popř. až na 2 roky. Pak je tedy třeba předkládat více látky. Rozšířený program výuky fyziky se týká základů kvantové mechaniky, speciální teorie relativity a statistické fyziky. Připravované nové vydání kursu PSSC má obsahovat tyto doplňky.

Přes veškeré klady v moderním pojetí má kurs PSSC i některá slabá místa. Zpráva uvádí tuto největší slabinu: Experimenty uváděné v laboratorní příručce, popřípadě předváděné instrukčními filmy jsou podrobně popsány ve vlastní učebnici kursu, kde

jsou uvedena i hrubá experimentální data. V textu je podán rozbor těchto údajů a závěry z nich plynoucí. Učebnice tedy nepodporuje žáka, aby sám dělal své vlastní závěry o určitém jevu, což je značný nedostatek. Snahou komise bylo přenést tuto činnost na učitele, který by vedl diskusi o studovaném jevu tak, aby závěry prováděli žáci. Učebnice měla být žákům jen vodítkem a zdrojem úloh k domácím pracím. Vývoj byl však v tomto směru opačný a učebnice PSSC se stala pro žáky v podstatě jediným zdrojem informací, a to je její slabinou.

## HARVARDSKÝ POKUS

Harvardský pokus podává jednoroční kurs fyziky, který se snaží vyhovět současným potřebám střední školy ve Spojených státech. Učitelé fyziky a fyzikové vůbec volali již delší dobu po uceleném kursu fyziky, který by byl specifický pro americké účely.

### a. Koncepce

Tohoto úkolu se podjala velká skupina fyziků a odborníků ze všech částí Spojených států. Vedení pokusu bylo svěřeno J. RUTHERFORDVI, F. WATSONVI a G. HOLTONVI a organizačně soustředěno na harvardské universitě. Pokus se nyní zkouší na 54 školách s 2600 žáky a výsledky se pečlivě kontrolují. V příštím roce, tj. ve školním roce 1967/8, bude pokus zkoušen již na 100 školách, z nichž polovina je náhodně vybrána. Konečné výsledky lze očekávat v roce 1968 nebo začátkem r. 1969.

Důvody, které vedly k vypracování tohoto pokusu byly značně různorodé.

1. Z dvou a půl miliónu žáků středních škol ve Spojených státech neabsolvuje vyučování fyzice více jak dva milióny žáků, což odpovídá více než 80%. Nemá-li fyzika ztratit kontakt se společností, musí hledat cesty, jak překonat tuto odtrženost, která se v USA podle oficiálních statistik zvětšuje.

2. S tím souvisí důležitá otázka, jak ovlivnit rozhodnutí žáka majícího zálibu a talent pro vědeckou práci, aby věnoval svůj zájem na vysoké škole právě studiu fyziky.

3. Vedle této otázky je třeba seznámit s výsledky z fyziky široký okruh žáků zajišťujících se o jiné obory. Toto seznámení je zvláště důležité ve společnosti technicky vyspělé a se zřetelem na její další rozvoj v tomto směru do sedmdesátých, popř. osmdesátých let.

Harvardský kurs je rozdělen do šesti základních částí. Nejprve se žák seznámí s pojmy pohybu tělesa, později s pohybem nebeských těles. Tato látka vytváří předpoklad pro formulaci zákona o zachování mechanické energie a o zachování impulsu a pro formulaci prvního termodynamického zákona; částečně se diskutuje druhý termodynamický zákon. Další část je věnována elektřině a magnetismu v souvislosti s polem, které je v pohybu a v klidu, a naznačují se v ní nedostatky mechanistické koncepce. Dále jsou uvedeny základy moderní fyziky. Model atomu a jádra je před-

mětem posledních dvou částí. Vychází se z chemické atomové teorie a diskutuje se existence elektronů a kvant. Rutherfordův-Bohrův model tvoří most k výkladu struktury jádra, radioaktivity a k výkladu o elementárních částicích. Čas od času se upozorňuje na vztah fyziky k ostatním vědám.

V tomto kursu se předpokládá pojetí fyziky v široké souvislosti s potřebami lidské společnosti. K tomu slouží doporučená četba. Např. po diskusi Newtonových zákonů a nebeské mechaniky má žák k dispozici texty, které mu ukáží, jak Newtonovy myšlenky ovlivnily intelektuálně celou tehdejší dobu. Po výkladu termodynamických zákonů dostane žák např. do rukou text, který mu ukáže, jak parní stroj — ve skutečnosti vedlejší produkt vědy — způsobil technickou revoluci v lidské společnosti.

## b. Metodický přístup

Autoři kursu se pokusili zredukovat tradiční závislost žákovu na učebnici použitím moderních sdělovacích prostředků ve výuce. Výsledkem toho bylo množství materiálů a příruček. Pro učitele jsou k dispozici 16 mm zvukové filmy, které ho v nutnosti mohou nahradit. Učitel má možnost použít podrobných příruček pro každou část učebnice, kde jsou mimo jiné laboratorní a demonstrační pokusy: dále má k dispozici poznámky k probírané látce z hlediska historického. Ke každé části učebnice může učitel ještě použít diapositivů. Bylo natočeno asi 80 filmů, které mohou používat jak žáci tak učitel. Dvou- až čtyřminutové 8 mm filmy byly tak úspěšné při prvních pokusech, že se jich připravuje dalších sto.

Pro každou část kursu je vypracován text, který je určen žákům a má zpravidla čtyři kapitoly. Tyto texty jsou doplněny 12 programovanými knihami a 6 knihami s vybranou doplňující četbou. Bylo připraveno 50 laboratorních a demonstračních pokusů, k nimž byly navrženy vhodné přístroje. Filmové pásky pro žáky obsahují stejné diapositivы, jaké má učitel.

Pro tento kurs je podstatné, že je připraven tak, že může být probrán v jednom roce na kterékoli střední škole. Zkušenější učitel probere látku během šesti až osmi měsíců a ve zbývajících jednom až třech měsících může doplnit probranou látku podle svého uvážení. K tomuto účelu se připravují doplňkové texty.

## c. Jaké změny přinesl harvardský pokus?

Je to především způsob, jakým byl tento kurs vytvořen. Na jeho vypracování se podíleli nejen vysokoškolští a středoškolští učitelé fyziky, ale i chemikové, historikové, filosofové a další odborníci. Část těchto odborníků se zabývala výzkumem sdělovacích prostředků, jiná skupina pracovala na obsahu kursu a zbytek se věnoval školení učitelů.

Dalším rysem kursu je, že neklade přílišný důraz na text určený pro žáky, ale že využívá dalších prostředků pro výuku.

Konečně kurs zdůrazňuje význam fyziky pro všeobecné vzdělání člověka, ukazuje, jak fyzika ovlivnila a ovlivňuje myšlenkové proudy v jednotlivých obdobích lidské společnosti a dosvědčuje význam fyziky pro ostatní vědy.

V r. 1962 začala britská Nuffieldova nadace, což je protějškem americké Fordovy nadace, s prací na projektu, který má modernizovat výuku ve fyzice, chemii a biologii na britských středních školách, z kterých odchází 20 až 40% žáků na vysoké školy. Tento projekt má poskytnout školám a učitelům nové pojetí výuky ve formě standardního kursu. Na rozdíl od amerických středních škol je v Anglii výuka v každém vědním oboru rozdělena na 5 let. Nadace má pro tyto účely k dispozici přes milión liber.

#### a. Koncepce

Cílem úsilí pracovních kolektivů v každém vědním oboru byla modernizace obsahu daného oboru a širší studium způsobů, jak účelně učit jednotlivým vědám. To znamená připravit ucelený kurs fyziky, chemie a biologie nejen pro budoucí specialisty, nýbrž i pro ty, kteří budou specialisty v jiných vědních oborech, a pro ty, kteří po absolvování střední školy odcházejí do praktického života. Ústřední snahou bylo tedy vypracovat výuku vědního oboru tak, aby nebyl jen pro budoucí specialisty, ale pro budoucí občany žijící v druhé polovině dvacátého století.

Nadace žádala na účastnících projektu, aby vzali v úvahu žákovy možnosti, aby mu přiblížili daný vědní obor jako vzrušující zážitek a aby mu umožnili na základě jeho vlastních pokusů a závěrů pochopit, co je věda, a kde je to možné, jak věda přispívá k praktickému životu.

Hlavní důraz byl kladen na to, aby žáci látce skutečně porozuměli a ne, aby ji jen opakovali. Při odpovědích na otázky je dán žákovi čas a příležitost, aby se sám učil při řešení vědeckých problémů.

#### b. Metodický přístup

Aby byl zaručen úspěch pokusu, bylo třeba doplnit kvalifikaci učitelů. Dřívější tradiční obsah středoškolské fyziky, přístrojové vybavení, systém zkoušek učinily výuku formální. Učilo se klasické fyzice, přitom však nezbyl čas na atomovou fyziku. Nejprve byla změněna situace ve vzdělání učitelů. Dnes má více než 85% učitelů v Anglii dostatečné vzdělání pro vyučování moderní fyzice.

Navržený program vyučování poskytuje však učiteli další pomůcky. Je to především příručka pro učitele, která mu nepřináší jen přehled o novém pojetí fyziky, nýbrž pojednává o podrobnostech výuky z hlediska metodického. Jinými slovy tato příručka učí učitele, jak postupovat v hodinách fyziky. Příručka pro učitele je něčím novým v Anglii, neboť dosud učitel čerpal pouze ze svých znalostí získaných na škole a z učebnic pro žáky. Příručka je pomocníkem nejen mladému učiteli, nýbrž i zkušenějšímu učiteli, který v ní nalezne množství cenných rad a zkušeností pro svou práci.

Učitel má dále k dispozici pomůcky pro žákovské pokusy. Tyto pomůcky byly vypracovány tak, aby byly jednoduché a z hlediska komerčního laciné. Předpokládá se, že s jednou aparaturou pracují maximálně 2 žáci a přitom souprav je ve třídě

tolik, aby předepsaný pokus konali všichni žáci současně. K pokusům je pro žáky určena příslušná příručka.

### c. Obsah kursu

Látka z fyziky se probírá v 5 školních rocích a výuka začíná u dvanáctiletých žáků. Je rozdělena takto: 1. Síla a pohyb: Od pohybu pružiny (I) se přechází k Newtonovým zákonům (III, IV), které se aplikují na pohyb planet (V)\*). 2. Elektřina a magnetismus: Nejprve se probírají jednoduché obvody (II) a potom se přejde k elektromagnetické indukci (IV). 3. Vlnění a optika: Začíná se s jednoduchými pokusy na optické lavici a popisují se jednoduché optické přístroje (III); končí se ohybem na mřížce (V). 4. Atomy a molekuly: Výklad se začíná krystaly a jejich strukturou a přes radioaktivitu se dostane k Rutherfordovu modelu (V). Značná pozornost se věnuje kinetické teorii plynů (I—IV). 5. Energie: Různé formy energie se probírají v I. až IV. roce.

V prvních dvou letech je pojetí takové, že veškeré poznatky získává žák z pokusů. Zavádějí se pojmy jako „atom“, „energie“ a žáci se učí, aby jim přivykli. V pozdějších ročnících (III—V) využívá výuka čím dále tím více algebry a geometrie a od žáků se vyžaduje abstraktnější uvažování.

Pro žáky je určena příručka *Knihla otázek* (Questions book); pro každý ročník je samostatný díl. Žákovi jsou v této knize kladeny otázky a on je má vysvětlit.

Příklad otázky pro dvanáctiletého žáka: Tvůj strýc Jiří má dobré všeobecné vzdělání, ale ve fyzice má slabší znalosti. Vysvětlí mu otázku, kterou ti často klade: „Říkáš, že jste připravovali krystaly a dělali modely krystalů a že tyto modely vám usnadňují úvahy o atomech. Já nevidím mezi tím žádnou spojitost“.

Příklad otázky šestnáctiletému žáku: Vysvětlí strýci Jiřímu tuto otázku. „Říkáš, že jste měřili rychlost střely ze vzduchovky tím, že jste ji vystřelili do vozíku na kolejkách. Jak je možné určit původní rychlost střely, jestliže ztratí veškerou svou energii při nárazu na vozík“.

Konečně se výklad fyziky opírá jako v předcházejících pokusech o filmy, kterých učitel používá pro usnadnění výkladu, a to zvláště tehdy, jestliže příslušný pokus nemůže provést sám.

Britský kurs obsahuje tyto knihy a pomůcky: *Teacher's guide. I, II, III, IV, V. Guide to experiments. I, II, III, IV, V. Questions book: I, II, III, IV, V. Souprava experimentálních zařízení k pokusům. Filmy.*

## ZÁVĚR

Všechny tyto pokusy mají několik rysů společných. Především je to skutečnost, že všechny opouštějí tradiční výklad středoškolské fyziky, který se dosud opíral téměř výlučně o fyziku 19. století, a zařazují do výkladu některé základní představy

---

\*) Římské číslice v závorkách udávají, v kterém roce výuky fyziky se příslušná partie probírá.



současné fyziky, a to z kvantové, statistické a jaderné fyziky. Téměř vůbec se nezmiňují o fyzice pevných látek. Zařazení jednotlivých partií do textu je provedeno tak, aby vykládaná látka představila žákovi fyziku jako jednotný celek.

Druhým společným rysem je zdůraznění významu fyziky pro všeobecné vzdělání člověka; podává se poučení, jak fyzika ovlivnila a ovlivňuje myšlenkové proudy v jednotlivých obdobích lidské společnosti a jaký je její význam pro ostatní vědy.

Z uvedených zpráv je dále patrné, že všechny pokusy věnují velkou péči doškolování učitelů. Všichni autoři si uvědomují skutečnost, že bez vhodně vzdělaných učitelů by se tyto pokusy minuly svým cílem. Zvláště výrazně je to dokumentováno v britské zprávě.

Konečně každý pokus věnuje hodně pozornosti metodické stránce. Ze zprávy vyplývá, že ve všech případech byly s velkou pečlivostí a vždy se zřetelem na cíle pokusu vybírány demonstrační a žákovské pokusy, filmy, popř. diapozitivy.

## NĚKOLIK POZNÁMEK K OTÁZKÁM ÚVODNÍHO KURSU FYZIKY NA VYSOKÝCH ŠKOLÁCH

JIŘÍ KRACÍK, VĚRA ŠANDEROVÁ, Praha

V článku (1) byla podrobně rozebrána řada problémů souvisejících s úvodním kursem fyziky na vysokých školách. Jak u všech ostatních vědních disciplín, tak i ve fyzice je základní otázka, jak seznámit posluchače vysokých škol co nejrychleji a zároveň nejúčelněji s velkým množstvím poznatků. Řešení záleží ve vhodném uspořádání přednášek, volbě nejvhodnější struktury přednášené látky a přiřazení důležitosti jednotlivým partiím. Je tedy třeba především stanovit správnou proporcii mezi klasickou fyzikou a fyzikou statistickou, relativistickou a kvantovou, jak se o tom hovoří v čl. [1]. Je jasné, že tento problém lze snadno vyřešit na fakultě matematicko-fyzikální a že složitější bude např. na vysokých školách technických, kde rozsah přednášek fyziky je omezen. Přesto však již po mnoho let na některých fakultách technického zaměření (např. na elektrotechnické fakultě ČVUT) se studenti mimo jiné seznamují ve speciálním kursu se základy kvantové fyziky, teorie relativity a statistické fyziky klasické a kvantové. Otázka vynechání některých partií z celého rozsahu přednášené látky se řeší případ od případu podle zaměření vysoké školy. Dá se předpokládat, že i na těch vysokých školách, kde se výběr látky omezuje na oblast mechaniky akustiky, termiky, optiky, elektřiny a magnetismu a popř. atomistiky, bude postupně výuka fyziky modernizována vzhledem k tendencím ve světovém měřítku. Některé ukázky řešení úvodního kursu fyziky v zahraničí jsou velmi po-